



การประชุมวิชาการระดับชาติ

ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ

ครั้งที่

6

Proceedings

ISBN : 978-616-7299-96-9

เล่ม 1

29-30 พฤษภาคม 2555

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



การประชุมระดับชาติ “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ” ครั้งที่ 6 (เล่ม 1)

จัดโดย สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย ร่วมกับ ที่ประชุมคณบดีบัณฑิตวิทยาลัยแห่งประเทศไทย
เครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
และ สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย

ที่ปรึกษา

อธิการบดี	รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	รองอธิการบดีฝ่ายบุคคล
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา	รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาศักยภาพนิสิต
รองอธิการบดีฝ่ายกิจการพิเศษ	รองอธิการบดีฝ่าย มศว องค์กรฯ	รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์
รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาระบบและประกันคุณภาพการศึกษา	ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย	

บรรณาธิการ

อ.ดร.วิชากร จารุศิริ

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย

ศ.พิเศษชงทอง จันทรางศุ	ศ.ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์	รศ.ดร.กาญจนา แก้วเทพ
รศ.ดร.จำลอง โพธิ์บุญ	รศ.ดร.ฉัตรดนัย จิระเดชะ	รศ.ชาญศักดิ์ อกภัยนิพัฒน์
รศ.ดร.ดุจเดือน พันธมนาวิน	รศ.ดร.ถนอมพร เลหาจรัสแสง	รศ.ดร.นันทนา แจ็งสุวรรณ
รศ.ดร.ธนรักษ์ เมฆฉาย	รศ.ดร.ธราพงษ์ วิทิตตานต์	รศ.ดร.ปัญญา ชลาภิรมย์
รศ.ดร.ประพัฒน์ ลักษณะพิสุทธิ์	รศ.ดร.ประวิต เอรารวรรณ	รศ.ดร.ยุวดี วงษ์กระจ่าง
รศ.ดร.เพ็ญจิตร์ ศรีนพคุณ	รศ.ดร.รัฐจวน คำวชิรพิทักษ์	รศ.ดร.ฤาเดช เกิดวิชัย
รศ.ดร.วรรณชนก จันทขุม	รศ.ดร.วสันต์ จันทราทิตย์	รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ
รศ.ดร.ศรัทธา อาภรณ์รัตน์	รศ.ดร.ศรีสมรค์ อินทุจันทร์ยง	รศ.ดร.ศุภชัย สิงห์ยบทรัพย์
รศ.ดร.สมชาย นำประเสริฐชัย	รศ.ดร.สุมาลย์ สาระยา	รศ.ดร.สุรัสวดี หุ่นพยนต์
รศ.ดร.สุวรรณณา จันท์ประเสริฐ	รศ.ดร.อรพรรณ พรสีมา	รศ.ดร.อภิญา ดวงจันทร์
รศ.ดร.อภิญา เลื่อนฉวี	รศ.ดร.อมร เพชรสม	ผศ.ดร.แคทลียา ปัมทพรหม
ผศ.จินตนา เวชมี	ผศ.ดร.จรัส พรอมมาศ	ผศ.ดร.จุฬารัตน์ กองแก้ว
ผศ.ชายชาญ โพธิสาร	ผศ.ดร.โชคชัย ชีรกุลเกียรติ	ผศ.ดร.ชนะบุญย์ สัจจาอนันตกุล
ผศ.ดร.ธาริณี นามพิชญ์	ผศ.ดร.ชเนศ ศรีสถิต	ผศ.ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ
ผศ.ดร.พงษ์สิทธิ์ ศรีศิริรินทร์	ผศ.ดร.พิชัย กฤษไมตรี	ผศ.ดร.ลักขณา วงศ์ปัทม์
ผศ.ดร.วีระ สุภากิจ	ผศ.นอ.ดร.สรายุทธ์ กันหลง	ผศ.ดร.สมพร ชเนศวานิษฐ์
ผศ.ดร.สมยศ วัฒนาภรณ์ชัย	ผศ.ดร.สาวิตร์ เจียมพานิชกุล	ผศ.ดร.สุนิษา กิตติธรรมกุล
ผศ.ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง	ผศ.ดร.อภิชาติ อิมย์ม	ผศ.ดร.อุไร ไชยศรี
ผศ.ดร.อรรณพ เ่งาพิทักษ์กุล	อ.ดร.ชลกาญจน์ วงศ์ก่อทรัพย์	อ.ดร.ชัชวาล วงศ์ชูสุข
อ.ชินเทพ เพ็ญชาติ	อ.พญ.ปวีณา สุตันฐิตพงษ์	อ.ดร.ปิยะพรรณ ช่างวัฒนชัย
อ.ดร.พิธาน พันทอง	อ.ดร.รติพร ถึงฝั่ง	อ.ดร.รักษ์พงศ์ วงศาโรจน์
ดร.วีรพัฒน์ เกียรติเพ็องฟู	อ.ดร.วุฒิกอ งามศิริจิตต์	อ.ดร.ศักดิ์สิทธิ์ บุญยพลากร
อ.ดร.ศิริพร ศรีวรกานต์	อ.ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง	ดร.อมรทิพย์ เจริญผล

ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัย

รศ.ดร.กัญญาดา อนุวงศ์	รศ.ดร.โกสุม จันทร์ศิริ	รศ.ดร.ชมพูนุท เพิ่มพูนวิวัฒน์
รศ.ดร.ชาคริต ชุ่มวัฒนะ	รศ.ดร.ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ	รศ.ดร.พรพิมล ม่วงไทย
รศ.ดร.วิภาวี อนุพันธ์พิศิษฐ์	รศ.ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล	รศ.ดร.สุทิวรรณ ไพร์ศักดิ์โสภณ
รศ.สุมาลี เหลืองสกุล	รศ.ดร.สุรางค์รัตน์ ศรีสุภานนท์	รศ.ดร.อังคินันท์ อินทรกำแหง
ผศ.ดร.กานดา ชัยภิญโญ	ผศ.ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์	ผศ.จากรูวรรณ ขำเพชร
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ สายหยุดทอง	ผศ.นพ.ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล	ผศ.นพ.เฉลิมชัย บุญยะลีพรรณ
ผศ.ดร.ทิมพันธ์ุ เจริญพงศ์	ผศ.ทศนียา วิงสะจันทานนท์	ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ
ผศ.ผจงศักดิ์ หมวดสง	ผศ.นท.ดร.ไพบูลย์ อ่อนมั่ง	ผศ.ดร.วรรณวิไล ไกรเพชร เอวานส์
ผศ.วัชรชัย วิริยะสุทธีวงศ์	ผศ.ดร.วัลยา ธนศพงศ์ธรรม	ผศ.ดร.ศรินทร์ช เทียนรุ่งโรจน์
อ.ดร.จากรูวรรณ พลอยดวงรัตน์	อ.ฐะณพงค์ ศรีกาพลินธุ์	อ.ดร.ณภัทร โพธิ์วัน
อ.ดร.ดวงเด่น บุญปก	อ.ดร.ธีรเวช ทิพย์สีแสง	อ.นพดล อินทร์จันทร์
อ.ดร.นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล	อ.ดร.นฤมล ศิระวงษ์	อ.ดร.ปณิธาน วนากมล
อ.ผกาภรณ์ พุ่เจริญ	อ.เพชรวิภา คงอ่ำ	อ.ดร.รัชพันธุ์ เขยจิตร
อ.ดร.ลำสัน เลิศกุลประหยัด	อ.ดร.วงศ์วิทย์ เสนะวงษ์	อ.ดร.วัฒน์ย์ ไรจน์สัมฤทธิ์
อ.ดร.วาณี อรรถนสาธิต	อ.ดร.วิชากร จารุศิริ	อ.ดร.สกล วรเจริญศรี
อ.ดร.สนอง ทองปาน	อ.ดร.สหะโรจน์ กิตติมหาเจริญ	อ.ดร.สุจิตรา ศรีสังข์
อ.ดร.สุชาติพิทย์ ชวนะเวสสกุล	อ.ดร.สุภัก มหาวรากร	อ.ดร.อรพรรณ วีระวงศ์
อ.ดร.อรุษา เขาวานลิขิต	อ.ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล	อ.ดร.อารีญา เอี่ยมมู

ผู้ประสานงาน

กรอุษา ศรีสุวรรณ	จิตรลดา สีน้า	วัชรใจ ประเสริฐ
รัตนาพร จิตรนพรัตน์	นิพนธ์ ราชวุฒิ	อานันต์ ปิ่นทอง
จากรูวรรณ บุญโถม	จตุพร เจ้าทรัพย์	

จัดทำโดย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 ซอยสุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 5729
โทรสาร 0-2259-1822
พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤษภาคม 2555
ISBN 978-616-7299-96-9

ภาพจากปก

อาคารคณะศึกษาศาสตร์ และ
อาคารวัฒนธรรม ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ออกแบบปก ศิริเพ็ญ พิลาคุณ
จัดรูปเล่ม ฝ่ายสำนักพิมพ์
สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

สารอธิการบดี

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นพันธกิจต่อสังคมในการจัดการศึกษา และให้บริการทางวิชาการ รวมทั้งการเข้าไปมีส่วนร่วมกับสังคมในการสืบสานและสร้างเสริมภูมิปัญญาให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ การเมือง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยยึดหลักจริยธรรมทางวิชาการ และหลักการให้การศึกษาแก่ประชาชน ทั้งนี้เพื่อสร้างความรู้ให้เกิดเป็นความเจริญงอกงามทางปัญญา และเป็นที่ยิ่งพำของสังคม

การประชุมวิชาการระดับชาติ “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ” ครั้งที่ 6 เป็นกิจกรรมทางวิชาการหนึ่ง ซึ่งนับว่าเป็นบทบาทหนึ่งของมหาวิทยาลัยในการเสริมสร้างและเติมเต็มองค์ความรู้ทางวิชาการ ให้แก่คณาจารย์ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ตลอดจนประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจในงานวิชาการ โดยงานนี้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้ร่วมกับหน่วยงานภายนอก และองค์กรวิชาชีพแขนงต่างๆ สร้างสรรค์บรรยากาศทางวิชาการ เสริมสร้างความแข็งแกร่งของการสร้างองค์ความรู้ที่ผ่านการค้นคว้าวิจัยจากนักวิชาการ และนักวิจัยให้เกิดความลุ่มลึกทางวิชาการ มีความก้าวไกลล้ำในพรมแดนความรู้ของแต่ละศาสตร์ นำมาซึ่งการบูรณาการความรู้ สร้างสติปัญญา และความดีงาม ตลอดจนเป็นแนวทางนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัย เพื่อรับใช้สังคมและพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศชาติสืบไป

มหาวิทยาลัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย เครือข่ายวิจัย เครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย ที่ประชุมคณะผู้บริหารบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยของรัฐและมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ (ทคปร.) คณาจารย์ นักวิจัย บุคลากรสายสนับสนุน นิสิต และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านให้ความร่วมมือ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพลังที่รวมก่อให้เกิดการประชุมวิชาการที่ทรงคุณค่าขึ้นอีกวาระหนึ่ง

ด้วยความปรารถนาดีและขอขอบคุณ



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์เฉลิมชัย บุญยะลีพรรณ
อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอต้อนรับผู้เข้าร่วมการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ ครั้งที่ 6” ด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง ในการประชุมครั้งนี้มหาวิทยาลัยได้สร้างเครือข่ายความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก 4 หน่วยงาน ได้แก่ เครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย และที่ประชุมคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยของรัฐ (ทคปร.) เพื่อให้ “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ” เป็นเวทีการประชุมวิชาการระดับชาติที่เปิดโอกาสให้คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต/นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจทั่วไปได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัย ตลอดจนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนและจัดการองค์ความรู้ระหว่างผู้เข้าการประชุมเพื่อให้เกิดการต่อยอดงานวิจัย ตลอดจนการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทั้งในระดับชุมชน และระดับประเทศ

มหาวิทยาลัยตระหนักดีว่าการประชุมทางวิชาการเป็นการเสริมสร้างความเข้มแข็งทางด้านการวิจัยและเสริมสร้างปัญญาให้แก่สังคมและประเทศได้อย่างเข้มแข็งและยั่งยืน ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงให้ความสำคัญต่อการจัดประชุมทางวิชาการเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้ว่าการประชุม “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ” ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องมาจนเป็นครั้งที่ 6 แล้ว ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกที่ช่วยจัดคัดสรรและคัดกรองผลงานวิจัยที่มีคุณภาพเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการ ผลที่ได้จากการประชุมวิชาการในครั้งนี้จะทำให้เกิดพลังที่เข้มแข็งและยั่งยืนแก่สังคมทางวิชาการเพื่อเปลี่ยนแปลงจากสังคมแห่งความรู้ไปสู่สังคมแห่งปัญญาของประเทศไทย

ขอชื่นชมและขอบคุณคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมฯ และผู้ส่วนร่วมในการจัดการประชุมทางวิชาการครั้งนี้ทุกท่าน เป็นอีกครั้งที่ประชาคม มศว ได้ร่วมกันแสดงผลและความร่วมมืออย่างเป็นที่ประจักษ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.วิษชากร จารุศิริ ที่ช่วยบริหารจัดการงานประชุมวิชาการครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมจะได้นำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการประชุมวิชาการไปผลักดันงานวิชาการและงานวิจัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน สังคม และประเทศต่อไป

ด้วยความปรารถนาดี



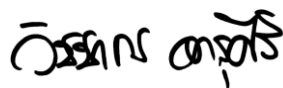
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ
ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุม
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บรรณาธิการแถลง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้จัดการประชุมวิชาการศรีนครินทรวิโรฒวิชาการขึ้นเป็นประจำทุกปีเพื่อเป็นเวทีวิชาการที่รวบรวมผลงานทางวิชาการอันทรงคุณค่าในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ที่มีรากฐานจากการวิจัยในศาสตร์แขนงต่างๆ ให้เกิดการต่อยอดขององค์ความรู้ให้เกิดความลุ่มลึกทางวิชาการนำมาสู่การสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมที่เป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติและสังคม รวมถึงเป็นสร้างเครือข่ายความเข้มแข็งทางวิชาการและวิจัยในการตอบโจทย์และแก้ไขปัญหาในสังคม เพื่อให้มหาวิทยาลัยเป็นที่พึ่งพาของสังคมได้อย่างยั่งยืน ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของสังคมพลวัต

ในปี พ.ศ.2555 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัยร่วมกับ ที่ประชุมคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยของรัฐ (ทคปร.) เครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย และ สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้า ร่วมกันเป็นเจ้าภาพจัดประชุมวิชาการระดับชาติ “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ ครั้งที่ 6” มีคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา ส่งผลงานเพื่อคัดเลือกเผยแพร่ในการประชุมวิชาการครั้งนี้มากกว่า 160 ผลงาน โดยได้ผ่านการพิจารณาคัดเลือกจากเกณฑ์ด้านคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยด้วยความเข้มข้น เพื่อรักษามาตรฐานของการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ

ในนามของกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้เกียรติและสละเวลาในการพิจารณาคัดเลือกผลงาน ขอขอบคุณคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุม คณะอนุกรรมการฝ่ายวิชาการ และฝ่ายสื่อสิ่งพิมพ์ ที่ได้จัดทำหนดการนำเสนอและรูปเล่มของการจัดประชุมครั้งนี้ให้ เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีคุณภาพดียิ่ง บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการจัดประชุม “ศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ” เพื่อให้การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งนี้เป็นโอกาสสำคัญในการรวบรวม เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ จากงานวิจัยในวงกว้าง เป็นฐานในการคิดอย่างสร้างสรรค์ที่จะส่งผลต่อการสร้างการเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติต่อไป



อาจารย์ ดร.วิษชากร จารุศิริ

รองคณบดีฝ่ายบริหารคณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

ผลงานวิชาการภาคบรรยาย

วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ

SWU6-1002: ความสัมพันธ์ระหว่างอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายและในเม็ดเลือดแดงของชาวนาไทยที่รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต.....	1
THE CORRELATION BETWEEN SALIVA AND RED BLOOD CELL ACETYLCHOLINESTERASE IN THAI RICE FIELD FARMERS EXPOSURE TO ORGANOPHOSPHATE	
ธัญช พงษ์พิศุทธิพงศ์, วัลยา ธนศพงษ์ธรรม, ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล	
SWU6-1006: ผลของโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าต่อความสามารถในการทรงท่าขณะอยู่หนึ่งขาเดียวในนักกีฬาที่มีประวัติข้อเท้าแพลง.....	9
THE EFFECTS OF ANKLE CO-ORDINATION TRAINING PROGRAMS ON STATIC SINGLE LEG BALANCE IN SOCCER PLAYERS WITH CHRONIC ANKLE SPRAIN	
นิติพร มะดี, ธันยมัย อาจปรุ, ยุคลธร มิ่งขวัญ, วรินทร์ กฤตยาเกียรติ	
SWU6-1007: การวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมของวิตามินดีในผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง.....	15
RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL OF ORAL VITAMIN D SUPPLEMENTATION FOR ATOPIC DERMATITIS	
สรสรเสริญ หัวใจ, มนตรี อุดมเพทายกุล	
SWU6-1008: ปัจจัยทำนายการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาท ระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด.....	26
FACTOR PREDICTING PHYSIOLOGICAL CHANGES OF CRITICALLY ILL NEUROSURGICAL PATIENTS IN THE FIRST SIX HOURS AFTER SURGERY	
กรรณา ชูกิจ, กรองไธ อุณหสูต, เพ็ญจันทร์ เสรีวิวัฒนา, ทวีศักดิ์ เอื้อบุญญาวัฒน์	
SWU6-1017: การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบได้บ่อย.....	40
THE <i>in vitro</i> STUDY OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF UNRIPE BANANA PEELS EXTRACTS AGAINST BACTERIA CAUSING ACNE VULGARIS AND COMMON SKIN INFECTIONS	
นิธิ ตั้งศิริทรัพย์, มาลัย ทวีโชติภักดิ์, มนตรี อุดมเพทายกุล	
SWU6-1023: ความเป็นพิษและกลไกการเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis โดยสารสกัดจากเปลือกมังคุด (<i>Garcinia mangostana</i>) ในเซลล์มะเร็งผิวหนังชนิด <i>human epidermoid carcinoma A431 cells</i>	50
CYTOTOXICITY AND APOPTOTIC INDUCTION MECHANISM BY MANGOSTEEN EXTRACT (<i>Garcinia mangostana</i>) IN <i>human epidermoid carcinoma A431 cells</i>	
แสงสิริ อยู่อำไพ, รมิดา วัฒนโศคาสิน, มนตรี อุดมเพทายกุล	
SWU6-1035: เปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงกับการฝึก proprioceptive program เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่า ในบุคคลคนทั่วไปที่เคยข้อเท้าแพลงซ้ำ.....	60
COMPARISON OF THE EFFECTS OF STRENGTHENING PROGRAM AND PROPRIOCETIVE PROGRAM TO IMPROVE POSTURAL STABILITY IN HEALTHY PERSON WHO HAVE RECURRENT ANKLE SPRAIN	
เกศรินทร์ ประโยชน์อุดมเลิศ, วัชรภรณ์ อุดมสุข, อธิรัตน์ รัตนวงศา, ผกาภรณ์ พูเจริญ	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1054: ความผิดปกติของการทนต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในผู้ป่วยเบาธาลัสซีเมีย/ฮีโมโกลบินอี.....	69
ABNORMAL GLUCOSE TOLERANCE IN β-THALASSEMIA/HbE PATIENTS	
พัชรา รัตนาพร, สุทัศน์ ฟูเจริญ, ดลينا ตันหยง	
SWU6-1064: การคัดแยกและทดสอบการสร้างสารรอยเทอรินและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของแบคทีเรียกรดแลคติก...	77
ISOLATION AND DETECTION OF REUTERIN PRODUCTION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF LACTIC ACID BACTERIA	
จันทนา ฉิมแจ่ม, เบญจมาศ วงศ์สัตยนนท์, มาลัย ทวีโชติภักดิ์	
SWU6-1065: ผลของการฝึกเดินโดยอุปกรณ์พุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศในอาสาสมัครอัมพาต	
ครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง.....	86
EFFECTS OF DOMESTICALLY INVENTED BODY WEIGHT SUPPORT FOR GAIT TRAINING IN PATIENT WITH STROKE: A CASE STUDY	
จิรายุทธ อธิพงษ์, อรรถพล พลรักษา, นุชนาถ คะหาวงษ์, รัมภา บุญสินสุข, นพพร จงกมลวิวัฒน์	
SWU6-1076: การเตรียมเอสเอชอาร์เอ็นเอและไวรัสเลนติเพื่อการนำเข้าสู่เซลล์โดยวิธีทรานสดักชัน.....	98
SET UP METHOD FOR SHRNA-LENTIVIRAL VECTOR TRANSDUCTION	
อรรถพล ศรีมงคล, นที เจียรวิริยะไพศาล, เสาวรส สวัสดิวัฒน์, สุทัศน์ ฟูเจริญ, ปานทิพย์ วัฒนวิบูลย์	
SWU6-1081: การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก มุมข้อสะโพก และข้อเข้าในระนาบ Frontal	
ขณะก้าวลงบันไดในผู้ที่มีและไม่มีอาการ Patellofemoral Pain.....	106
COMPARISON OF HIP STRENGTH AND HIP ADDUCTION AND KNEE VALGUS DURING STEP DOWN IN FEMALE WITH AND WITHOUT PATELLOFEMORAL PAIN	
ประพรหมพร พินิจมั่ง, ยลรดา ไชยศิริวงศ์สุข, ภัทราพร เกิดพุ่ม, ชัชฎา ชินกุลประเสริฐ	
SWU6-1092: ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 จากสารสกัดน้ำและสารสกัด	
เอทานอลของเถาเอ็นอ่อน.....	116
ANTI-HIV-1 REVERSE TRANSCRIPTASE ACTIVITY BY AQUEOUS AND ETHANOL EXTRACTS FROM <i>Cryptolepis buchanani</i>.	
บุศรินทร์ บุญมี, นุจรี ตันจพัฒน์กุล, จันท์เพ็ญ วิวัฒน์, วิภา จิรจรรย์กุล	
SWU6-1094: การวัดระดับเหล็กอิสระในเม็ดเลือดแดงที่มีเหล็กระดับปกติและสูงโดยฟลูออโรไซโตเมตรี.....	127
FLOW CYTOMETRIC MEASUREMENT OF LABILE IRON POOL IN NORMAL AND HIGH LEVEL OF INTRACELLULAR ERYTHROCYTIC IRON	
บุญยง ชัชวานิชกุล, ปานทิพย์ วัฒนวิบูลย์, สุมนา มัสอูดี, เขียวลักษณ์ อยู่ปรัชญา, วันชัย วนะชีวานวิน	
SWU6-1096: ความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็ง	
เต้านม.....	136
KNOWLEDGE AND CARE TAKING AFTER SURGERY AND CHEMO THERAPY OF FARMERS WHO ARE BREAST CANCER PATIENTS	
สุภัตรา ศรีสุวรรณ, สิริวรรณ ศรีสุวรรณ	
SWU6-1111: การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางพันธุกรรมของยีน TUMOR NECROSIS FACTOR กับภาวะ	
ติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิตในผู้ป่วยเด็กไทย.....	142
GENETIC ASSOCIATION OF TNF-ALPHA, POLYMORPHISM AND SEPSIS / SEPTIC SHOCK IN PEDIATRIC POPULATION IN THAILAND	
หันทวุฒิ ฉัตรอุทัย, สุวรรณ ผู้มีธรรม, มนุชธรรม มานวงษ์ชัย, วิปร วิประภักดิ์	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1140: ดัชนีความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงที่มารับการรักษาที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ.....	152
WORK ABILITY INDEX OF FEMALE PATIENTS WITH BREAST CANCER IN NATIONAL CANCER INSTITUTE OF THAILAND	
ธีระศิษฐ์ เงินบำรุง, ศุภสิพร แสงกระจ่าง, จัทรชัย เอกปัญญาสกุล	
SWU6-1155: ผลของสารสกัดน้ำจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae ต่อการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยวฟิวซาเรียมในมะเขือเทศ.....	163
EFFECT OF WATER-EXTRACTS OF THE ACANTHACEAE LEAVES ON A PATHOGENIC FUNGUS CAUSING <i>Fusarium</i> WILT IN TOMATO	
ชจรพรรณ รักผล, เฉลิมชัย วงศ์วัฒน์, สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ	
SWU6-1160: การประเมินความรวดเร็วในการตรวจคัดกรองแบคทีเรียปนเปื้อนในเกล็ดเลือดด้วยชุดตรวจ Pall eBDS, pH meter และ urine dipstick.....	172
ชจรศรี นามลีลา, ศศิจิต เวชแพศย์, วิโรจน์ จงกลวัฒนา	
วิทยาศาสตร์ชีวภาพ กายภาพ และคณิตศาสตร์	
SWU6-1042: คุณลักษณะการเรืองแสงของทับทิมและสปีเนลสีแดงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยลำไอออน.....	180
IONOLUMINESCENCE CHARACTERISTICS OF RUBIES AND RED SPINELS	
อัมพร จันทร์คำมา, เสวต อินทศิริ, ดวงแข บุตรกุล, อุดมรัตน์ ทิพวรรณ, สมศรี สิงขรัตน์	
SWU6-1044: ผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลในการเชื่อมต่อกับคุณลักษณะของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	190
EFFECT OF SUCROSE AND GLYCEROL MIXTURES IN THE OSMOTIC DEHYDRATION ON THE CHARACTERISTICS OF OSMO-DRIED CANTALOUPE	
พิสุทธิ หนักแน่น	
SWU6-1055: สมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหุงสุกจากข้าว 3 ชนิด (ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวขาวข 31).....	200
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY QUALITY OF COOKED RICE FROM 3 DIFFERENT TYPES OF RICE (KDML 105 Brown KDML105 and RD 31)	
พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, สุเมธ วิสุทธิวรรณ, อรวรรณ ธรรมานุกรม	
SWU6-1061: ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อการผลิตข้าว.....	209
EFFECT OF SOME PLANT EXTRACTS FOR RICE PRODUCTION	
กฤติญา แสงภักดี, วสินี ไชวพันธุ์, ศิริณา ศิริยันต์, ดวงรัตน์ แพงไทย, กชกร เพชรรัตน์, พนม สุทธิศักดิ์โสภณ, สมอง ทองปาน, สุมาลี เหลืองสกุล	
SWU6-1091: ความสามารถเชิงปริมาณของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ในการละลายฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากแร่ธรรมชาติ.....	221
QUANTITATIVE CAPABILITY OF ENDOPHYTIC ACTINOMYCETES IN SOLUBILIZATION OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN NATURAL MINERALS	
กวิพร จินะจินตา, อรวรรณ นัตรสีรุ่ง	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1107: การเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย <i>Oscillatoria</i> sp.....	231
INCREASING THE AMOUNT OF OXYGEN IN THE WATER FROM KHLONG SAEN SAEP BY CYANOBACTERIA	
<i>Oscillatoria</i> sp.	
โชติรส ตระกูลกำเนิด, ปิยะณัฐ อินทร์แถม, วิภาดา จำรัสรักษ์, ศลิษา คงชนะ, ยุทธศักดิ์ ตำนายุทธศิลป์, สุภาภรณ์ ศิริโสภณา, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ	
SWU6-1109: การเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียที่มีส่วนผสม ของรูปถ่าย.....	239
THE GROWTH OF CYANOBACTERIUM <i>Oscillatoria</i> sp. IN CYANOBACTERIUM MEDIA CONTAINING	
CAT-TAIL	
กนกภานต์ นาคทอง, โพธิธรณ์ ครรชิตานุรักษ์, ชัยศาสตร์ คเชนทร์สุวรรณ, อนิษฐาน ศรีนวล, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ	
SWU6-1152: การผลิตไฮโดรเจนจากไฮโดรไลเซสของซังอ้อยโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ: ผลของค่า พีเอชเริ่มต้นและความเข้มข้นของสับเสตรา.....	247
PRODUCTION OF BIOHYDROGEN FROM BAGASSE HYDROLYSATE BY ANAEROBIC MIXED CULTURES:	
EFFECTS OF INITIAL pH, AND SUBSTRATE CONCENTRATION	
Naphat Phowan, Nataporn Poomipak	
SWU6-1157: การวิจัยและพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟาง.....	256
STRAW MUSHROOMS PROCESSING RESEARCH AND DEVELOPMENT	
สุมาลี เหลืองสกุล, ขจีนาฏ โพธิเวชกุล, ประวีติ อังประภาพรชัย	
ศึกษาศาสตร์	
SWU6-1003: การสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ สำหรับประชาชน ในชุมชนรอบเขา คอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.....	264
THE CONSTRUCTION OF MULTIMEDIA FOR A LEARNING PROCESS ON KHAO KHO HONG ECOSYSTEM	
FOR THE PUBLIC IN COMMUNITIES AROUND KHAO KHO HONG, HATYAI DISTRICT, SONGKHLA	
PROVINCE	
ฐาปนีย์ สังข์สวัสดิ์, เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, เยาวนิจ กิจดิทรกุล	
SWU6-1014: การพัฒนารูปแบบองค์กรแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยวิธีการวิเคราะห์ องค์ประกอบโครงสร้างเชิงเส้น.....	273
A LEARNING ORGANIZATION MODEL DEVELOPMENT OF RAJABHAT UNIVERSITIES USING LISREL	
FACTOR ANALYSIS	
วิชิต แสงสว่าง	
SWU6-1018: การใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรของผู้เรียนระดับอุดมศึกษา.....	284
USING LESSON LEANED ACTIVITY BY GALAMASUTRA OF HIGHER EDUCATION LEARNERS	
วิชัย วงษ์ใหญ่, มารุต พัฒนาผล	
SWU6-1020: การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต: อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี... ธัญพงศ์ ศรีกาฬสินธุ์	291
THE DEVELOPMENT OF AN INTERNET-BASED COMPUTER INSTRUCTION: INTERNET TECHNOLOGY	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<p>SWU6-1027: ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....</p> <p>THE EFFECTS OF USING THE STAR STRATEGY IN MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ON MATHEMATICS ACHIEVEMENTS, PROBLEM SOLVING SKILLS AND ANALYTICAL THINKING OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS</p> <p>อังคณา อุทัยรัตน์</p>	298
<p>SWU6-1032: การศึกษาประสิทธิผลการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต.....</p> <p>A STUDY OF LEARNING EFFECTIVENESS IN THE COURSE OF GE 124 SUFFCIENCY ECONOMY AND QUALITY OF LIFE</p> <p>ภณ ใจสมัคร, รัชนี้อย์ แก้วคำศรี, กัลยา สร้อยสิงห์, วิมลลักษณ์ ใจแจ้ง, บุญส่ง อุดมกิจโกศล</p>	308
<p>SWU6-1037: การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.....</p> <p>RESEARCH ARE TO DEVELOP ONLINE LEARNING SYSTEM, A PART OF QUALITY RESEARCH FOR MASTER DEGREE STUDENT, SURINDRA RAJABHAT UNIVERSITY</p> <p>ฉัตรชัย นิลรัตน์, อุดม หอมคำ, บุญยง หมั่นดี</p>	318
<p>SWU6-1041: การพัฒนาและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยการวิจัยเป็นฐาน สำหรับนิสิตหลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.....</p> <p>THE DEVELOPMENT AND EVALUATION IN TEACHING METHODOLOGY APPLYING THE RESEARCH BASED FOR THE STUDENTS OF EDUCATION PROGRAM, FACULTY OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY</p> <p>จารุวรรณ พลอยดวงรัตน์</p>	328
<p>SWU6-1050: การกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.....</p> <p>SELF-REGULATION IN CONDUCTING THESIS OF GRADUATE STUDENTS SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY</p> <p>เนาวรัตน์ เลิศมณีพงศ์</p>	336
<p>SWU6-1052: การพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา.....</p> <p>THE DEVELOPMENT OF LEARNING MANAGEMENT QUALITY, EMPHASIZING KNOWLEDGE AND MORALITY THROUGH MULTIPLE INTELLIGENCE FOR ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS</p> <p>รุ่งทิวา แยมรุ่ง</p>	347
<p>SWU6-1057: เชิงเส้น หรือเชิงโค้ง: ความเครียดกับผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.....</p> <p>LINEAR OR CURVILINEAR: THE STRESS AND STATISTICS PERFORMANCE OF BANGKOK UNIVERSITY OUTSTANDING STUDENTS IN SOCIAL-SCIENCE</p> <p>มารีสา ต่อกีตะ</p>	357

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1060: การประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. AN EVALUATION OF PURCHASING A PORTABLE COMPUTER FOR STUDENTS, SUAN DUSIT RAJABHAT UNIVERSITY สุภาวดี บาลี	367
SWU6-1062: การพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการผู้ฝึกอบรมเพื่อพัฒนาเทคนิคการฝึกฝนทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและความสามารถทางไวยากรณ์..... THE DEVELOPMENT OF THE TRAINERS TRAINING CURRICULUM OF ENGLISH COMMUNICATVE SKILLS AND GRAMMAR INSTUCTIN สุชีรา มะหิเมือง, สุวีรย์ ยอดนิม	376
SWU6-1067: การวิเคราะห์ระดับความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมของนิสิตนักศึกษา ระดับอุดมศึกษา..... AN ANALYSIS OF LEVEL OF PLAGIARISM UNDERSTANDING OF UNIVERSITY STUDENTS วิไลวรรณ ศรีสงคราม, อวยพร เรืองตระกูล, สุวิมล ว่องวานิช	389
SWU6-1088: การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพื่อจัดสวัสดิการที่เหมาะสมต่อพนักงานในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี..... ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR OPTIMAL WEALFARE OF UNIVERSITY EMPLOYEES: A CASE STUDY OF UBONRATGHATHANI RATCHABHAT UNIVERSITY คณิตศร ภูนิคม, ภัม พรประเสริฐ	401
SWU6-1105: บทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู..... WEB-BASED INSTRUCTION FOR HEARING IMPAIRED STUDENTS ปิยศักดิ์ ถีอาสนา	412
SWU6-1108: ความรู้พื้นฐานและความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน ในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิต หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ..... BASIC KNOWLEDGE AND OPINIONS TOWARD ASEAN COMMUNITY IN 2015 OF SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY BACHELOR DEGREE PROGRAM IN EDUCATION STUDENTS จารุวัตร นาควิมล, ชุตติมา บัวบาน, เพชรลดา กุศลสร้าง, กฤตณุ วิเศษประสิทธิ์, อธิพัทธ์ สุวทันพรกุล	417
SWU6-1112: การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ..... ANALYSIS OF FACTORS AFFECT ON INTELLECTUAL CONSUMPTION BEHAVIOR OF SECONDARY EDUCATIONAL IN THE SECONDARY EDUCATIONAL SERVICE OFFICE AREA 2 BY MULTIPLE GROUP ANALYSIS ลลิตภัทร เจริญรัฐ	428
SWU6-1114: การพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย..... THE DEVELOPMENT OF MANAGEMENT MODEL FOR CREATIVE AND PRODUCTIVE SCHOOL IN THAILAND ชมแข พงษ์เจริญ	438
SWU6-1133: การศึกษาเปรียบเทียบการวางแผนการศึกษา ระหว่างสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษา เอกชน..... THE COMPARATIVE STUDY BETWEEN EDUCATIONAL PLANNING OF PUBLIC AND PRIVATE EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS พวงรัตน์ เกสรแพทย์	451

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	
SWU6-1012: รูปแบบผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์วัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่.....	459
THE PATTERN OF URBAN PLANNING CONSISTENT WITH THE CONSERVATION OF CHIANG SAEN HISTORIC TOWN	
เกริก กิตติคุณ, ไพโรจน์ ตังนนคร	
SWU6-1013: การพัฒนาสมบัติของเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ.....	473
DEVELOPMENT OF SILK FIBROIN PROPERTIES BY NANAZINC OXIDES DYEING WITH NATURAL DYES POWDER FROM <i>Eupatorium odortum</i> L.	
ศศิธร โนนสังข์, สุดาพร ตังควนิช	
SWU6-1016: การวิเคราะห์และเพิ่มคุณภาพพลอยสปิเนลธรรมชาติสีแดงโดยเทคนิคลำไอออน.....	483
CHARACTERIZATION AND MODIFICATION OF NATURAL RED SPINELS BY ION BEAM TECHNIQUES	
บุษบากร ศรีสถาพร, ดวงแข บุตรกุล, อัมพร จันทร์คำมา, เสวต อินทศิริ, สมศรี สิงขรัตน์	
SWU6-1021: การพัฒนาตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน.....	495
DEVELOPMENT OF MEDIA IN ANEROBIC FILTER OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FROM RICE NOODLE MANUFACTURING	
ทวีป ณ ระนอง, วราภรณ์ เจียมจิตรพานิช, ราเชนทร์ โกศลวิตร	
SWU6-1022: การจัดกลุ่มข้อมูลแบบ ราวฟ เค-มีตอยส์ แบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนหลัก...	505
PARALLELIZED ROUGH K-MEDOIDS CLUSTERING ON MULTICORE PROCESSORS	
วีรศักดิ์ ช่องจูเหลืออม, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ	
SWU6-1024: การพัฒนาเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ.....	514
DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM SHELL WITH CONSTRAINT LOGIC PROGRAMMING	
กาญจนา อินทชาธร, นิตยา เกิดประสพ, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ	
SWU6-1026: การแปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลนรหัย.....	524
TRANSFORMATION OF RELATIONAL DATABASE TO A KNOWLEDGE REPOSITORY IN DEDUCTIVE DATABASE	
ประภัสสร สีเนหะวัฒนะ, นิตยา เกิดประสพ, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ	
SWU6-1039: ไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง.....	532
PYROLYSIS OF USED LUBRICATING OIL TO LIQUID FUELS ON FCC CATALYST IN CONTINUOUS REACTOR	
อรธิชา เอกสกุลบัณฑิต, ธารพงษ์ วิทิตศานต์	
SWU6-1040: การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันเมล็ดเรพบนตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์.....	541
CATALYTIC CRACKING OF RAPESEED OIL OVER MAGNESIUM OXIDE	
ปรีชญา แก้วชิงดวง, ธารพงษ์ วิทิตศานต์	
SWU6-1059: การจำแนกแหล่งกำเนิดพลอยตระกูลคอร์ันดัมในตลาดประเทศไทยด้วยเทคนิค PIXE.....	551
CLASSIFICATION OF THE ORIGIN OF CORUNDUM IN THE THAI MARKET BY USING PIXE TECHNIQUE	
ธวัชชาติ จุฬापกรณ, เสวต อินทศิริ, ดวงแข บุตรกุล, สมศรี สิงขรัตน์	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1073: การขึ้นรูปแก้วหลอมโลหะใช้งานที่อุณหภูมิสูง.....	561
FABRICATION OF HIGH TEMPERATURE CRUCIBLES FOR MOLTEN METAL	
ปัทมาศ บินทจิตต์, ภาวดี อังค์วิวัฒน์	
SWU6-1082: การพยากรณ์แรงกดอ้างอิงสำหรับเครื่องรีดละเอียดในการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนโดยใช้ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ.....	571
HOT STRIP ROLLING FORCE SETUP PREDICTION USING BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK	
พจนมาลย์ พัฒน์มะณี, สมชาย ปราการเจริญ	
SWU6-1084: การศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุคอมโพสิตจากเถ้าแกลบขาวและพีวีซีเพื่อผลิตฝ้าเพดาน.....	580
A STUDY OF WHITE RICE HUSK ASH AS POTENTIAL FILLER IN PVC FOR CEILING BOARD COMPOSITE	
ดวงแข บุตรกุล	
SWU6-1104: การศึกษาความสัมพันธ์รูปแบบการใช้ที่ดินกับคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการพัฒนาหลุ่มน้ำอย่างยั่งยืน.....	590
A STUDY OF RELATIONSHIP OF LAND-USE PATTERNS AND SURFACE-WATER QUALITY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RIVER BASIN	
สาโรจ กยาวาลี, เกื้ออนันต์ เตชะโต, ชีรเวช ทิพย์สีแสง, สถาพร มนต์ประภัสสร	
SWU6-1113: การศึกษาและพัฒนาสมการการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง.....	601
A STUDY AND DEVELOPMENT OF ENERGY CONSUMPTION EQUATION IN THE RUBBER PART INDUSTRY	
อาจารย์ ศุภสุธีกุล, เจษฎา เรืองแสง	
SWU6-1134: การใช้ดินขาวจากจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก.....	611
USE OF KAOLIN FROM UTTARADIT PROVINCE AS ADMIXTURE IN CONCRETE BLOCKS PRODUCT	
ประชุม คำพูด	
SWU6-1138: การศึกษาสมรรถนะการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำและการประยุกต์ใช้งาน ในพื้นที่อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี.....	620
STUDY OF ELECTRICITY GENERATION PERFORMANCE OF LOW SPEED WIND TURBINE AND THEIR APPLICATION: CASE STUDY SAOHAI DISTRICT, SARABURI PROVINCE	
นิตต์อลิน พันธุ์อภัย, ชีรภัทร หล่มบุญเรือง	
SWU6-1144: การประเมินข้อจำกัดของ ISO 50001:2011 ที่มีผลต่อระบบการจัดการพลังงานในอาคารควบคุม ขนาดใหญ่.....	630
EVALUATION OF LIMITATION FOR ISO 50001:2011 AFFECTED TO ENERGY MANAGEMENT IN LARGE DESIGNATED BUILDING	
ยุทธนา ขาวมีศรี, วิชชากร จารุศิริ	
SWU6-1145: การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ใช้แล้วของน้ำมันหล่อลื่นและพลาสติกบนเครื่องปฏิกรณ์ แบบต่อเนื่อง.....	640
CATALYTIC CRACKING OF USED LUBRICATING OIL AND PLASTIC ON CONTINUOUS REACTOR BY USING SPENT FCC CATALYST	
วิชชากร จารุศิริ, ปฐมทัศน์ จิระเดชะ	
SWU6-1148: การระบุตำแหน่งฟอลต์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดินด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กระจายย้อนกลับ.....	648
IDENTIFICATION OF FAULT LOCATIONS IN UNDERGROUND DISTRIBUTION SYSTEM USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK	
วรกัลป์ ลิ้มเจริญ, ชายชาญ โพธิ์สาร, อรรถพล เ่งาพิทักษ์กุล	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1149: การแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในกับฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย.....	655
DISCRIMINATION BETWEEN INTERNAL FAULT AND EXTERNAL FAULT IN POWER TRANSFORMER USING COMPARE COEFFICIENT OF DISCRETE WAVELET TRANSFORM	
จิตติพงษ์ กล่อมจิตต์, อรรถพล เ่งพิทักษ์กุล, ชัยยันต์ เจตนาเสน, ชายชาญ โพรสิลา	
SWU6-1150: การประยุกต์การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยสำหรับระบุเฟสที่เกิดฟอลต์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดิน.....	661
AN APPLICATION OF DISCRETE WAVELET TRANSFORM FOR IDENTIFYING THE PHASE WITH FAULT APPEARANCE IN UNDERGROUND DISTRIBUTION SYTEM	
เชาว์วัฒน์ อภิสิทธิ์, ภิภัท คุณาดำรงรัฐ, ชายชาญ โพรสิลา, อรรถพล เ่งพิทักษ์กุล	
เศรษฐศาสตร์	
SWU6-1001: การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดการผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร.....	667
COSTS, BENEFITS AND MARKET CHANNELS ANALYSIS OF GOLDEN BANANA PRODUCTION IN KAMPHAENG PHET PROVINCE	
สมเกียรติ ชัยพิบูลย์	
SWU6-1004: การวิเคราะห์ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย.....	678
ANALYSIS OF OWNERSHIP ADVANTAGE INFLUENCING TENDENCY OF OUTWARD FOREIGN DIRECT INVESTMENT OF THAI GARMENT INDUSTRY	
อาริษา ปาน้อยนนท์, สมชนก ภาสกรจรัส	
SWU6-1049: สิทธิประโยชน์ทางภาษีและการภาษีเงินได้นิติบุคคล.....	690
TAX INCENTIVE AND EFFECTIVE CORPORATE TAX RATE	
วริทธิ์ คัมภีพันธ์	
SWU6-1075: การจัดการเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่: กรณีศึกษาห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติ.....	708
THE IDENTITY MANAGEMENT OF MODERN RETAIL BUSINESS: A CASE STUDY ON THAI AND MULTI-NATIONAL RETAILERS	
บุปผา ลากะวัฒนาพันธ์	
SWU6-1093: การวิเคราะห์ผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท.....	718
IMPACT OF DEVIATION IN OPTIMAL CAPITAL FLOWS ON THAI BAHT	
นัฏวดี แป้นน้อย, บัณฑิต ชัยวิญชาติ	
SWU6-1101: ความสัมพันธ์ของงบประมาณการจัดซื้อหนังสือและการใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.....	728
THE RELATIONSHIP OF BOOK ACQUISITION BUDGET AND BOOK USAGE IN THE MEDICAL LIBRARY, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY	
ศิริพรรณ ต้นดีวัชรประกาย	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
SWU6-1127: การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ อี 10.....	737
THE COMPARISON OF THE WORTH IN USING GASOHOL E85 AND GASOHOL E10 ภัทร ภู่อกุล, ชมพูนุท โกศลกร เพิ่มพูนวิวัฒน์	
SWU6-1129: ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า.....	752
THE ECONOMIC WORTHINESS OF WIND POWER GENERATOR มานิตา บุญลือ, รัชพันธุ์ เขยจิตร	

SWU6-1002: ความสัมพันธ์ระหว่างอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายและในเม็ดเลือดแดง ของชาวนาไทยที่รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

THE CORRELATION BETWEEN SALIVA AND RED BLOOD CELL ACETYLCHOLINESTERASE IN THAI RICE FIELD FARMERS EXPOSURE TO ORGANOPHOSPHATE

ธัญช พงษ์พิศุทธิพงษ์¹, วลัยยา ธเนศพงษ์ธรรม², ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล¹

Thanach Photphisutthiphong¹, Wanlaya Tanechpongtham², Chatchai Ekpanyaskul¹

¹ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Preventive and social medicine, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: mengmaneaw@hotmail.com

บทคัดย่อ

ชาวนาไทยส่วนใหญ่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด โดยเฉพาะสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต การตรวจคัดกรองสุขภาพจากการประกอบอาชีพ ทางกระทรวงสาธารณสุขใช้กระดาษกรอง (reactive paper) ในการเฝ้าระวังภาวะพิษจากสารออร์กาโนฟอสเฟต อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวทำให้เจ็บตัวในการเก็บ และบอกถึงปริมาณเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรัมในรูปเชิงคุณภาพเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องการศึกษาว่าเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายสามารถใช้เป็นดัชนีชีวภาพสำหรับพิษสารออร์กาโนฟอสเฟตได้หรือไม่ โดยวัดระดับอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายและในเม็ดเลือดแดงในชาวนาไทย (มีกลุ่มรับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต และไม่รับสัมผัสสารออร์กาโนฟอสเฟต) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายและในเม็ดเลือดแดง ดำเนินการศึกษาแบบภาคตัดขวางในกลุ่มชาวนาในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม ปีพ.ศ. 2554 จากชาวนาจำนวน 60 คน ที่สุ่มเลือกมาจาก 11 แขวงในเขตหนองจอก เก็บน้ำลายจำนวน 2 มิลลิลิตร และเลือดไม่แข็งตัวจากเส้นเลือดดำจำนวน 5 มิลลิลิตร เพื่อทดสอบหาเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสโดยวิธี ELISA วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สหสัมพันธ์ Unpaired t-test, Mann-Whitney U test และ Pearson correlation ผลการศึกษาพบว่า ชาวนาจำนวน 60 คน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายทั้งไม่ปรับค่าโปรตีนและปรับค่าโปรตีน เท่ากับ 5.24 ± 3.02 ยูนิต์ต่อลิตร, 0.83 ± 0.54 ยูนิต์ต่อลิตรต่อโปรตีน 1 ไมโครกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงเท่ากับ $2,685 \pm 913$ ยูนิต์ต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายที่ปรับค่าโปรตีนและค่า Log_{10} ของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงเท่ากับ 0.26 ($p\text{-value} = 0.04$) เมื่อแยกวิเคราะห์ในกลุ่มที่สัมผัสและไม่ได้รับสัมผัสออร์กาโนฟอสเฟต ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายและในเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีค่าสหสัมพันธ์ที่ต่ำ ($r = 0.14$, $p\text{-value} = 0.54$; $r = 0.26$, $p\text{-value} = 0.09$) จึงสรุปได้ว่ายังไม่เหมาะสมที่จะใช้เอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลายเป็นดัชนีชีวภาพในเกษตรกรที่รับสัมผัสสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เมื่อเปรียบเทียบกับอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง

คำสำคัญ: ดัชนีชีวภาพ ออร์กาโนฟอสเฟต อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในน้ำลาย

Abstract

Thai rice field farmers use many kinds of pesticides, especially organophosphate (OP). To screen the health effect from occupational exposure, Ministry of Public Health uses the reactive paper for surveillance its toxicity. However, this method is invasive and provides only a qualitative result of serum cholinesterase enzyme. Therefore, this study aims to find whether (AChE) enzyme in saliva could be used as a biomarker for OP toxicity, by measuring the level of saliva AChE enzyme, red blood cell (RBC) AChE enzyme in Thai rice field farmers (OP exposure & non-OP exposure group) and examine the correlation between saliva and RBC AChE enzyme. A cross-sectional study was conducted in the rice field farmers in Nong Chok district, Bangkok, Thailand. The period of sample collection was in March 2011. The 60 rice field farmers were randomly selected from 11 sub-districts in Nong Chok. Saliva 2 ml and unclotted blood 5 ml from venipuncture were collected and tested for AChE enzyme by ELISA. Unpaired t-test, Mann-Whitney U test and Pearson's correlation, were utilities in data analysis. In all 60 participants, mean \pm standard deviation (SD) of saliva AChE without and with protein correction was 5.24 ± 3.02 U/L, 0.83 ± 0.54 U/L/1 microgram protein, respectively. The mean \pm SD of RBC AChE was $2,685\pm 913$ U/L. The correlation coefficient (r) between saliva AChE with protein correction and Log_{10} of RBC AChE was 0.26 (p-value = 0.04). For subgroup analysis, the OP exposure and non-exposure group, there was no statistical difference between saliva and RBC AChE. Moreover, they were also poor correlation in both groups (r= 0.14; p-value= 0.54, r= 0.26; p-value= 0.09). In conclusion, Saliva AChE enzyme may not be a suitable biomarker in OP exposure in the field farmers when compared with RBC AChE.

Keywords: Biomarker, Organophosphate, Saliva Acetylcholinesterase

Introduction

In Thailand, 40% of employed persons are in agricultural sector. The majority occupation of Thai rural people is the rice field farmers [1]. Number of pesticides imported to Thailand was increased from the past few decades [2]. Thai farmers use many kinds of insecticides during planting, especially organophosphate (OP). Each year, there are many Thai farmers diagnoses with OP poisoning. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) recommended standard method to diagnose OP intoxication by using the percentage of red blood cell or plasma cholinesterase depression [3]. Before OP intoxication occurs, Ministry of Public Health in Thailand recommend screen its health effect from occupational exposure by using the reactive paper for surveillance since 1987 [4]. However, this method is invasive and provides only a qualitative result of serum cholinesterase (ChE) enzyme.

Saliva biomarker is presently received greater attention in occupational health practice. Saliva collection is non-invasive compared with venipuncture. The method is easy and convenient. Self-collection can be done by various methods such as spit saliva in disposable plastic pipette, put cotton-wool roll in buccal area to absorb saliva. In addition, the saliva collection does not need the trained staff and not carry the risk of needle-stick injuries [5]. Acetylcholinesterase (AChE) enzyme is known to be presented in human saliva. Claus, et al. showed that cholinesterase still has activity when examined by

radiometric method in saliva of healthy adult [6]. Moreover, the activity was also measurable in saliva of 2-5 years children. However, it was shown that there was a large variability within-subject [7]. Otherwise AChE catalytic activity was detected in the saliva samples that were stable for up to 6 hours at room temperature following the provision of the salivary sample [8]. This study then aims to find whether (AChE) enzyme in saliva could be used as a biomarker for OP toxicity.

Objectives

The aim of study was to measure the level of saliva AChE enzyme, red blood cell (RBC) AChE enzyme in Thai rice field farmers (OP exposure & non-OP exposure) and examine the correlation between saliva and RBC AChE enzyme.

Methods

This study was approved by the Ethics Committee of Srinakharinwirot University (No. SWUEC 5/2011). The cross sectional study was conducted in March 2011. The 60 rice field farmers were randomly selected from 11 sub-districts in Nong Chok. Inclusion criteria was the rice field farmers, older than age 18 years, using OP pesticides in exposure group, not using any pesticides in non-exposure group, living in Nong Chok district, Bangkok, Thailand. Exclusion criteria was periodontal disease, dental caries, vigorous teeth-brushing, oral mucosal injury, pernicious anemia, hemoglobinopathy, taking chloroquine, using other pesticides (eg. Carbamate, Pyrethroid) and drank or ate food, smoked, chewed gum, tooth brushed within 1 hour before collecting sample. Any participants took anti-cholinesterase medications such as donepezil, galantamine, rivastigmine were also exclude. Blood and saliva were collected and measured for AChE by ELISA.

Saliva AChE test

Before the saliva collection, the participants washed their hands and rinsed their mouth with tap water in 5 minutes. Then they were collected saliva 2 ml by passive drool technique into sterile propylene tube before venipuncture, transported by ice box under 4°C within 6 hours after collection. Saliva test was done at department of Biochemistry, Srinakharinwirot University. Saliva centrifuged with refrigerator centrifuge at 1,000 rpm for 5 minutes to precipitate any particulate matter and froze in aliquots at -20°C. Analyzed for saliva AChE used Amplex[®] Acetylcholine/Acetylcholinesterase assay kit [9]. The principle of reaction is the conversion of acetylcholine substrate by AChE to choline. Choline was in turn oxidized by choline oxidase to betaine and H₂O₂, which the latter in the presence of horseradish peroxidase, reacted with Amplex Red reagent in a 1:1 stoichiometry to generate the highly fluorescent product resorufin. This product was measured by Fluorescence microplate reader (SynergyTM HT, Bio Tek Instrument, Inc, USA), excitation at 530-560 nm and emission at 590 nm. Saliva was also analyzed for protein content by using Bradford method. The result was reported in unit/liter/1 microgram protein.

Blood AChE test

Blood samples 5 ml were collected from cubital area of forearm and put in CaEDTA tube. The samples were transported by ice box under 4°C within 6 hours after collection, Blood test was done at Special laboratory center for analyzing RBC AChE by Ellmann's method. This method used Randox® Butyryl Cholinesterase kit which Butyryl cholinesterase hydrolysed butyrylthiocholine into two products as thiocholine and butyrate. Thiocholine was further interacted with DTNB and giving 2-nitro-5-mercaptobenzoate a yellow product compound which could be measured kinetic absorbance at 405 nm by Spectrophotometer on 30, 60, 90 seconds, referred to 37°C. The result was reported in unit/liter.

Statistical analysis

The descriptive data were presented by mean and standard deviation. Pearson's correlation was used to describe the relationship between saliva and Log₁₀ of RBC AChE enzyme. Statistical significance was assessed by Unpaired t-test or Mann-Whitney U test to evaluate the significance of differences between OP exposure group (n= 22) and non-exposure group (n= 38).

Results

All of 60 rice field farmers were included in this study. The average age was 50.9±10 years old, range from 26-76 years old. 41.7% of participants were male and 58.3% were female. Underlying diseases reported in these participants were diabetes mellitus, dyslipidemia, hypertension and asthma. When stratified by OP exposure, there were statistical different in age between exposure and non-exposure (p=0.003).

The mean ± standard deviation (S.D.) of Saliva AChE without and with protein correction was 5.24±3.02 U/L, 0.83±0.54 U/L/1 microgram protein, respectively. The mean ± S.D. of RBC AChE was 2,685±913 U/L. When divided to subgroup analysis, mean ± S.D. of saliva AChE without and with protein correction in OP exposure group was 5.69±2.99 U/L, 0.99±0.55 U/L/1 microgram protein, respectively. The mean ± S.D. of RBC AChE was 2,918±942 U/L. Whereas mean ± S.D. of saliva AChE without and with protein correction in non-exposure group was 5.00±3.05 U/L, 0.75±0.52 U/L/1 microgram protein respectively. The mean± SD of RBC AChE was 2,559±884 U/L.

The Pearson's correlation between saliva AChE with protein correction and Log₁₀ of RBC AChE was 0.26 (p-value= 0.04). The scatter plot between both parameters was shown in Figure 1. For subgroup analysis, the saliva and RBC AChE were no statistical difference between OP exposure and non-OP exposure group. Moreover, they also had poor correlation in both group (r= 0.14, p-value= 0.54; r= 0.26, p-value= 0.09). The scatter plot of both groups was shown in Figure 2-3.

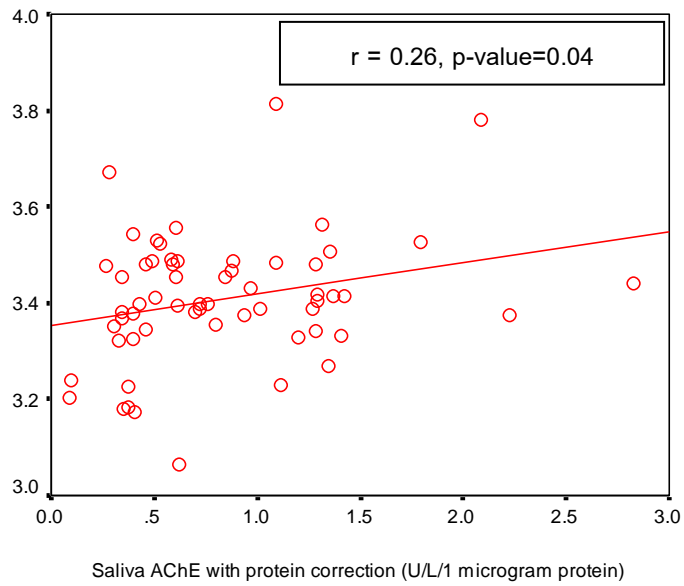


Figure 1 Bivariate scattergram of saliva AChE protein correction (U/L/1 microgram protein) with log₁₀RBC AChE (U/L).

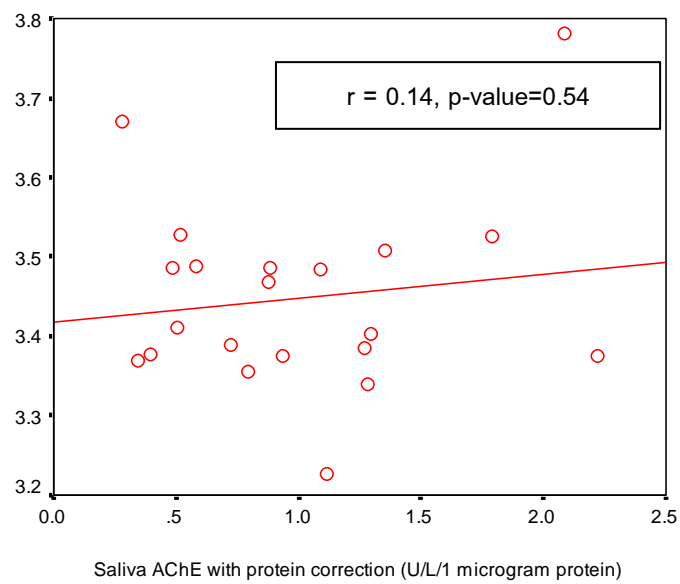


Figure 2 Bivariate scattergram of saliva AChE protein correction (U/L/1 microgram protein) with log₁₀ RBC AChE (U/L) in organophosphate exposure group.

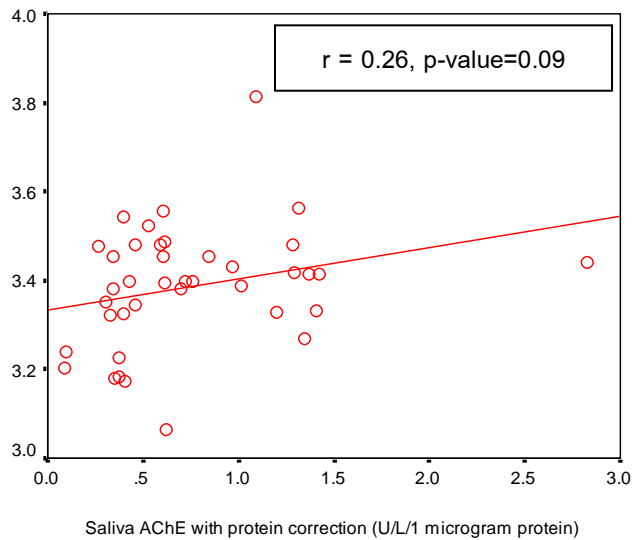


Figure 3 Bivariate scattergram of saliva AChE protein correction (U/L/1 microgram protein) with \log_{10} RBC AChE (U/L) in non-organophosphate exposure group.

Conclusions and Discussion

This study aims to develop the new saliva biomarker for screening OP toxicity. The saliva AChE was comparing the gold standard of its toxicity by RBC AChE. In the present study, all of 60 participants did not have any potential factors which effect to AChE level.

The average of saliva AChE with protein correction was lower than in RBC AChE about 3,234 times. When selecting only non-exposure persons and compared them with previous study which studied in healthy workers, the average level of AChE in saliva was also lower than AChE in erythrocytes. This result is consistent with previous study [10]. The average of saliva and RBC AChE was lower than previous study because non-OP exposure participants lived in the same area with the rice field farmers and may have been exposed to OP by environment exposure or food ingestion. The different analysis method may account for 40% of the variability in RBC AChE and this could not be excluded [11].

When subgroup analysis was done, the saliva AChE and RBC AChE were not statistically different between OP exposure and non-OP exposure group. However, this study found that the mean of saliva and RBC AChE in OP exposure group were greater than non-OP exposure group. This could be the average of age in non-OP exposure group is higher than in OP exposure group (p-value=0.003). Further, high interpersonal variations in RBC AChE could be another factor causing the mean of RBC AChE in OP exposure to be greater than non-OP exposure. Interpersonal variations in ChE activities are greater than intra-personal variations [12]. The intraindividual CV of erythrocyte AChE is 10%, whereas the interindividual CV is 10-40% [13].

The correlation between saliva and RBC AChE in this study was poor correlation. The result consists with previous study. The saliva AChE was not correlated in various subjects such as healthy worker [10]. When stratified by OP exposure, OP exposure group and non-OP exposure group have same poor correlation.

This study, however, had limitation. The cross sectional design could not indicate the OP toxicity. This is because the standard method that diagnose OP intoxication is to use percentage of red blood cell or plasma cholinesterase depression (before and after exposure).

In conclusion, this study suggests that Saliva AChE enzyme may not be a suitable biomarker in organophosphate exposure in rice field farmers when compared with RBC AChE. Because of the much lower levels of saliva relative to RBC AChE, there was poor correlation between the saliva and RBC AChE, and high intra-individual variation of saliva AChE [6-7].

Acknowledgements

The authors wish to thank David Koh and Vivian Ng, for the collaboration in Saliva Biomarkers research. The authors also thank Rachana Santiyanon, Chalengkwan Tangbanluekal and Pongpetch Kongpuang for their recommendation in RBC AChE analysis. The authors appreciate the research assistance and suggestion from Anamai Thetkathuek, Tassanee Nuchprayoon, Orapan Untimanont, Prapond Dumrongwong, Paisan Khaosak and Noppawan Photphisutthiphong. This research was supported by the research grant from Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University.

References

- [1] Statistical Forecasting Bureau, National Statistic office. (2011). *Statistical year book Thailand 2011*. Retrieved February 19, 2012, from http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/download/syb_54/SYB_54_T.pdf
- [2] Winai Wananukul. (2009). *Acute organophosphorus and carbamate poisoning*. Bangkok: Beyond Enterprise company limited.
- [3] Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. (2006). *Pesticide-related illness and injury surveillance: A how-to guide for State-based programs*. Retrieved February 19, 2012, from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2006-102/pdfs/2006-102.pdf>
- [4] Bureau of occupational and environmental disease. (2010). *Manual for public health workers in agriculture*. Bangkok: The agricultural co-operative federation of Thailand.
- [5] Soo-Quee Koh, David; & Choon-Huat Koh, Gerald. (2007, December). The use of salivary biomarkers in occupational and environmental medicine. *Occupational and Environmental Medicine*. 64(3): 202-210.
- [6] Claus Henn, Birgit; McMaster, Suzanne; & Padilla, Stephanie. (2006, October). Measuring cholinesterase activity in human saliva. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 69(19): 1805-1818.
- [7] Claus Henn, Birgit; et al. (2008, November). Salivary Cholinesterase activity in children with organic and conventional diets. *Epidemiology*. 19(6): s254-s255.
- [8] Sayer, Rachel; et al. (2004, February). Association of a salivary acetylcholinesterase with Alzheimer's disease and response to cholinesterase inhibitors. *Clinical Biochemistry*. 37(2): 98-104.

- [9] Molecular Probes. (2004). *Amplex[®] Acetylcholine/Acetylcholinesterase Assay Kit*. Retrieved February 19, 2012, from <http://products.invitrogen.com/ivgn/product/A12217>
- [10] Ng, Vivian; et al. (2009, March). Salivary acetylcholinesterase as a biomarker for organophosphate exposure. *Occupational Medicine*. 59(2): 120-122.
- [11] Yager, Janice; et al. (1976, April). Components of variability in blood cholinesterase assay results. *Journal of Occupational Medicine*. 18: 242-252.
- [12] Gupta, Ramesh C. (2006). *Toxicology of organophosphate and carbamate compounds*. California: Elsevier Academic Press.
- [13] Hayes, WJ; Laws, ER. (1991). *Handbook of Pesticide Toxicology*. San Diego: Academic Press.

SWU6-1006: ผลของโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าต่อความสามารถในการทรงท่าขณะอยู่นิ่งขาเดียวในนักกีฬาที่มีประวัติข้อเท้าแพลง

THE EFFECTS OF ANKLE CO-ORDINATION TRAINING PROGRAMS ON STATIC SINGLE LEG BALANCE IN SOCCER PLAYERS WITH CHRONIC ANKLE SPRAIN

นิติพร มะดี, ธันยมาัย อาจปรุ, ยุคลธร มิ่งขวัญ, วรินทร์ กฤตยาเกียรติ *

Nitiporn Madee, Thanyamai Artphu, Yukolthorn Mingkhuan, Warin Krityakiarana *

สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเทศไทย

Division of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: warink@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การเกิดข้อเท้าแพลงในนักกีฬาจะส่งผลให้เกิดการลดลงของความสามารถในการทรงท่าและความสามารถในการควบคุมข้อเท้า โปรแกรมการออกกำลังกายจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงท่าและการควบคุมข้อเท้าได้ในนักกีฬาที่ข้อเท้าแพลง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลของโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าต่อความสามารถในการทรงท่าในนักกีฬาที่มีประวัติข้อเท้าแพลง โดยงานศึกษานี้มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนสามสิบคนจะถูกสุ่มเพื่อแบ่งออกเป็นสองกลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มทดลอง 15 คน ซึ่งจะได้รับการออกกำลังกายพื้นฐาน (การออกกำลังกายโดยยั้งยืน) ร่วมกับโปรแกรมการกระตุ้นการรับรู้ความรู้สึก และกลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน ที่จะได้รับการออกกำลังกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว การควบคุมความสามารถในการทรงท่ายืนขาเดียว (ข้างที่ต้องการศึกษา) เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกโดยใช้เครื่อง Pro-smart balance version 8[®] ค่าที่ได้คือ อัตราเร็วในการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกาย (mean center of gravity sway velocity) จะถูกนำมาใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบผสม (mixed model analysis) ของการทดสอบตัวแปรด้วยการวัดซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยอัตราเร็วในการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกาย ทั้งก่อนและหลังการฝึกระหว่างกลุ่มควบคุม (เปิดตา: ก่อนการฝึก = 0.721 ± 0.19 , หลังการฝึก = 0.616 ± 0.12) (ปิดตา: ก่อนการฝึก = 1.535 ± 0.25 , หลังการฝึก = 1.278 ± 0.26) และกลุ่มทดลอง (เปิดตา: ก่อนการฝึก = 0.799 ± 0.19 , หลังการฝึก = 0.689 ± 0.12) (ปิดตา: ก่อนการฝึก = 1.654 ± 0.26 , หลังการฝึก = 1.300 ± 0.12) อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญภายในกลุ่มทั้งก่อนและหลังการฝึก สรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบผสมไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงท่าของข้อเท้าแบบเรื้อรัง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้สามารถยืนยันได้ว่ามีผลไปในทางที่ดีขึ้นของการฝึกทางกายภาพบำบัดในข้อเท้าแพลงแบบเรื้อรัง

คำสำคัญ: ออกกำลังกาย การประสานสัมพันธ์ กายภาพบำบัด กีฬา ความไม่มั่นคงของข้อเท้าแบบเรื้อรัง

Abstract

Ankle sprain in athletic is resulting in reduce ability of balance and ankle control. The exercise program has been proved in improving balance and ankle control in athletes with ankle sprain. The objective of this study was to evaluate the effects of developing ankle coordination training programs on

balance in soccer player with chronic ankle sprain. Thirty subjects were randomly separated into two groups. The experimental group (n=15) received standard exercise (elastic tube exercise) combined with developing sensorimotor training programs. Control group (n=15) performed only standard exercise. Balance control of unilateral stance (effected side) was compared between before and after training by using a Pro-smart balance version 8. The parameter was mean center of gravity (COG) sway velocity. Mean center of gravity sway velocity values were analyzed by using a mixed model analysis of variance with repeated measures on the test factor. There were no significant differences in mean center of gravity sway velocity between control (eye open: pre = 0.721 ± 0.19 , post = 0.616 ± 0.12) (eye close: pre = 1.535 ± 0.25 , post = 1.278 ± 0.29) and experimental groups (eye open: pre = 0.799 ± 0.19 , post = 0.689 ± 0.12) (eye close: pre = 1.654 ± 0.26 , post = 1.300 ± 0.12) both before and after training program. However, there were significant different within group between before and after exercise. Combined training exercise was unaffected to improve the balance control in chronic ankle sprain. However, our study confirmed the positive results of physical therapy training in chronic ankle sprain.

Keywords: Exercise, Co-ordination, Physical therapy, Sport, Chronic ankle instability

บทนำ

การบาดเจ็บของข้อเท้า หรือข้อเท้าแพลงในลักษณะบิดเข้าด้านใน (Inversion ankle sprain) นั้นสามารถพบได้บ่อยในการเล่นกีฬา [1-4] นอกจากนี้การบาดเจ็บที่เกิดซ้ำกับข้อเท้านั้นส่วนมากนั้นมาจากการขาดความมั่นคงของข้อเท้าในขณะที่มีการเคลื่อนไหว (Functional instability) โดยพบว่า ประมาณ 30 ถึง 40% ของผู้ป่วยที่เกิดข้อเท้าแพลงนั้น มีประวัติการบาดเจ็บเช่นนี้มาก่อน เมื่อพิจารณาในส่วนของการขาดความมั่นคงของข้อเท้าในขณะที่มีการเคลื่อนไหวพบว่า ปัจจัยหลักประกอบด้วย การลดลงของช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion, ROM) การลดลงของกำลังของกล้ามเนื้อในการบิดข้อเท้าออก (Evertors) และการลดประสิทธิภาพของการรับความรู้สึกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (Proprioception) [5]

โดยความสามารถในการรับข้อมูลของการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหว และทำให้เกิดการควบคุมท่าทาง (Postural adjustment) ที่ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวนั้นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการป้องกันการเกิดข้อเท้าแพลง เช่นเดียวกับการรับความรู้สึกอื่นๆ ของเท้า มีการศึกษาพบว่า การขาดความมั่นคงของข้อเท้าในขณะที่มีการเคลื่อนไหวสามารถส่งผลให้เกิดการลดลงของความสามารถในการควบคุมสมดุล (Maintain balance) และลดความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (Joint position sense) [6-9]

เป็นที่ทราบกันดีว่า joint position sense เป็นองค์ประกอบหนึ่งของ proprioception และการที่เราจะวัดการทำงานของ joint position แล้วเราจะวัดโดยอ้อมด้วยการวัด proprioception ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการทำงานของข้อเท้าในกลุ่มที่มีปัญหาเรื่อง joint position sense พบว่ามีค่าที่ได้ออกมาแตกต่างกัน เช่นพบว่า มีการลดลงของการทำงานของ joint position sense ในกลุ่มตัวอย่างที่มีประวัติการบาดเจ็บของข้อเท้ามากกว่ากลุ่มที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บ [1-4, 10] อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาที่ขัดแย้งกับการศึกษาข้างต้นโดยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า passive และ active joint position sense ระหว่างกลุ่มที่ได้รับบาดเจ็บและไม่ได้รับบาดเจ็บของข้อเท้า [11]

สำหรับวิธีการฝึกการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้านั้น [12] ได้ศึกษาประยุกต์วิธีการฝึกการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า โดยอาศัยหลักการของ Balance board training (eyes closed- eyes opened) ร่วมกับการให้ผู้ป่วยร่วมการศึกษายืนบน balance board ร่วมกับการมีกิจกรรมอื่นๆ ทั้งนี้เป็นการฝึกการทำงานของ joint

sense เป็นสำคัญ โดยผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของผู้วิจัยพบว่า วิธีการฝึกการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าสามารถเพิ่มความสามารถในการควบคุมการทำงานของข้อเท้าในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกายเป็นประจำ และมีประวัติการบาดเจ็บของข้อเท้า

อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนผลของการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าโดยโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าในด้านความสามารถในการทรงท่าขณะอยู่นิ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลจากการผลของการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าโดยโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า [12] ต่อความสามารถในการทรงท่าในนักกีฬาที่มีประวัติข้อเท้าแพลง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลจากการผลของการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าโดยโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า ต่อความสามารถในการทรงท่าด้วยการยืนขาเดียวในนักกีฬาที่มีประวัติข้อเท้าแพลง

วิธีดำเนินการวิจัย

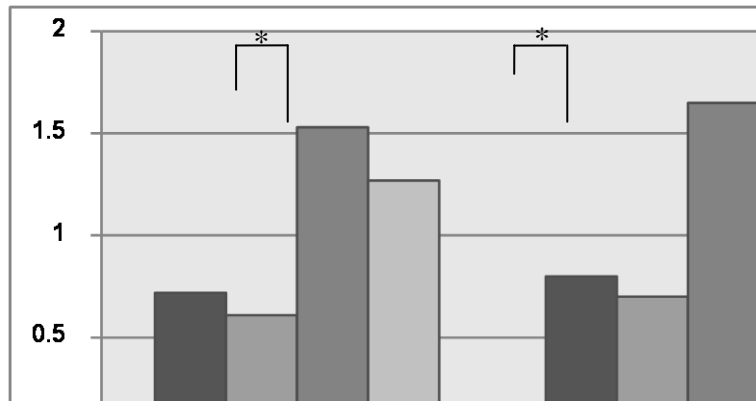
ผู้เข้าร่วมวิจัย 30 คนเป็นนิสิตที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและนักกีฬาฟุตบอลกลุ่มที่มีประวัติการแพลงของข้อเท้ามากกว่า 1 เดือนแต่ไม่เกิน 1 ปี โดยไม่เคยมีประวัติการผ่าตัดใดๆ ที่ข้อเท้าและมีอาการเจ็บปวดที่น้อยกว่าระดับ 3 โดยจะถูกคัดออกทันทีในกรณีที่มีการบาดเจ็บซ้ำหรือการบาดเจ็บอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเก็บข้อมูล งานวิจัยนี้ได้รับการอนุญาตจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 30 คนโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่มละ 15 คน) คือ กลุ่มควบคุม (ได้รับการฝึกโดยโปรแกรมมาตรฐาน จากการออกกำลังกายด้วยการใช้ยางยืด [13]) และกลุ่มทดลอง (ได้รับการฝึกโดยโปรแกรมมาตรฐาน จากการออกกำลังกายด้วยการใช้ยางยืด ร่วมกับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า) โดยผู้วิจัยทำการสุ่มเลือกกลุ่ม ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการวัดค่า centers of gravity (COG) sway velocity และคำนวณหาค่า mean COG sway velocity ก่อนและหลังการฝึก ด้วยเครื่อง Pro Balance Master[®]

กลุ่มควบคุมจะได้รับการฝึกโดยโปรแกรมมาตรฐาน จากการออกกำลังกายด้วยการใช้ยางยืด (Elastic tube) เพียงอย่างเดียว ส่วนกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกด้วยโดยโปรแกรมมาตรฐาน จากการออกกำลังกายด้วยการใช้ยางยืด [13] ร่วมกับการฝึกโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า [12] โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่ม จะได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมดังกล่าวเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (3 วัน/สัปดาห์) ผลการศึกษาที่ได้จะนำมาคำนวณทางสถิติโดยใช้การคำนวณสถิติแบบ Two-way mix ANOVA เพื่อเปรียบเทียบค่าระหว่างก่อน และหลังการฝึกการควบคุมการทำงานของข้อเท้าโดยเปรียบเทียบผลของ mean COG sway velocity ระหว่างก่อน และหลังการฝึก รวมถึงเปรียบเทียบค่าดังกล่าวระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการฝึกการควบคุมการทำงานของข้อเท้า

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า หลังโปรแกรมการฝึกพบว่าทั้งสองกลุ่มมีการลดลงของค่า mean COG sway velocity ของร่างกายในขณะที่ปิดตา โดยพบว่า ค่า mean COG sway velocity ของทั้งสองกลุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้งก่อนและหลังการฝึกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ mean COG sway velocity ทั้งในขณะที่เปิด-ปิดตา ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วในการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกายในกรณีเปิดตา (EO) -ปิดตา (EC) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อน (pre) และหลัง (post) โปรแกรมการฝึก ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูล mean COG-sway velocity ของกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองก่อนและหลังโปรแกรมการฝึก ($n = 30$)

	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	Pre EO	Post EO	Pre EO	Post EO	Pre EC	Post EC	Pre EC	Post EC
Mean COG sway velocity	0.721	0.616	0.799	0.689	1.535	1.278	1.654	1.300
	± 0.19	± 0.12	± 0.19	± 0.12	± 0.25	± 0.29	± 0.26	± 0.12

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าโปรแกรมมาตรฐาน (Elastic tube) และโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้ามีผลทำให้ความสามารถในการทรงท่าขณะปิดตาเพิ่มขึ้น โดยวัดได้จากค่า mean COG sway velocity ซึ่งพบว่าค่าดังกล่าวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภายหลังจากการฝึกทั้งสองกลุ่ม โดยมีความเป็นไปได้ว่าโปรแกรมการฝึกด้วย elastic tube เพียงอย่างเดียวนั้นได้รับสามารถทำให้เพิ่มความสามารถของการรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (proprioception) ซึ่งอาจเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของกำลังกล้ามเนื้อ (strength) ร่วมกับการประสานสัมพันธ์ (Coordination) ของข้อเท้า [14] ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาของผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของข้อเท้าเรื้อรัง (chronic ankle sprain) โดยมีการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยเหล่านี้จะมีปัญหาเรื่องการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อและการทำงานประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า [15-16] ดังนั้นโปรแกรมการฝึกด้วย elastic tube เพียงอย่างเดียวอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการยืนขาเดียว-ปิดตาได้

ในการศึกษาเรื่องโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าพบว่า การฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าและการฝึกการทรงตัวจะช่วยลดปัญหาการบาดเจ็บของข้อเท้าในนักกีฬาได้นอกจากนั้นยังมีการศึกษาที่พบว่า การฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้าด้วย balance board จะทำให้สามารถป้องกันการเกิดการบาดเจ็บซ้ำของข้อเท้าและส่งผลให้ความสามารถในการทรงตัวขณะปิดตาดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า โดยมีความเป็นไปได้ว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า นอกจากจะเป็นการเพิ่มความสามารถของ proprioception โดยการเพิ่ม strength และ coordination แล้วยังมีผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ somatosensory ได้อีกด้วย [10, 12, 15]

การฝึกโปรแกรมการประสานสัมพันธ์ของข้อเท้า มีผลในการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของนักกีฬาฟุตบอลที่เคยมีประวัติข้อเท้าแพลง แต่การเพิ่มความหนักในการฝึกหรือการให้โปรแกรมการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมความสามารถในการทรงท่าได้

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และอนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่ ในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านในการศึกษาครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยทุนวิจัยคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Johnson, M.R.; & Stoneman, P.D. (2007). Comparison of lateral hop test versus a forward hop test for functional evaluation of lateral ankle sprain. *The journal of foot & ankle surgery*. 46(3): 162-174.
- [2] Caffrey, E.; et al. (2009). The Ability of 4 Single-Limb Hopping test to detect functional performance deficits in individuals with function ankle sprain. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 39(11): 799-805.
- [3] Fong, D.T.; et al. (2007). A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med*. 37(1): 73-94.
- [4] Cumps, E.; Verhagen, E.; & Meeusen, R. (2007). Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: Ankle sprains and over use knee injuries. *Journal of Sport Science and Medicine*. 6: 204-211.
- [5] Swenson, D.M.; et al. (2009). Patterns of recurrent injuries among US high school athletes. *Am J Sports Med*. 37(8): 1586-1593.
- [6] Bonnel, F.; et al. (2010). Chronic ankle instability: biomechanis and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthop Traumatol Surg Res*. 96(4): 424-432.
- [7] Webster, K.A.; & Gribble, P.A. (2010). Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: a systematic review. *J Sport Rehabil*. 19(1): 98-114.
- [8] Yokoyama, S.; et al. (2008). Position-specific deficit of joint position sense in ankles with chronic functional instability. *J Sports Sci and Med*. 7: 480-485.
- [9] Kandel, E.R.; Schwartz, J.H.; & Jessell, T.M. (1991). Principles of Neural Science. *Elsevier*. 347-350.
- [10] McGuine, T.A.; & Keene, J.S. (2006). The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 34(7): 1103-1111.
- [11] Bernier, J.N.; & Perrin, D.H. (1998). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 27: 264-275.
- [12] Krityakarana, W.; Thongkam, S.; & Sakseepipat, A. (2011). *Effects of ankle coordination training on ankle control of the functionally unstable ankle*. Senior Project to fulfill requirement B.Sc Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University.

- [13] Han, K.; Ricard, M.D.; & Fellingham, G.W. (2009). Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 39(4): 246-255.
- [14] Sefton, J.M.; et al. (2011). Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*. 41(2): 81-89.
- [15] Verhagen, E.; et al. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial. *American Journal of Sports Medicine*. 32(6): 1385-1393.
- [16] Gutierrez, G.M.; Kaminski, T.W.; & Douex, A.T. (2009). Neuromuscular control and ankle instability. *The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1(4): 359-365.

SWU6-1007: การวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมของวิตามินดีในผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง

RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL OF ORAL VITAMIN D SUPPLEMENTATION FOR ATOPIC DERMATITIS

สรุเสริญ หัวใจ*, มนตรี อุดมเพทายกุล

Sunsern Huajai*, Montree Udompataikul

ศูนย์ผิวหนัง คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Skin Center, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: h_sunsern@hotmail.com

บทคัดย่อ

ผื่นภูมิแพ้ผิวหนังเป็นโรคผิวหนังอักเสบที่เป็นเรื้อรังเป็นๆ หายๆ การสร้างสารแคโรทีนที่ลดลง ทำให้ผิวหนังของผู้ป่วยมีเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียส อยู่เป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 90 ของเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น ทำให้โรคกำเริบ มีการศึกษาพบว่า วิตามินดีสามารถกระตุ้นการสร้างสารแคโรทีนซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อได้ การรับประทานวิตามินดีเสริมน่าจะมีประโยชน์ต่อผู้ป่วย งานวิจัยนี้จึงถูกทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิตามินดีชนิดรับประทานต่อจำนวนเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่ผื่นภูมิแพ้ผิวหนังรวมถึงอาการและอาการแสดงทางคลินิก และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับวิตามินดีในเลือดกับความรุนแรงของโรค เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมในผู้ป่วยจำนวน 24 ราย นำมาสุ่มเลือกการรักษา แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับประทานวิตามินดีขนาด 2000 อินเตอร์เนชันแนลยูนิทต่อวัน (จำนวน 12 ราย) และกลุ่มที่ได้ยาหลอก (จำนวน 12 ราย) ทำการเพาะเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรคพร้อมทั้งติดตามอาการและอาการแสดงทางคลินิกที่สัปดาห์ที่ 0, 2 และ 4 โดยใช้ Scoring Atopic Dermatitis (คะแนน SCORAD) ตรวจวัดระดับวิตามินดีในเลือดก่อนและหลังการรักษาที่สัปดาห์ที่ 0 และ 4 พบผู้ป่วยผื่นภูมิแพ้ผิวหนังความรุนแรงน้อยและปานกลางเป็นจำนวน 11 คน (ร้อยละ 55) และ 9 คน (ร้อยละ 45) ตามลำดับ ที่สัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มที่ได้รับวิตามินดีมีจำนวนเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรคและคะแนน SCORAD ลดลงร้อยละ 46.5 และ 55.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้ยาหลอก ($p=0.022$ และ 0.028 ตามลำดับ) ระดับวิตามินดีในเลือดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญสถิติทางกับความรุนแรงของโรค ($r=-1$, $p<0.001$) จึงสรุปว่าการเสริมวิตามินดีทางปากสามารถลดจำนวนเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรคและทำให้อาการทางคลินิกของผื่นภูมิแพ้ผิวหนังดีขึ้น

คำสำคัญ: ผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง สแตฟฟีโลคอคคัสออเรียส SCORAD score วิตามินดี

Abstract

Atopic dermatitis (AD) is a chronically relapsing inflammatory skin disease. *Staphylococcus aureus*, resulted from decreasing in cathelicidin production, constitutes 90% of bacterial flora on lesional skin which aggravate the acute exacerbation of the disease. The recent in vivo study showed that vitamin D can induce cathelicidin production. Oral supplementation of vitamin D might be beneficial in atopic dermatitis. The aims of this study were to evaluate the effectiveness of vitamin D on *Staphylococcus aureus* colonization and clinical manifestation of AD and to correlate serum vitamin D level with severity of disease. Twenty four patients were included in a randomized, double-blind, placebo-controlled trial, using oral vitamin D 2000 IU/day supplementation as an intervention. They were randomly divided into two groups and treated for four weeks. *Staphylococcus aureus* colonization and SCORAD score were assessed at baseline, the second week and the fourth week. Serum vitamin D levels were assessed before and after the trial. We found mild and moderate AD in 11 (55%) and 9 (45%) children, respectively. *Staphylococcus aureus* colonization and SCORAD score were reduced at the fourth week in vitamin D group by 46.5%, and 55.9% at $p=0.022$ and 0.028 respectively. Serum vitamin D levels were significantly correlated with *Staphylococcus aureus* colonization and SCORAD score ($r= -1$, $p<0.001$). Oral vitamin D supplementation can reduce *Staphylococcus aureus* colonization and improve clinical manifestation of atopic dermatitis patients

Keywords: Atopic dermatitis, *Staphylococcus aureus*, SCORAD score, Vitamin D

บทนำ

โรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังเป็นโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังที่พบบ่อยที่สุดในเด็ก ซึ่งพบได้ในประชากรเด็กทั่วไป 10-20% ในผู้ใหญ่ 1-3% [1] มีอุบัติการณ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 3 เท่าตัวในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา [2] อาการสำคัญคือ ผื่นแห้ง คันมาก มีการอักเสบของผิวหนังและมีอาการเรื้อรังเป็นๆ หายๆ (chronic relapsing) พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหืดและจมูกหรือตาอักเสบจากการแพ้ [3] ตำแหน่งการกระจายของผื่นแตกต่างกันตามอายุ เมื่อเด็กโตขึ้นอาการจะดีขึ้น จะมีส่วนน้อยที่จะมีอาการไปจนถึงผู้ใหญ่ ร้อยละ 50 ของผู้ป่วยมีผื่นเกิดขึ้นภายในขวบปีแรก ร้อยละ 30 ของผู้ป่วยมีผื่นเกิดขึ้นในช่วง 1-5 ขวบ และร้อยละ 20 ของผู้ป่วยมีผื่นเกิดขึ้นหลัง 5 ขวบ [2]

สาเหตุยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าเกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน (multifactorial) ระหว่างพันธุกรรม (filaggrin gene mutation) นำไปสู่ความผิดปกติของการเป็นปราการป้องกันร่างกายของผิวหนัง (skin barrier defect) และระบบภูมิคุ้มกันที่ทำงานผิดปกติ (immune dysregulation) [4] นำไปสู่การลดลงของการสร้างสารแคธลิซินซึ่งเป็นสารเปปไทด์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (antimicrobial peptide) จึงเกิดการติดเชื้อได้ง่ายกว่าผิวหนังปกติ โดยเฉพาะเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียส ซึ่งพบได้มากถึงร้อยละ 90 ของเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น ทำให้โรคกำเริบได้ง่าย (acute exacerbation) [5]

การศึกษาของ Tissa, R.H. [6] ในคนพบว่า วิตามินดีสามารถเพิ่ม cathelicidin expression ที่ผื่นภูมิแพ้ผิวหนังได้ และการศึกษาของ Javanbakht, M.H. [7] และ Sidbury, R. [8] พบว่า วิตามินดีสามารถทำให้ความรุนแรงของอาการทางคลินิกของผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังดีขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การศึกษาของ Peroni, D.G. [9] ระดับวิตามินดีในเลือดที่ต่ำสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงถูกทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิผลของวิตามินดีต่อชนิดรับประทานต่อเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่ผิวหนังมีแพ็ผิวหนังรวมถึงอาการและอาการแสดงทางคลินิก และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับวิตามินดีในเลือดกับความรุนแรงของโรค

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบสุ่ม และมีกลุ่มควบคุม (Randomized placebo-controlled trial) โดยทั้งแพทย์และผู้ป่วยไม่ทราบผลการสุ่มเลือกวิธีการรักษา (double blinded method) งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อมูลอาสาสมัคร

ผู้ทำการวิจัยทำการศึกษาเพื่อหาจำนวนกลุ่มประชากร ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิจัย โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในอดีต [7] มาคำนวณ โดยใช้โปรแกรม sample size calculation เวอร์ชัน 3.0.34 ที่กำลังร้อยละ 80 และค่าความเชื่อมั่นที่ 0.05 ได้จำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ 24 คน ผู้ป่วยทุกคนเป็นโรคผิวหนังมีแพ็ผิวหนังตามเกณฑ์การวินิจฉัยของ Hanifin และ Rajka [10] อายุมากกว่า 1 ปี ไม่จำกัดเพศ มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยถึงปานกลาง ตาม Scoring of Atopic Dermatitis (SCORAD score) [11] คือน้อยกว่า 40 คะแนน มีระยะพักจากยาเกินคอร์ติโคสเตียรอยด์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จาก ยาทาคอร์ติโคสเตียรอยด์และยาทา calcineurin inhibitor เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และจากการได้รับวิตามินเสริมใดๆ อย่างน้อย 6 เดือน โดยไม่รวมผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อใดๆ ร่วมด้วยบนรอยโรค ผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องทั้งชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิ มีโรคตับหรือโรคไต ผู้ป่วยที่รับประทานวิตามินดี กรดไขมัน หรือวิตามินรวมที่มีส่วนผสมของวิตามินดี ยาปฏิชีวนะ ยาสเตียรอยด์ ยาคุมกำเนิด ยาต้านชัก ยาขับปัสสาวะกลุ่มไธอะไซด์ ยาลดกรด ผู้ป่วยที่ใช้สารทำความสะอาดที่มีส่วนผสมของสารต้านเชื้อ เกณฑ์ในการให้อาสาสมัครเลิกจากการศึกษา ได้แก่ ผู้ป่วยมีอาการกำเริบของผื่นมากขึ้น (flare up) กล่าวคือ มีอาการแห้ง แดง คัน ร่วมกับประเมินคะแนน SCORAD แล้วมีค่า มากกว่า 40 ผู้ป่วยมีอาการและอาการแสดงของการติดเชื้อที่รอยโรค (secondary infection on-top) และผู้ป่วยที่มีอาการหรืออาการแสดงของการเป็นพิษจากวิตามินดี (vitamin D toxicity)

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ วิตามินดีรูปแบบรับประทานขนาด 2000 อินเตอร์เนชันแนลยูนิท และยาหลอก ยาเกินต้านฮิสตามีน สารให้ความชุ่มชื้น สบู่ทำความสะอาดผิว อุปกรณ์สำหรับเก็บสิ่งส่งตรวจ (ไม้พันสำลีและน้ำเกลือปลอดเชื้อ) อาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียส (mannitol salt sugar plate) อุปกรณ์เจาะเลือด กล้องดิจิทัล แบบบันทึกข้อมูล และแบบประเมินผลข้างเคียงจากวิตามินดี

ขั้นตอนการวิจัย

หลังจากที่ได้ผู้ป่วยตามเกณฑ์ในการคัดเลือกเข้า และออกจากการศึกษา ผู้ทำวิจัยอธิบายอย่างละเอียดเกี่ยวกับ จุดประสงค์ ขั้นตอนการทำ ผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการศึกษา เกณฑ์ในการให้อาสาสมัครเลิกจากการศึกษา ผู้ปกครองลงลายลักษณ์อักษรในใบยินยอมรับการรักษา ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้ปกครองและ/หรือผู้ป่วย เกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยและข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ผู้วิจัยตรวจร่างกายผู้ป่วยทุกระบบอย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะระบบผิวหนัง กล่าวคือ ประเมินความรุนแรงของโรคผิวหนังมีแพ็ผิวหนังตาม SCORAD score และถ่ายภาพรอยโรคทั้งก่อนและหลังการรักษาด้วยกล้องดิจิทัล (สัปดาห์ 0, 2 และ 4)

ทำการเพาะเชื้อเพื่อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรค (สัปดาห์ 0, 2 และ 4) โดยการเก็บสิ่งส่งตรวจใช้สำลีปลอดเชื้อป้ายรอยโรคของผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง ขนาด 1x1 ตารางนิ้ว แล้วใส่ในน้ำเกลือปลอดเชื้อและส่งทำการเพาะเชื้อ นำตัวอย่างที่อยู่ใน น้ำเกลือปลอดเชื้อดูมา 100 ไมโครลิตร นำมาเพาะเลี้ยงลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Mannitol salt agar (MSA) (Himedia, India) ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงที่จะคัดเลือกเฉพาะเชื้อในสกุล (genus) สแตฟฟีโลคอคคัสให้เจริญเติบโต จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มเชื้อในสภาวะที่มีออกซิเจน ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จากนั้นนำมาตรวจนับเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสในหน่วย colony forming unit ต่อ 1 มิลลิลิตร (CFU/ml)

ตรวจวัดระดับวิตามินดีในเลือดก่อนและหลังการรักษา (สัปดาห์ 0 และ 4) โดยเจาะเลือดผู้ป่วย 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง นำไปปั่นแยกซีรัมที่ความเร็ว 3500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บซีรัมที่ได้ใส่หลอดทดลองห่อกระดาษฟอยล์กันแสง เพื่อส่งตรวจหาค่าระดับวิตามินดีในเลือด (serum vitamin D level, 25-OH vitamin D total) โดยวิธี chemiluminescence ที่ห้องปฏิบัติการชีวเคมีโรงพยาบาลรามาริบัติ

ทำการสุ่มผู้ป่วยก่อนให้การรักษาว่าจะให้อยู่ในกลุ่มใดของการรักษาด้วยวิธี computerized block randomization (Block of 4) ทำโดยบุคคลที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกรวิจัยและ randomization code จะถูกเปิดเมื่อสิ้นสุดการวิจัยเท่านั้น (concealed) จะได้กลุ่มผู้ป่วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยวิตามินดี 2000 อินเตอร์เนชันแนลยูนิตต่อวัน จำนวน 12 คน และกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยยาหลอก จำนวน 12 คน ทั้ง 2 กลุ่มได้รับการรักษามาตรฐานตามแนวทางการดูแลรักษาโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังของสมาคมแพทย์ผิวหนังแห่งประเทศไทย [12] ได้แก่ สาระให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง (moisturizer) สบู่ทำความสะอาดผิวแพ้ง่าย (gentle cleanser) และยากินต้านฮิสตามีน (oral anti-histamine) hydroxyzine 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ผู้ป่วยทุกรายได้รับอาหารและมีกิจกรรมในแต่ละวันตามปกติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐานใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ในแต่ละสัปดาห์ของแต่ละกลุ่ม ใช้ Mann-Whitney U Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ของทั้ง 2 กลุ่ม ใช้ Spearman's rho Test เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 19

ผลการวิจัย

ข้อมูลผู้ป่วย

มีจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมด 24 คน ไม่มาติดตามการรักษา 3 คน และต้องออกจากการศึกษา 1 คน เนื่องจากมีภาวะติดเชื้อแทรกซ้อน อายุเฉลี่ยของผู้ป่วยทั้ง 20 คนที่นำมาวิเคราะห์คือ 8.28 ปี ช่วงอายุ 1-18 ปี เป็นเพศชาย 10 คน เพศหญิง 10 คน มีความรุนแรงน้อย 11 คน ความรุนแรงปานกลาง 9 คน ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเพศ อายุ ความรุนแรง และจำนวนเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรค (*Staphylococcus aureus* colonization) ก่อนการรักษา ($p=0.639, 0.833, 0.825$ และ 0.946 ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ความรุนแรงของโรคและจำนวนเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัสออเรียสที่รอยโรคก่อนการรักษาของผู้ป่วยทั้ง 2 กลุ่ม

ตัวแปร	กลุ่มที่ได้ยาหลอก	กลุ่มที่ได้รับประทานวิตามินดี	p-value
เพศ (ชาย/หญิง)	3/7	4/6	0.639
อายุ (ปี)	7.9±6.95	8.59±5.93	0.833
SCORAD score	19.21±10.61	18.23±8.89	0.825
<i>Staphylococcal aureus</i> colonization (CFU/ml)	395.50±276.91	387.50±246.22	0.946

ผลการรักษาของแต่ละกลุ่มในแต่ละสัปดาห์

กลุ่มที่ได้ยาหลอก ที่สัปดาห์ที่ 2 มีคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนรักษา (p=0.008 และ 0.008 ตามลำดับ) ที่สัปดาห์ที่ 4 มีคะแนน SCORAD ลดลง (p=0.005) แต่จำนวน *Staphylococcus aureus* colonization เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนรักษา (p=0.138) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มที่ได้ยาหลอก

สัปดาห์	คะแนน SCORAD	p value	จำนวน <i>S.aureus</i> colonization (CFU/ml)	p value
0-2	ลดลง 2.38	0.008	ลดลง 19.00	0.008
2-4	ลดลง 2.76	0.005	เพิ่มขึ้น 57.00	0.138

กลุ่มที่ได้รับวิตามินดี ที่สัปดาห์ที่ 2 มีคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนรักษา (p=0.005 และ 0.005 ตามลำดับ) ที่สัปดาห์ที่ 4 มีคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.005 และ 0.005 ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มที่ได้วิตามินดี

สัปดาห์	คะแนน SCORAD	p value	จำนวน <i>S.aureus</i> colonization (CFU/ml)	p value
0-2	ลดลง 3.85	0.005	ลดลง 38.50	0.005
2-4	ลดลง 6.34	0.005	ลดลง 141.50	0.005

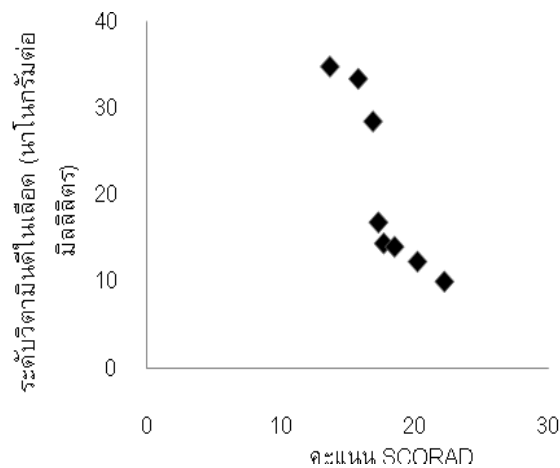
เมื่อเปรียบเทียบผลการรักษาของทั้ง 2 กลุ่ม ที่สัปดาห์ที่ 2 หลังการรักษาทั้งสองกลุ่มมีคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.496$ และ 0.850 ตามลำดับ) ที่สัปดาห์ที่ 4 ของกลุ่มที่ได้รับวิตามินดี มีคะแนน SCORAD และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลงร้อยละ 55.9 และ 46.5 และแตกต่างกับกลุ่มที่ได้ยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.022$ และ 0.028 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการรักษาของทั้ง 2 กลุ่ม

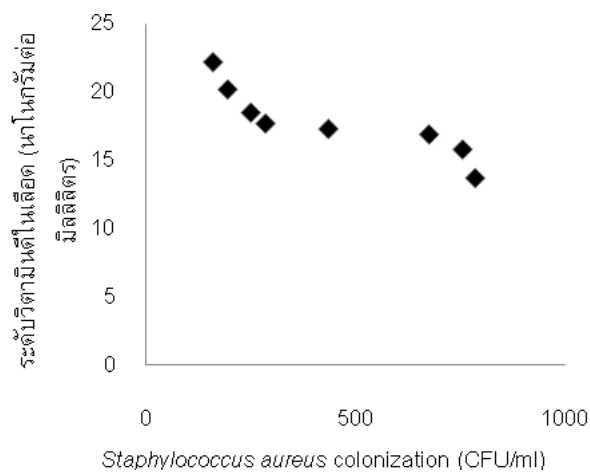
ตัวแปร/สัปดาห์	กลุ่มที่ได้ยาหลอก	กลุ่มที่ได้รับประทานวิตามินดี	p-value
คะแนน SCORAD			
0	19.21±10.61	18.23±8.89	0.940
2	16.83±8.86	14.38±7.24	0.496
4	14.70±7.76	8.04±3.96	0.022
<i>Staphylococcus aureus</i> colonization (CFU/ml)			
0	395.50±276.91	387.50±246.22	0.940
2	376.50±276.15	349.00±234.07	0.850
4	433.50±207.79	207.50±143.96	0.028

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

การวิจัยนี้ได้ทำการประเมินระดับวิตามินดีในเลือดของผู้ป่วยจำนวน 8 ราย พบว่า มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรค (คะแนน SCORAD) และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, $r = -1$ ดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับวิตามินดีกับคะแนน SCORAD



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับวิตามินดีกับจำนวน *S. aureus* colonization

สรุปและอภิปรายผล

เพศ งานวิจัยนี้มีผู้ป่วยเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยมีอัตราผู้ป่วยหญิงต่อผู้ป่วยชายประมาณ 1.9 ต่อ 1 (13:7 คน) เช่นเดียวกับการรายงานของวาณี วิสุทธิ์เสวีวงศ์ และคณะ [13] และ Kang, K [14] แต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยในอดีต แสดงให้เห็นว่าเพศเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดผื่นภูมิแพ้ผิวหนังแตกต่างกัน

อายุ งานวิจัยครั้งนี้มี 8 ใน 20 คน (ร้อยละ 40) ที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาเชิงระบาดวิทยาของ Spergel, J.M. [1] ที่พบว่า ทั่วไปแล้วผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังมักพบมากในเด็กอายุน้อยกว่า 5 ปี โดยร้อยละ 50 ของผู้ป่วยมีผื่นเกิดขึ้นภายในขวบปีแรก ร้อยละ 30 ของผู้ป่วยมีผื่นเกิดขึ้นในช่วง 1-5 ขวบ ส่วนอายุเฉลี่ย

ของกลุ่มตัวอย่างมีค่า 8.28 ปี ใกล้เคียงกับการศึกษาความชุกของโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังในประเทศไทย พบว่า ในกลุ่มเด็กอายุระหว่าง 6-7 ปี (ISAAC Phase III) ในกรุงเทพมหานคร พบร้อยละ 16.7 [15]

ความรุนแรง ในผู้ป่วยจำนวน 20 คน มีผู้ป่วยที่มีความรุนแรงน้อย 11 คน (ร้อยละ 55) ค่าเฉลี่ยคะแนน SCORAD คือ 11.46 และความรุนแรงปานกลาง 9 คน (ร้อยละ 45) ค่าเฉลี่ย SCORAD คือ 27.59 จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีหลายวิธีที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของโรคเพื่อใช้ในการรักษาและติดตามอาการ แต่ไม่มีการรายงานว่ามีระดับความรุนแรงใดมากกว่ากัน เพราะเนื่องจากธรรมชาติของโรค (natural history) เป็นโรคเรื้อรังเป็นๆ หายๆ (chronic relapsing) มีช่วงที่โรคสงบและกำเริบ ฉะนั้นในผู้ป่วยแต่ละคนอาจมีความรุนแรงแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงอายุ ยิ่งอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้ป่วยส่วนใหญ่ก็จะมีอาการรุนแรงน้อยลงจนหายได้ (outgrown) เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ได้ตัดผู้ป่วยที่มีความรุนแรงมาก (severe severity, SCORAD > 40) เนื่องจากกลุ่มที่มีความรุนแรงมาก จำเป็นต้องให้ topical corticosteroid ที่เป็น first line therapy แต่การศึกษานี้ต้องการดูผลของวิตามินดีต่ออาการแสดงทางคลินิก จึงไม่ต้องการให้ topical corticosteroid มาเป็นปัจจัยกวนกวน (confounding factor) กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จึงมีเฉพาะระดับความรุนแรงน้อยและปานกลาง

ระดับวิตามินดีในเลือด

งานวิจัยนี้ให้วิตามินดีเป็น Intervention เพื่อดูประสิทธิผลต่ออาการแสดงทางคลินิก, *Staphylococcal aureus* colonization จึงได้มีการตรวจระดับวิตามินดีในเลือดของผู้ป่วยด้วย พบว่า มีเพียง 2 ใน 8 รายเท่านั้นที่มีระดับวิตามินดีในเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ค่าปกติ > 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดีในเลือดทั้ง 8 คน คือ 17.79 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (n=8 คน) ซึ่งต่ำกว่าค่าปกติ (20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) การศึกษาในครั้งนี้ผู้ป่วยทุกรายได้รับอาหารและมีกิจกรรมในแต่ละวันตามปกติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่มีความรุนแรงน้อยมีระดับวิตามินดีในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่มีความรุนแรงมาก (19.65 และ 15.93 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ซึ่งจะกล่าวต่อไปในเรื่องของความสัมพันธ์ของตัวแปร

ผลการรักษาผู้ป่วยในแต่ละกลุ่ม

แม้กลุ่มที่ได้รับเพียงการรักษามาตรฐาน (cleanser, moisturizer สำหรับผื่นภูมิแพ้ผิวหนังและยาต้านฮิสตามีน) ก็ยังมีผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนังที่มีความรุนแรงน้อยถึงปานกลางนั้นสามารถดีขึ้นได้ด้วยเพียงการรักษามาตรฐานเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์ในกลุ่มที่ได้วิตามินดี พบว่า ก็เป็นไปในทางเดียวกันคือ ดีขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งไปกว่านั้น ค่า p ที่ได้ยังมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้ยาหลอกอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าวิตามินดีมีผลในการช่วยให้อาการแสดงทางคลินิกและจำนวน *Staphylococcal aureus* colonization ของผู้ป่วยโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง (ในที่นี้คือความรุนแรงน้อยและปานกลาง) ดีขึ้นได้

ผลการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาของ Tissa, R.H. และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 [6] แบบมีกลุ่มควบคุม ในผู้ป่วยผื่นภูมิแพ้ผิวหนังระดับปานกลางถึงรุนแรง (Rajka-Langeland score of 6, range 4-9) โดยให้รับประทานวิตามินดี (oral vitamin D supplementation) 4,000 IU ต่อวัน เป็น intervention แล้ววัด cathelicidin expression ด้วยการตัดชิ้นเนื้อ 2mm-punch biopsy ส่งตรวจ qRT-PCR ที่สัปดาห์ที่ 0 และ 3 พบว่า ที่สัปดาห์ที่ 3 หลังให้วิตามินดี กลุ่ม AD lesional skin มีระดับ cathelicidin expression เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนให้วิตามินดี (p < 0.01) ส่วนกลุ่ม normal skin และ AD non-lesional skin ก็มีระดับ cathelicidin expression เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) ส่วนกลุ่ม สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้ได้ว่า ที่สัปดาห์ที่ 2 ทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันเนื่องจาก

cathelicidin expression จากวิตามินดีที่ให้อย่างไม่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อมาถึงสัปดาห์ที่ 4 ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกลุ่มที่ได้วิตามินดีมีค่า cathelicidin expression เพิ่มขึ้นแล้ว จึงสามารถช่วยลดจำนวน *Staphylococcal aureus* colonization ได้ทำให้ความแดงของผื่นลดลง คะแนน SCORAD จึงดีขึ้น และแตกต่างกับกลุ่มที่ได้ยาหลอกอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเทียบกับการศึกษาของ Sidbury, R. [8] ที่กลุ่มตัวอย่างมีอายุ จำนวน ความรุนแรงของโรคและ Time of improvement ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาในครั้งนี้ แต่ขนาดของวิตามินดีที่ให้ต่ำกว่าของการศึกษาในครั้งนี้ครึ่งหนึ่ง (1000 IU/day ต่อ 2000 IU/day) และ Sidbury, R. ใช้ EASI score และ IGA เป็นตัวชี้วัด พบว่า เมื่อดูที่ EASI score แล้ว ทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน คือ mean change ของกลุ่มวิตามินดีและกลุ่มยาหลอกเท่ากับ -4.6 และ -2.2 ตามลำดับ (P= 0.40 (95%CI -8.4 to 3.7)) แต่ถ้าใช้ IGA เป็นตัวชี้วัดจะพบว่าวิตามินดีมีผลทำให้อาการทางคลินิกดีขึ้น ซึ่งอาจเป็นได้จากการให้ขนาดของวิตามินดีที่ต่ำเกินไปได้

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Javanbakht, M.H. [7] ซึ่งใช้ SCORAD เป็นตัวชี้วัดเช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ร้อยละของ improvement ของ Javanbakht, M.H. ต่ำกว่าของการศึกษาครั้งนี้ (ร้อยละ 34.8 ต่อ 55.8) และ Time of improvement ในการศึกษาของ Javanbakht, M.H. ยังมีเวลายาวนานกว่าการศึกษาครั้งนี้ (60 วัน ต่อ 28 วัน) อาจเป็นได้จาก กลุ่มตัวอย่างของ Javanbakht, M.H. เป็น Mild to severe แต่การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียง Mild to moderate และขนาดของวิตามินดีที่ให้ในการศึกษาของ Javanbakht, M.H. ก็ต่ำกว่าของการศึกษาครั้งนี้ ฉะนั้นนอกจากความรุนแรงของโรคที่มีผลกับผลการรักษาที่ดีขึ้น และระยะเวลาที่ดีขึ้นหลังการรักษาแล้ว ขนาดของวิตามินดีที่ให้ก็น่าจะมีผลด้วย

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลการรักษาของแต่ละงานวิจัยที่ผ่านมา

	Sidbury, R. [8]	Javanbakht, M.H. [7]	งานวิจัยครั้งนี้
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	11	45	20
ช่วงอายุ (ปี)	2-13 (ค่ามัธยฐาน=7)	13-45 (ค่าเฉลี่ย=25.95)	2-18 (ค่าเฉลี่ย=8.28)
ความรุนแรงของโรค	น้อย (คะแนน EASI 10 ถึง 18.6)	น้อยถึงรุนแรง (ค่าเฉลี่ยคะแนน SCORAD=34.2)	น้อยถึงปานกลาง (ค่าเฉลี่ยคะแนน SCORAD =19.5)
ขนาดของวิตามินดี (IU/day)	D2 1000	D3 1600	D2 2000
Day of improvement (วัน)	28	60	28
	คะแนน EASI: p= 0.40 (95%CI -8.4 ถึง 3.7)	SCORAD: ร้อยละ 34.8 (p=0.004)	SCORAD: ร้อยละ 55.8 (p=0.022)
ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น	-	-	<i>S. aureus</i> colonization: ร้อยละ 46.5 (p=0.028)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

จากการศึกษาพบว่า ระดับวิตามินดีในเลือดมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรค (เช่นเดียวกับการศึกษาของ Peroni, D.G. และคณะ ในปี ค.ศ. 2011 [9]) และจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r = -1.000$; $P = .000$) การพบความสัมพันธ์ระหว่างระดับวิตามินดีในเลือดกับความรุนแรงของโรคนั้นเป็นตามสมมติฐาน เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับผลของวิตามินดีต่อผิวหนังพบว่าวิตามินดีสามารถเพิ่ม cathelicidin expression ซึ่งสาร cathelicidin จะมีฤทธิ์ต้านเชื้อ (antimicrobial peptide) [6] ทำให้จำนวน *Staphylococcus aureus* colonization ลดลง จึงเห็นว่าผู้ป่วยที่มีระดับวิตามินดีในเลือดต่ำจะมีจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization มาก

สรุป การให้วิตามินดีเสริมทางปากในเด็กโรคผิวหนังแพ้ผิวหนังระดับน้อยถึงปานกลาง สามารถลดจำนวน *Staphylococcus aureus* colonization และทำให้อาการและอาการแสดงทางคลินิกดีขึ้น นอกจากนี้ ระดับวิตามินดีในเลือดที่ต่ำสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคที่มากขึ้น ดังนั้นอาจใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้การสนับสนุนทุนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Spergel, J.M. (2010, August). Epidemiology of atopic dermatitis and atopic march in children. *Immunol Allergy Clin North Am.* 30(3): 269-280.
- [2] Leung, DYM B.T. (2003, January). Atopic dermatitis. *Lancet.* 11(361): 151-160.
- [3] Mansoor, D.K.; & Sharma, H.P. (2011, April). Clinical presentations of food allergy. *Pediatr. Clin. North Am.* 58(2): 315-326
- [4] Palmer, C.N.A.; et al. (2006, April). Common loss of function variants of the epidermal barrier protein filaggrin are a major predisposing factor for atopic dermatitis. *Nat. Genet.* 38(4): 441-446.
- [5] Ong, P.Y.; & Leung, D.Y.M. (2010, August). The infectious aspects of atopic dermatitis. *Immunol Allergy Clin North Am.* 30(3): 309-321.
- [6] Hata, T.R.; et al. (2008, October). Administration of oral vitamin D induces cathelicidin production in atopic individuals. *J. Allergy Clin. Immunol.* 122(4): 829-831.
- [7] Javanbakht, M.H.; et al. (2011, June). Randomized controlled trial using vitamins E and D supplementation in atopic dermatitis. *J Dermatolog Treat.* 22(3): 144-150.
- [8] Sidbury, R.; et al. (2008, July). Randomized controlled trial of vitamin D supplementation for winter-related atopic dermatitis in Boston: a pilot study. *Br. J. Dermatol.* 159(1): 245-247.
- [9] Peroni, D.G.; et al. (2011, May). Correlation between serum 25-hydroxyvitamin D levels and severity of atopic dermatitis in children. *Br. J. Dermatol.* 164(5): 1078-1082.
- [10] Hanifin, J.M. (2001). *Defining atopic dermatitis and assessing its impact: seeking simplified, inclusive and internationally applicable criteria.* n.p.: Oregon.

- [11] Oranje, A.P. (2011). Practical issues on interpretation of scoring atopic dermatitis: SCORAD Index, objective SCORAD, patient-oriented SCORAD and Three-Item Severity score. *Curr. Probl. Dermatol.* 41: 149-155.
- [12] สมาคมแพทย์ผิวหนังแห่งประเทศไทย. (2554). แนวทางการดูแลรักษาโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง (*atopic dermatitis*). สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2554, จาก http://www.dst.or.th/news_details
- [13] Wisuthsarewong, W.; & Viravan, S. (2004, December). Diagnostic criteria for atopic dermatitis in Thai children. *J Med Assoc Thai.* 87(12): 1496-1500.
- [14] Kang, K. PA.; Nedorost, ST. SS.; Copper, K.D. (2000). *Atopic dermatitis*. Dermatology. 2nd ed. n.p.: Mosby.
- [15] Asher, M.I.; et al. (2006, August). Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet.* 368(9537): 733-743.

SWU6-1008: ปัจจัยทำนายการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาท ระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

FACTOR PREDICTING PHYSIOLOGICAL CHANGES OF CRITICALLY ILL NEUROSURGICAL PATIENTS IN THE FIRST SIX HOURS AFTER SURGERY

กรรณา ชุกิจ^{1*}, กรองไต่ อุณหสูต², เพ็ญจันทร์ เสรีวิวัฒนา³, ทวีศักดิ์ เอื้อบุญญาวัฒน์⁴

Karuna Shukij^{1*}, Krongdai Unhasutar², Penchun Sareewiwatthana³, Thaweesak Aurboonyawat⁴

¹ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹ Faculty of Nursing, Mahidol University, Thailand.

² ภาควิชาการพยาบาลศัลยกรรมศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

² Department of Surgical Nursing, Faculty of Nursing, Mahidol University, Thailand.

³ ภาควิชาการพยาบาลอายุรศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

³ Department of Medical Nursing, Faculty of Nursing, Mahidol University, Thailand.

⁴ ภาควิชาศัลยกรรมศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

⁴ Department of Surgery, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: Kshukij@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกหลังผ่าตัด กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดสมองที่ต้องเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมงหลังผ่าตัด จำนวน 100 ราย เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต และแบบประเมินการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงหลังผ่าตัด (Physiologic Derangement Score, PDS) ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมี PDS เฉลี่ย 2.61 คะแนน กลุ่มตัวอย่างได้รับการผ่าตัดบริเวณ supratentorial ร้อยละ 79 infratentorial ร้อยละ 21 มีโรคร่วมร้อยละ 46 ไม่มีโรคร่วมร้อยละ 54 ได้รับการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดถูกต้องครบถ้วนร้อยละ 75 ไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วนร้อยละ 25 ผลการศึกษาพบว่า ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด อย่างไรก็ตามผู้ปฏิบัติการพยาบาลยังคงต้องมีความรู้ในเรื่อง ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และให้การจัดการทางการพยาบาลอย่างถูกต้องเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ เพื่อป้องกันและลดการบาดเจ็บต่อสมองแบบทุติยภูมิ ซึ่งนำไปสู่ภาวะสมองขาดเลือดและสมองตาย ทำให้อัตราการเกิดภาวะพิการและการเสียชีวิตลดลงได้

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม การจัดการทางการพยาบาล

Abstract

This study was descriptive research, which aimed to examine certain predictive factors; location of surgery, comorbidity, and the nursing management of critically ill neurosurgical patients when looking for physiological changes in the first six hours after surgery. The samples consisted of 100 neurosurgical patients who underwent brain surgery and required a subsequent 6 hours of intensive care. The instruments for data collection consisted of demographic data records, assessment of the nursing management of critically ill neurosurgical patients, and an assessment of the physiological changes in critically ill neurosurgical patients in the first 6 hours after surgery. The results of the study revealed that the average physiological changes of the sample score was 2.61. The locations of surgery were supratentorial areas (79%) and infratentorial areas (21%). Fifty four percent of the samples were without comorbidity. Most of the sample received proper nursing management (75%). Location of surgery, comorbidity, and nursing management of critically ill neurosurgical patients did not correlate with physiological changes in the critically ill neurosurgical patients in the first 6 hours after surgery. There was no factor which could predict the physiological changes in the critically ill neurosurgical patients in the first six hours after surgery. Although this study found the location of surgery, comorbidity and nursing management of critically ill neurosurgical patients did not correlate with physiological changes of the critically ill neurosurgical patients in the first 6 hours after surgery, knowledge of the location of the surgery, comorbidity and proper nursing management of critically ill neurosurgical patients in the first 6 hours after surgery are necessary for nurses to control the normal physiological changes in critically ill neurosurgical patients in the first 6 hours after surgery, prevent and decrease secondary brain injuries that lead to cerebral ischemia and cerebral infarctions leading to disability and an increased mortality rate.

Keywords: Physiological change, Location of surgery, Comorbidity, Nursing management

บทนำ

ผู้ป่วยโรคระบบประสาทสมองที่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดในระยะเวลาวิกฤตต้องได้รับการเฝ้าระวังเป็นพิเศษเนื่องจากภาวะคุกคามชีวิต จากผลคงค้างของยาระงับความรู้สึกทั่วร่างกาย หรือจากความผิดปกติในการทำหน้าที่ของสมอง [1] นอกจากนี้ผู้ป่วยยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ไม่คงที่และมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนจากโรคและการผ่าตัด จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการช่วยชีวิตและติดตามอาการ [2] โดยอุบัติการณ์ของการเกิดภาวะแทรกซ้อนภายหลังผ่าตัดสมองในระยะ 24 ชั่วโมงแรกสูงถึงร้อยละ 54.5 [3] ซึ่งภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นในระยะ 6-24 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดสมองนี้เป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ป่วยมากกว่าภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นหลัง 24 ชั่วโมง [4] โดยเฉพาะผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด พบว่าเป็นระยะที่เกิดภาวะแทรกซ้อนที่มีความรุนแรงสูง ทั้งจากภาวะแทรกซ้อนทางระบบหายใจซึ่งทำให้เกิดภาวะเนื้อเยื่อพร่องออกซิเจน (hypoxia) ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทสมอง ภาวะช็อก ความพร่องทางระบบประสาทสมองที่เกิดขึ้นใหม่ และการที่ผู้ป่วยไม่ฟื้นคืนสติในระยะเวลาที่เหมาะสมภายหลังผ่าตัด [3, 5] โดยมิสาเหตุมาจากการมีเลือดออกในสมองภายหลังผ่าตัด [6-7] และภาวะสมองบวมทำให้เกิดภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง มีผลทำให้ความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมองลดลงจนเกิดภาวะสมองขาดเลือดและสมองตายได้ [8]

ภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ตอบสนองการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกจากยาระงับความรู้สึกทั่วร่างกายทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น [9] แต่ภาวะความดันโลหิตสูงในระยะที่ฟื้นตัวจากการผ่าตัดนี้อาจสัมพันธ์กับการเกิดภาวะเลือดออกในสมองภายหลังผ่าตัด [8, 10] ทำให้ผู้ป่วยต้องได้รับการทำผ่าตัดซ้ำภายหลังผ่าตัด [11] และมีอัตราการเกิดภาวะพิการและอัตราตายสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผู้ป่วยต้องได้รับการรักษาในโรงพยาบาลนานขึ้น และเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาสูงขึ้น [12] ทั้งนี้เพราะภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทสมองที่เลวลง ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการติดตามอาการและการบันทึกอย่างใกล้ชิดมากกว่า 6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด เพื่อเฝ้าระวังการเกิดภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง [13] โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ได้รับการทำผ่าตัดบริเวณ posterior fossa ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง [5]

จากสถิติผู้ป่วยโรคระบบประสาทสมองที่เข้ารับการผ่าตัดสมองของโรงพยาบาลศิริราชในปี พ.ศ. 2552 มีจำนวน 1,321 ราย ผู้ป่วยจำนวน 711 ราย ที่เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตภายหลังผ่าตัดสมอง คิดเป็นร้อยละ 53.8 ของผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดสมองทั้งหมด พบว่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่ยังไม่ฟื้นจากยาระงับความรู้สึกทั่วร่างกาย ยังไม่สามารถหายใจได้เองอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องพึ่งพาอุปกรณ์ในการช่วยหายใจ บางรายมีอาการหายใจล้มเหลวจากปัญหาของระบบหายใจหรือเกิดการบาดเจ็บจากการผ่าตัดบริเวณก้านสมองซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการหายใจ ความผิดปกติทางระบบประสาทที่เพิ่มขึ้นจากพยาธิสภาพของโรคและการบาดเจ็บจากการผ่าตัด ผู้ป่วยบางรายไม่ฟื้นจากยาระงับความรู้สึกภายในเวลาที่เหมาะสม ทำให้ต้องประเมินหาสาเหตุเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการแก้ไขอย่างรวดเร็ว ด้วยการประเมินอาการ การบันทึกและติดตามอาการอย่างใกล้ชิด (intensive monitor) ภายหลังผ่าตัด 6-24 ชั่วโมง (สถิติโรงพยาบาลศิริราช, 2552) จนกว่าผู้ป่วยจะมีสัญญาณชีพคงที่และมีระดับความรู้สึกตัวดีขึ้นหรือเทียบเท่ากับระดับความรู้สึกตัวก่อนผ่าตัด

จากการศึกษาของ Ziai, Varelas, Zeger, Mirski และ Ulatowski [14] ในผู้ป่วยภายหลังผ่าตัดสมองในระยะ 24 ชั่วโมงแรก พบว่า มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและการเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทสมองที่เลวลง นอกจากนี้ Pfister, Strebel และ Steiner [15] ได้ศึกษาพบว่าการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดในหอผู้ป่วยวิกฤต ช่วยให้สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทสมองและดูแลรักษาได้อย่างรวดเร็ว เป็นการป้องกันและลดการบาดเจ็บต่อสมองแบบทุติยภูมิ (secondary neurological injury) ซึ่งนำไปสู่ภาวะสมองขาดเลือดและสมองตายมากขึ้น

การป้องกันการเกิดภาวะสมองขาดเลือดของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต สามารถทำได้โดยการรักษาระดับของค่าความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมอง (Cerebral perfusion pressure) [16] ให้อยู่ในระดับ 50-70 มม.ปรอท [17] จากค่าปกติ 75-80 มม.ปรอท [18] แต่ความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมองขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญสองประการคือ การมีความดันโลหิตที่เพียงพอ และการควบคุมความดันในกะโหลกศีรษะให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 20 mm.Hg [19-20] ความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมองที่ยอมรับว่าสามารถทำให้มีเลือดไปเลี้ยงสมองได้อย่างเพียงพอสามารถประเมินได้โดยตรงจากผลต่างของความดันในกะโหลกศีรษะกับความดันเลือดแดงเฉลี่ย แต่การวัดความดันในกะโหลกศีรษะจำเป็นต้องใส่อุปกรณ์เข้าไปภายในสมอง (ICP monitoring) ซึ่งการทำหัตถการนี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดเลือดออกและการติดเชื้อในสมอง ไม่ได้เป็นข้อบ่งชี้สำหรับผู้ป่วยภายหลังผ่าตัดสมองทุกราย [20] ดังนั้นจึงต้องประเมินความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมองจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางสรีรวิทยา [21] ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดแดงเฉลี่ย (Mean arterial pressure), PaO₂, PaCO₂, Hydrogen ions (pH) และ Cerebral metabolic rate (CMR) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวหรือหดตัวของหลอดเลือดและความต้องการออกซิเจนที่ส่งผลทำให้สมองขาดออกซิเจนและสมองตาย [22]

จากการศึกษาของ Naidech และคณะ [23] พบว่า การประเมินความดันโลหิต การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจน ระดับน้ำตาลในเลือด และค่าความเป็นกรดในเลือด สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการผ่าตัดสมองและการเกิดภาวะสมองขาดเลือดได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าความผิดปกติของการกำซาบเนื้อเยื่อสมอง (Abnormal brain perfusion) ความพร่องในการขนส่งออกซิเจน (Impaired oxygen delivery) เลือดเป็นกรด (Acidaemia) และน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่มีผลทำให้เนื้อเยื่อสมองได้รับบาดเจ็บเพิ่มขึ้นภายหลังการผ่าตัด 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้เพราะผู้ป่วยมีการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเสียเลือดและน้ำ และตอบสนองต่อการฟื้นตัวจากยาระงับความรู้สึก [8, 22] ซึ่งเป็นสิ่งรบกวนการทำงานต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดทำให้ผู้ป่วยมีความดันโลหิตสูง และอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้น [22] โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดด้านระบบหัวใจและหลอดเลือด หรือผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจางจากการสูญเสียเลือดในขณะผ่าตัดทำให้ออกซิเจนที่ไปเลี้ยงสมองลดลง กระบวนการเผาผลาญของร่างกาย ระดับน้ำตาลในเลือด การเกิดแลคเตตและภาวะกรดขึ้นในเนื้อเยื่อสมอง (brain tissue acidosis) ทำให้ blood brain barrier ในสมองถูกทำลาย เป็นผลให้เกิดภาวะสมองบวมจากการรั่วของสารโมเลกุลใหญ่และน้ำออกมาอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ ส่งผลให้ความดันในกะโหลกศีรษะสูงขึ้น [24-25] นำไปสู่การเกิดภาวะสมองขาดเลือดและสมองตายทำให้เกิดความพิการและการเสียชีวิตได้ [22]

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ได้แก่ ตำแหน่งของการผ่าตัด [5, 26-27] ภาวะโรคร่วม [27-30] และการจัดการทางการพยาบาลเพื่อลดความดันในกะโหลกศีรษะและคงระดับความดันการกำซาบเนื้อเยื่อสมอง [17] นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านอาการปวดแผลผ่าตัดซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตภายหลังผ่าตัด [22] อย่างไรก็ตามผู้ป่วยในระยะ 24 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดจะได้รับการควบคุมอาการปวดด้วยยาฉีดทางหลอดเลือดดำอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้มีอาการปวดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังผ่าตัด [3] ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดว่าสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดได้หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาสามารถบอกถึงการไหลเวียนเลือดในสมองและการกำซาบเป็นไปได้อย่างเพียงพอ ซึ่งเป็นการป้องกันภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง การบาดเจ็บของสมองแบบทุติยภูมิ ภาวะแทรกซ้อนที่อันตรายของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต ผลจากการศึกษาและวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้วางแผนในการให้การพยาบาลได้อย่างครอบคลุม มีการเฝ้าระวังอย่างเป็นระบบ ช่วยในการวินิจฉัยภาวะผิดปกติของผู้ป่วยได้ก่อนที่จะเกิดภาวะสมองขาดเลือด ป้องกันการสูญเสียหน้าที่ของสมองและสมองตาย ลดอัตราการเกิดความพิการและอัตราการตาย ทำให้ผลลัพธ์ของการรักษาพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม การจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด
2. เพื่อศึกษาอำนาจการทำนายการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดจาก ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม การจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล Siriraj Institutional Review Board (SiRB) ประชากรในการศึกษานี้คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดสมองที่ต้องเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง 6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด ที่หอผู้ป่วยไอ.ซี.ยู. ประสาทศัลยศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราช จำนวน 100 ราย โดยมีคุณลักษณะ คือ มีอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 18 ปี มีระดับ Glasgow Coma Scale (GCS) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 หรือ เป็นผู้ป่วยที่ใส่ท่อช่วยหายใจหรือถอดท่อช่วยหายใจจากห้องผ่าตัดมาไม่เกิน 2 ชั่วโมง หรือเป็นผู้ป่วยที่ต้องพึ่งพาเครื่องช่วยหายใจ โดยทำการบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยในระยะ 6 ชั่วโมงแรก ภายหลังผ่าตัดสมองตั้งแต่แรกรับจากห้องผ่าตัดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ในแบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินการจัดการทางการแพทย์ของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด และแบบประเมินการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการแพทย์ของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด และวิเคราะห์อำนาจการทำนายของตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการแพทย์ของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรก ภายหลังผ่าตัดต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล (n = 100)

ข้อมูลส่วนบุคคล	ร้อยละ
อายุ	
- อายุ 18-30 ปี	5
- อายุ 31-40 ปี	7
- อายุ 41-50 ปี	31
- อายุ 51-60 ปี	31
- อายุ 60-87 ปี	26
พิสัย 18-87 ปี ค่าเฉลี่ย 53.04 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.15 ปี	
เพศ	
- ชาย	33
- หญิง	67
สถานภาพสมรส	
- โสด	20
- คู่	67
- หม้าย/หย่า/แยก	13

ตารางที่ 1 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล (n = 100) (ต่อ)

ข้อมูลส่วนบุคคล	ร้อยละ
ระดับการศึกษา	
- ไม่ได้รับการศึกษา	9
- ประถมศึกษา	40
- มัธยมศึกษา	22
- ปริญญาตรี	25
- ปริญญาโท หรือสูงกว่า	4
อาชีพ	
- ไม่ได้ประกอบอาชีพ	41
- เกษตรกร	11
- รับจ้าง	12
- รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	24
- ธุรกิจส่วนตัว	12
ชนิดของโรค	
- Tumor	87
- Vascular	11
- Other	2

ตารางที่ 2 ร้อยละของตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด (n = 100)

ตัวแปร	ร้อยละ
ตำแหน่งของการผ่าตัด	
- Supratentorial	79
- Infratentorial	21
ภาวะโรคร่วม	
มีโรคร่วม	
- เบาหวาน	5
- ความดันโลหิตสูง	22
- โรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง	5
- โรคหัวใจ	2
- โรคปอด	2
- โรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ	1
- โรคความดันโลหิตสูงและโรคไขมันในเลือดสูง	3
- โรคไขมันในเลือดสูง	4
- โรคไตเรื้อรัง	2

ตัวแปร	ร้อยละ
ไม่มีโรคร่วม	54
การจัดการทางการแพทย์	
- ปฏิบัติถูกต้อง	75
- ปฏิบัติไม่ถูกต้อง	25
- ปฏิบัติไม่ครบถ้วน	23
- ไม่ได้ปฏิบัติ	2

ตารางที่ 3 ร้อยละของผู้ป่วยจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (PDS) ในระยะแรกรับจากห้องผ่าตัดและ 6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด

คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา	แรกรับจากห้องผ่าตัด	6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด
การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ในระดับ 0-2 คะแนน	27	38
การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ในระดับ 3-8 คะแนน	73	62

ตารางที่ 4 พิสัย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

การเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยา	แรกรับจากห้องผ่าตัด		6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด		P-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
PDS	3.5	2.02	2.61	1.91	0.000
- MAP	98.44	13.36	88.94	10.93	0.000
- (A-a)DO ₂	223.30	127.17	180.53	124.92	0.001
- Blood glucose	195.08	56.96	167.84	42.22	0.000
- HCO ₃ ⁻	23.26	2.58	23.57	2.89	0.288

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม การจัดการทางการแพทย์ผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด (Spearman Correlation) (n = 100)

ตัวแปร	1	2	3	4
1. ตำแหน่งของการผ่าตัด		-0.066	-0.146	0.019
2. ภาวะโรคร่วม			-0.066	0.059
3. การจัดการทางการแพทย์				0.000
4. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา				

สรุปและอภิปรายผล

จากตารางที่ 5 พบว่า ในการศึกษาครั้งนี้ ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการแพทย์ของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตำแหน่งของการผ่าตัด จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการผ่าตัดในบริเวณ supratentorial และ infratentorial เป็นผลจากการมีเลือดออกในตำแหน่งที่ได้รับการผ่าตัด และภาวะสมองบวม [6, 31] การมีเลือดออกในตำแหน่งของ infratentorial ซึ่งเป็นบริเวณที่ควบคุมการหายใจทำให้เกิดภาวะหายใจล้มเหลว ผลจากการกดศูนย์การหายใจทำให้เกิดภาวะเนื้อเยื่อพร่องออกซิเจนและมีการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ [32-33] การศึกษาของ Gottschalk และคณะ [34] พบว่า วันแรกภายหลังการผ่าตัดบริเวณ infratentorial ผู้ป่วยจะมีการปวดมากกว่าผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดบริเวณ supratentorial ($P = 0.015$) ทั้งในขณะที่พักและมีการเคลื่อนไหว ซึ่งอาการปวดแผลภายหลังผ่าตัดทำให้ผู้ป่วยมีความดันโลหิตสูงขึ้นและมีความเสี่ยงต่อการเกิดเลือดออกในสมองภายหลังผ่าตัด [35] ในขณะที่ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดบริเวณ supratentorial มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการชักได้บ่อยกว่าการผ่าตัดบริเวณ infratentorial เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่รบกวนบริเวณเปลือกสมอง [36] ผลจากการชักจะกระตุ้นระบบหัวใจและหลอดเลือดทำให้ความดันโลหิตสูง [37] ผลต่อทางเดินหายใจทำให้หายใจลำบาก ประสิทธิภาพในการไอและการขับเสมหะลดลงเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเนื้อเยื่อพร่องออกซิเจนและมีการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ [38-39] แต่ในการศึกษานี้ไม่มีผู้ป่วยรายใดเกิดภาวะเลือดออกในสมองซ้ำในระยะ 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ผู้ป่วยที่มีภาวะสมองบวมได้รับการรักษาต่อเนื่องจากห้องผ่าตัดทั้งการให้ยาลดสมองบวม การเฝ้าระวังความดันในกะโหลกศีรษะสูงด้วยการติดตามและบันทึกความดันในกะโหลกศีรษะ (ICP monitoring) นอกจากนี้ผู้ป่วยยังได้รับการเฝ้าระวังและป้องกันการเกิดภาวะหายใจล้มเหลวภายหลังผ่าตัดอย่างใกล้ชิดในหอผู้ป่วยวิกฤต โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดบริเวณ infratentorial จะยังคงใส่ท่อช่วยหายใจและเครื่องช่วยหายใจต่อภายหลังผ่าตัดจนกว่าผู้ป่วยจะหายใจเองได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงจะถอดท่อช่วยหายใจออก การควบคุมอาการปวดภายหลังผ่าตัดด้วยการใช้ protocol ในการให้ยาระงับอาการปวดให้กับผู้ป่วยทำให้สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอันเกิดจากอาการปวด ได้แก่ ความดันโลหิต รวมทั้ง stress response ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ [40]

นอกจากนั้นในปัจจุบันเทคนิคในการผ่าตัดมีความก้าวหน้า การทำผ่าตัดมีอุปกรณ์ช่วยในการนำทางเพื่อเข้าถึงตำแหน่งของการผ่าตัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งเทคนิคในการผ่าตัดแบบ minimally invasive neurosurgery ได้แก่ Navigator (Image guided surgery) เป็นเครื่องมือคอมพิวเตอร์ที่จับบอกตำแหน่งต่างๆ ของสมองที่จะทำการผ่าตัดโดยแสดงภาพให้เห็นบนจอมอนิเตอร์ โดยเครื่องมือนี้จะช่วยให้ประสาทศัลยแพทย์ทำการผ่าตัดได้อย่างแม่นยำและปลอดภัยยิ่งขึ้น ไม่ว่าเป้าหมายที่ต้องการผ่าตัดจะมีขนาดเล็กหรืออยู่ในสมองส่วนลึก Endoscope เป็นกล้องผ่าตัดที่เป็นท่อซึ่งมีเลนส์อยู่ที่ปลายสามารถนำแสงผ่านท่อนี้ ช่วยให้การมองเห็นในจุดที่ลึกในสมองชัดเจนขึ้น และแผลผ่าตัดจะมีขนาดเล็กมาก ทำให้มีการกระทบกระเทือนต่อเนื้อเยื่อสมองลดลง Microsurgery การผ่าตัดโดยอาศัยกล้องผ่าตัด ซึ่งมีแสงสว่างส่องเข้าไปช่วยในการมองเห็นที่ลึกได้ชัดเจนและเป็นภาพขยาย ทำให้ผลของการผ่าตัดดีมากขึ้นกว่าการผ่าตัดโดยตาเปล่า เทคนิคการผ่าตัดดังกล่าวช่วยลดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อสมองซึ่งทำให้ปฏิกิริยาตอบสนองต่อการบาดเจ็บจากการผ่าตัดลดลง การเกิดภาวะสมองบวมภายหลังผ่าตัดจึงลดลงด้วย [41-43] จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้ในการศึกษานี้ตำแหน่งของการผ่าตัดไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

ภาวะโรคร่วม ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ภาวะโรคร่วมไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด ต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า โรคร่วมที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตภายหลังผ่าตัด ได้แก่

- โรคเบาหวาน มีความสัมพันธ์กับระดับน้ำตาลในเลือดภายหลังผ่าตัด การศึกษาของ McGirt และคณะ [29] ในผู้ป่วยหลังผ่าตัด Stereotactic biopsy พบว่า ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า 200 mg/dl และมีอัตราการเกิดความพิการสูงกว่าผู้ป่วยที่ไม่ได้เป็นเบาหวาน ($P=0.01$)

- โรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตภายหลังผ่าตัดสมอง การศึกษาของ Sansur และคณะ [30] ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด Stereotactic biopsy พบว่า ผู้ป่วยที่มีประวัติเป็นโรคความดันโลหิตสูงที่ได้รับรักษาภาวะความดันโลหิตสูงไม่เพียงพอ หรือขาดการควบคุมความดันโลหิตอย่างสม่ำเสมอทำให้มีระดับความดันโลหิตที่ไม่คงที่ภายหลังผ่าตัดและเป็นปัจจัยที่ทำให้มีเลือดออกในสมองภายหลังผ่าตัด ($P = 0.007$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gorgulho, De Salles, Frighetto และ Behnke [44] ในผู้ป่วยภายหลังผ่าตัด functional neurosurgery จำนวน 248 ราย พบว่า มีผู้ป่วย 5 รายที่เกิดเลือดออกในสมองภายหลังผ่าตัดโดยพบว่าภาวะความดันโลหิตสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญ ($P = 0.011$)

- โรคหัวใจหรือกลุ่มอาการของโรคหัวใจ มีความสัมพันธ์กับการไหลเวียนเลือดไปที่ปอด (Pulmonary circulation) ทำให้มีความผิดปกติของการแลกเปลี่ยนก๊าซ และการไหลเวียนเลือดไปสู่ระบบต่างๆ ของร่างกาย (Systemic circulation) ซึ่งต้องใช้แรงบีบตัวของหัวใจในการส่งเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิต [45] จากการศึกษาของ Christians, Wu, Quebbeman และ Brasel [46] พบว่า ผู้ป่วยที่เกิด Atrial fibrillation ในระยะ 24 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดเป็นผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจหรือกลุ่มอาการของโรคหัวใจร่วมด้วยถึงร้อยละ 67 ในขณะที่เกิด Atrial fibrillation พบว่าค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน (O_2 saturation) ต่ำกว่า 92 และมีความดัน Systolic ต่ำกว่า 90 mm.Hg การศึกษาบททวนของ Neema, Sethuraman, Singha และ Rathod [47] พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิด myocardial infarction ในผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตภายหลังการผ่าตัดสมองคือการมีโรคหัวใจหรือกลุ่มอาการของโรคหัวใจร่วมด้วย ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มีความเสี่ยงที่เกิดภาวะหัวใจล้มเหลวได้หากได้รับสารน้ำในปริมาณมาก เป็นผลให้ความดันโลหิตต่ำ ปริมาณออกซิเจนในร่างกายลดลง ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขจะทำให้เกิด cardiogenic shock ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิต

- โรคปอดเรื้อรัง เป็นโรคที่มีพยาธิสภาพตั้งแต่หลอดลมไปจนถึงเนื้อปอดจึงทำให้มีปัญหาการอุดกั้นทางเดินหายใจจากเสมหะที่เพิ่มขึ้นและปัญหาการแลกเปลี่ยนก๊าซนำไปสู่การเกิดภาวะเนื้อเยื่อพร่องออกซิเจน (hypoxia) ซึ่งตรวจพบได้จากการเปลี่ยนแปลงของก๊าซในเลือดแดงที่ PaO_2 จะลดลง และ $PaCO_2$ สูงขึ้น [48] จากการศึกษาของ Sogame และคณะ [27] เกี่ยวกับภาวะแทรกซ้อนของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัดสมองพบว่าผู้ป่วยที่มีปอดแฟบ ปอดอักเสบ และหายใจล้มเหลว มีความสัมพันธ์กับการเป็นโรคปอดเรื้อรังอยู่ก่อนผ่าตัด ($p = 0.004$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาบททวนของ Fisher, Majumdar, และ McAlister [49] ที่พบว่า ผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดเรื้อรังอยู่ก่อนผ่าตัด เป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนของระบบทางเดินหายใจได้ภายหลังผ่าตัด ($p = 0.001$)

นอกจากนั้นการศึกษาของ Magni และคณะ [3] พบว่า ผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตภายหลังผ่าตัดที่มีความรุนแรงของโรคร่วมสูงมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนของระบบทางเดินหายใจที่ทำให้มี PaO_2 น้อยกว่า 90 mm.Hg, $PaCO_2$ มากกว่า 45 mm.Hg และมีระดับของความดันโลหิตที่สูงหรือต่ำกว่าค่าพื้นฐาน ($P < .01$) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ภาวะโรคร่วมไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 99 เป็นผู้ป่วยที่เข้า

พักในโรงพยาบาลก่อนผ่าตัด 1 ถึง 2 วัน (elective case) ซึ่งจะได้รับการเตรียมความพร้อม ได้แก่ การตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อดูความสมดุลของสารน้ำและอิเล็กโทรลัยท์ในร่างกาย รวมทั้งการประเมินโรคร่วมก่อนการผ่าตัดว่าอยู่ในภาวะสงบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะแทรกซ้อนภายหลังผ่าตัด นอกจากนี้การเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดภายหลังผ่าตัดในหอผู้ป่วยวิกฤต การควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยการใช้ protocol เพื่อควบคุมอาการปวด การให้ยาลดความดันโลหิตอย่างต่อเนื่องทางหลอดเลือดดำ รวมทั้งการศึกษาของแพทย์วิสัญญีในการให้ยาลดความดันโลหิตก่อนการถอดท่อช่วยหายใจในห้องผ่าตัด การควบคุมระดับน้ำตาลให้เลือดให้อยู่ในระดับ 80-180 mg/dl โดยมีการตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (POCT: glucose) ตั้งแต่แรกรับจากห้องผ่าตัด ทุก 6 ชั่วโมงภายหลังผ่าตัด และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้ protocol ในการให้อินซูลินฉีดเข้าใต้ผิวหนังเมื่อระดับน้ำตาลเกินเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับผู้ป่วยที่มีประวัติเป็นโรคเบาหวานจะได้รับการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดโดยแพทย์หน่วยระบบไร้ท่อโดยตรง ซึ่งจะได้รับการปรึกษาตั้งแต่ก่อนผ่าตัดและดูแลต่อเนื่องจนถึงระยะหลังผ่าตัด และการบันทึกติดตามสัญญาณชีพ oxygen saturation, end tidal CO₂ แบบ real time รวมทั้งการประเมินค่า Arterial blood gas ตั้งแต่แรกรับทำให้ผู้ป่วยได้รับการป้องกันและแก้ไขความผิดปกติที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการศึกษานี้จึงพบว่าภาวะโรคร่วมไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

การจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

จากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าการจัดการทางการพยาบาลมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤตโดย การจัดทำนอนศีรษะสูง 30 องศา เป็นท่าที่ทำให้ความดันในกะโหลกศีรษะลดลง [50-51] จึงส่งเสริมให้มีการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงสมองได้ดีขึ้น การลดการกระตุ้นในช่องอกโดยการดูดเสมหะอย่างถูกวิธี และปฏิบัติเมื่อมีข้อบ่งชี้จะช่วยลดความดันในช่องอกทำให้มีการไหลเวียนเลือดจากสมองกลับสู่หัวใจได้สะดวกขึ้น [52] นอกจากนี้การศึกษาของ Gemma และคณะ [53] พบว่า ในขณะที่ทำการดูดเสมหะความดันในกะโหลกศีรษะสูงขึ้น (P = 0.003) เป็นผลให้การไหลเวียนเลือดไปสู่สมองลดลงซึ่งอาจทำให้เซลล์สมองตายได้ และยังทำให้ความดันเลือดแดงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเนื่องจากการตอบสนองของร่างกายต่อการกระตุ้น อย่างไรก็ตามการดูดเสมหะที่ถูกวิธีจะส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดีขึ้น ออกซิเจนไปเลี้ยงสมองได้ดีขึ้น ภายหลังการดูดเสมหะ [54] แต่ในการศึกษานี้การจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดมีเหตุผลที่สามารถอธิบายได้คือ ผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดได้รับการจัดการทางการพยาบาลอย่างถูกต้องครบถ้วนถึงร้อยละ 75 ส่วนอีกร้อยละ 25 ถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดการทางการพยาบาลไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วนแต่มีระดับคะแนนการจัดการทางการพยาบาลที่ค่อนข้างสูงคือปฏิบัติได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด เนื่องจากในหอผู้ป่วยที่ทำการศึกษามีแนวปฏิบัติในการดูแลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดอย่างชัดเจน รวมทั้งพยาบาลในหน่วยงานมีสมรรถนะในการดูแลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทในระยะวิกฤตโดยเฉพาะและตระหนักถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต ทำให้ผู้ป่วยได้รับการจัดการทางการพยาบาลอย่างรวดเร็วเมื่อพบความผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fernandez และ Griffiths [55] ในการประเมินและบันทึกสัญญาณชีพของผู้ป่วยในระยะ 24 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดพบว่าผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณชีพที่ผิดปกติได้รับการจัดการทางการพยาบาลอย่างรวดเร็วและเหมาะสม ผู้ป่วยปลอดภัยจากการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติทำให้สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัด

ถึงแม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่า ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และการจัดการทางการพยาบาลผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดก็ตาม เนื่องจากผู้ป่วยได้รับการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด มีการป้องกันและแก้ไขการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นทันทีที่ออกจากห้องผ่าตัด ดังนั้นผู้ปฏิบัติการพยาบาลยังคงต้องมีความรู้ในเรื่อง ตำแหน่งของการผ่าตัด ภาวะโรคร่วม และให้การจัดการทางการพยาบาลอย่างถูกต้องเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผู้ป่วยศัลยกรรมประสาทระยะวิกฤต 6 ชั่วโมงแรกภายหลังผ่าตัดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ เป็นการป้องกันและลดการบาดเจ็บต่อสมองแบบทุติยภูมิ (secondary brain injury) ซึ่งนำไปสู่ภาวะสมองขาดเลือดและสมองตาย ทำให้อัตราการเกิดความพิการและการเสียชีวิตลดลงได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ropper, A.H.; et al. (2004). *Neurological and neurosurgical intensive care*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [2] Hickey, J.V. (2003). *The clinical practice of neurological and neurosurgical nursing*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [3] Magni, G.; et al. (2007). Early postoperative complications after intracranial surgery. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 19(4): 229-234.
- [4] Zetterling, M.; & Ronne-Engstrom, E. (2004). High intraoperative blood loss may be a risk factor for postoperative hematoma. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 16: 151-155.
- [5] Kaakaji, W.; et al. (2001). Clinical and economic consequences of early discharge of patients following supratentorial stereotactic brain biopsy. *Journal of Neurosurgery*. 94: 892-898.
- [6] Gerlach, R.; et al. (2009). Hemostatic and hemorrhagic problems in neurosurgical patients. *Acta Neurochirurgica*. 151: 873-900.
- [7] Warnick, R.E.; et al. (2003). Postoperative management of patients after stereotactic biopsy: Results of a survey of the AANS/CNS section on tumors and a single institution study. *Journal of Neuro-Oncology*. 62: 289-296.
- [8] Bruder, N.; et al. (2002). Cerebral hyperemia during recovery from general anesthesia in neurosurgical patients. *Anesthesia & Analgesia*. 94(3): 650-654.
- [9] Kan, P.; & Couldwell, W. (2006). Posterior fossa brain tumors and arterial hypertension. *Neurosurgical Review*. 29(4): 265-269.
- [10] Tondon, A.; & Mahapatra, A.K. (2004). Supratentorial intracerebral hemorrhage following infratentorial surgery. *Journal of Clinical Neuroscience*. 11(7): 762-765.
- [11] Chernov, M.F.; & Ivanov, P.I. (2007). Urgent reoperation for major regional complications after removal of intracranial tumors: Outcome and prognostic factors in 100 consecutive cases. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 47: 243-249.
- [12] Naidech, A.; et al. (2009). Medical complications drive length of stay after brain hemorrhage: A cohort study. *Neurocritical Care*. 10(1): 11-19.

- [13] Himmelseher, S.; & Pfenninger, E. (2001). Anaesthetic management of neurosurgical patients. *Current Opinion in Anaesthesiology*. 14(5): 483-490.
- [14] Ziai, W.C.; et al. (2003). Neurologic intensive care resource use after brain tumor surgery: An analysis of indications and alternative strategies. *Critical Care Medicine*. 31(12): 2782-2787.
- [15] Pfister, D.; Strebel, S.P.; & Steiner, L.A. (2007). Postoperative management of adult central neurosurgical patients: Systemic and neuro-monitoring. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 21(4): 449-463.
- [16] Kinoshita, K.; et al. (2006). Importance of cerebral perfusion pressure management using cerebrospinal drainage in severe traumatic brain injury. In *Brain Edema XIII*. pp. 37-39. New York: Springer.
- [17] American Association of Neuroscience Nurses. (2008). *Nursing management of adults with severe traumatic brain injury*. Retrieved February 2, 2010, from <http://www.aann.org/pubs/guidelines.html>
- [18] Vespa, P. (2003). What is the optimal threshold for cerebral perfusion pressure following traumatic brain injury?. *Neurosurgical FOCUS*. 15(6): 1-5.
- [19] นันทศักดิ์ ทิศาวิภาต. (2543). การดูแลผู้ป่วยหนักทางศัลยกรรมสมอง. ใน *Current concepts in critical care 2000*. สุณีรัตน์ คงเสรีพงศ์; และ สุขชัย เจริญรัตน์กุล, บรรณาธิการ. หน้า 640-656. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [20] ศรีณย์ นันทอารี. (2552). Increase intracranial pressure. ใน *Perioperative critical care*. 2nd ed. สุณีรัตน์ คงเสรีพงศ์; และคนอื่นๆ, บรรณาธิการ. หน้า 479-493. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- [21] Edouard, A.R.; et al. (2005). Non-invasive assessment of cerebral perfusion pressure in brain injured patients with moderate intracranial hypertension. *British Journal of Anaesthesia*. 94(2): 216-221.
- [22] Tolani, K.A.; & Bendo, A.A. (2007). Prevention and treatment of homeostatic disorders after central neurosurgical procedure. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 21(4): 539-556.
- [23] Naidech, A.M.; et al. (2006). Acute physiological derangement is associated with early radiographic cerebral infarction after subarachnoid haemorrhage. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 77: 1340-1344.
- [24] Josephson, L. (2004). Management of increased intracranial pressure: A primer for the non-neuro critical care nurse. *Dimensions of Critical Care Nursing*. 23(5): 194-207.
- [25] Paolino, A.S.; & Garner, K.M. (2005). Effects of hyperglycemia on neurologic outcome in stroke patients. *Journal of Neuroscience Nursing*. 37(3): 130-135.
- [26] Iversen, B.N.; Rasmussen, M.; & Cold, G.E. (2008). The relationship between intracranial pressure and the degree of brain swelling in patients subjected to infratentorial surgery. *Acta Neurochirurgica*. 150(4): 337-344.
- [27] Sogame, L.C.M.; et al. (2008). Incidence and risk factors for postoperative pulmonary complications in elective intracranial surgery. *Journal of Neurosurgery*. 109: 222-227.

- [28] Ferguson, S.; & Macdonald, R.L. (2007). Predictors of cerebral infarction in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery*. 60(4): 658-667.
- [29] McGirt, M.J.; et al. (2005). Independent predictors of morbidity after image-guided stereotactic brain biopsy: A risk assessment of 270 cases. *Journal of Neurosurgery*. 102(5): 897-901.
- [30] Sansur, C.A.; et al. (2007). Incidence of symptomatic hemorrhage after stereotactic electrode placement. *Journal of Neurosurgery*. 107(5): 998-1003.
- [31] Rasmussen, M.; Bundgaard, H.; & Cold, G.E. (2004). Craniotomy for supratentorial brain tumors: Risk factors for brain swelling after opening the dura mater. *Journal of Neurosurgery*. 101(4): 621-626.
- [32] Naik, T.K.; & Soo Hoo, G.W. (2009). *Pulmonary edema, neurogenic*. Retrieved May 5, 2010, from <http://emedicine.medscape.com/article/300813-overview>
- [33] Procaccio, F.; et al. (2000). Complications of brain stem surgery: Prevention and treatment. *Operative Techniques in Neurosurgery*. 3(2): 155-157.
- [34] Gottschalk, A.; & Yaster, M. (2007). Pain Management After Craniotomy. *Neurosurgery Quarterly*. 17(1): 64-73.
- [35] Verchere, E.; et al. (2002). Postoperative Pain Management After Supratentorial Craniotomy. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 14(2): 96-101.
- [36] Sperling, M.R.; & Ko, J. (2006). Seizures and brain tumors. *Seminars in Oncology*. 33(3): 333-341.
- [37] Sevcencu, C.; & Struijk, J.J. (2010). Autonomic alterations and cardiac changes in epilepsy. *Epilepsia*. 51(5): 725-737.
- [38] Devinsky, O. (2004). Effects of seizures on autonomic and cardiovascular function. *Epilepsy Currents*. 4(2): 43-46.
- [39] Baumgarther, C.; Lurger, S.; & Leutmezer, F. (2001). Autonomic symptoms during epileptic seizures. *Epileptic Disorders*. 3(3): 103-116.
- [40] Giannoudisa, P.V.; et al. (2006). Surgical stress response. *International Journal of The Care of The Injured*. 37S: S33–S39.
- [41] Jung, T.Y.; et al. (2006). Application of neuronavigation system to brain tumor surgery with clinical experience of 420 cases. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 49(4): 210-215.
- [42] Lekovic, G.P. (2005). The history and future of neuroendoscopy. *Operative Techniques in Neurosurgery*. 8(4): 171-220.
- [43] Nakao, N.; Nakai, K.; & Itakura, T. (2003). Updating of neuronavigation based on images intraoperatively acquired with a mobile computerized tomographic scanner: Technical Note. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 46(5): 117-120.
- [44] Gorgulho, A.; et al. (2005). Incidence of hemorrhage associated with electrophysiological studies performed using macroelectrodes and microelectrodes in functional neurosurgery. *Journal of Neurosurgery*. 102(5): 888-896.
- [45] Klabunde, R.E. (2005). *Cardiovascular physiology concepts*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- [46] Christians, K.K.; et al. (2001). Postoperative atrial fibrillation in noncardiothoracic surgical patients. *The American Journal of Surgery*. 182(6): 713-715.
- [47] Neema, P.K.; et al. (2008). Perioperative myocardial infarction in neurosurgical patients: Management issue. *SAARC Journal of Anaesthesia*. 1(1); 50-57.
- [48] Rennard, S.I. (2008). *Clinical management of chronic obstructive pulmonary disease*. 2nd ed. New York: Informa Healthcare.
- [49] Fisher, B.W.; Majumdar, S.R.; & McAlister, F.A. (2002). Predicting pulmonary complications after nonthoracic surgery: a systematic review of blinded studies. *The American Journal of Medicine*. 112(3): 219-225.
- [50] Moraine, J.J.; Berre, J.; & Melot, C. (2000). Is cerebral perfusion pressure a major determinant of cerebral blood flow during head elevation in comatose patients with severe intracranial lesions? *Journal of Neurosurgery*. 92(4): 606-614.
- [51] Ng, I.; Lim, J.; & Wong, H.B. (2004). Effects of head posture on cerebral hemodynamics: Its influences on intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, and cerebral oxygenation. *Neurosurgery*. 54(3): 593-598.
- [52] Dunn, L.T. (2002). Raised intracranial pressure. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 73(suppl 1): i23-i27.
- [53] Gemma, M.; et al. (2002). Intracranial effects of endotracheal suctioning in the acute phase of head injury. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 14(1): 50-54.
- [54] The Joanna Briggs Institute. (2000). Tracheal suctioning of adults with an artificial airway. *Best Practice: Evidence based practice information sheets for health professionals*. 4(4): 1-6.
- [55] Fernandez, R.; & Griffiths, R. (2005). A comparison of an evidence based regime with the standard protocol for monitoring postoperative observation: A randomized controlled trial. *Australian Journal of Advanced Nursing*. 23(1): 15-21.

SWU6-1017: การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรีย ก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบได้บ่อย

THE *in vitro* STUDY OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF UNRIPE BANANA PEELS EXTRACTS AGAINST BACTERIA CAUSING ACNE VULGARIS AND COMMON SKIN INFECTIONS

นธิ ตั้งศิริทรัพย์^{1*}, มาลัย ทวีโชติภักดิ์², มนต์รี อุดมเพทายกุล¹

Nithi Tangsirirap^{1*}, Malai Taweechoitipatr², Montree Udompataikul¹

¹ศูนย์ผิวหนัง คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Skin center, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: DrNithiT@gmail.com

บทคัดย่อ

การรักษาสิวและการติดเชื้อแบคทีเรียของผิวหนังในปัจจุบันมีหลายวิธีรวมถึงการใช้ยาปฏิชีวนะซึ่งมีรายงานอุบัติการณ์ของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ มีรายงานการศึกษาวิจัยจำนวนมากที่พบว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียได้หลายชนิด สารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบมีสารพฤกษเคมีหลายประเภท เช่น ฟลาโวนอยด์, แทนนิน, ไตแอลริลเฮปทานอยด์, และ โกลโคไซด์ ซึ่งสารเหล่านี้ล้วนมีรายงานทางวิทยาศาสตร์ว่ามีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย ประกอบกับยังไม่มียาปฏิชีวนะใดที่ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อ *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, และ *Propionibacterium acnes*

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis*, และ *P. acnes*

วิธีดำเนินการวิจัย นำเปลือกกล้วยหอมดิบมาผ่านกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ ethanol, methanol และ chloroform นำสารสกัดที่ได้มาตรวจคัดกรองฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดในเบื้องต้นด้วยวิธี modified agar well diffusion โดยประเมินผลด้วยโซนใสของการยับยั้ง (Mean inhibition zone, MIZ) เพื่อคัดเลือกสารสกัดที่มีฤทธิ์มากที่สุดมาทำการทดสอบต่อไป จากนั้นทำการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC) ด้วยวิธี microbroth dilution และทำการทดสอบเพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration, MBC) ต่อไป

ผลการวิจัย การสกัดด้วย ethanol, methanol และ chloroform ได้ปริมาณการสกัดเป็น 6.26, 6.08, และ 1.28% ตามลำดับ สารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบด้วย chloroform ให้โซนใสของการยับยั้งจากการทดสอบด้วย modified agar well diffusion ต่อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดมากที่สุด โดยพบว่า สารสกัดทั้ง 3 ชนิดมีค่า MIC ต่อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* เป็น 2.5 mg/ml และต่อ *P. acnes* เป็น 5 mg/ml สำหรับค่า MBC พบว่า สารสกัดด้วย chloroform และ ethanol มีค่า MBC ต่อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเป็น 5 mg/ml และ ≥ 5 mg/ml ตามลำดับ

ในขณะที่สารสกัดด้วย methanol มีค่า MBC ต่อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* เป็น 5 mg/ml และต่อ *P. acnes* เป็น ≥ 5 mg/ml

สรุปและอภิปรายผล สารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบ (*Musa sapientum* Linn.) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis*, และ *P. acnes* พบว่า สารสกัดด้วย chloroform มีฤทธิ์สูงที่สุดในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด โดยมีฤทธิ์ในการยับยั้ง *P. acnes* ที่น้อยกว่าแบคทีเรียอีก 2 ชนิด จึงควรมีการศึกษาวิจัยต่อยอดเพิ่มเติมทั้งด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพทางคลินิกต่อไปเกี่ยวกับสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาตำรับยาต้านแบคทีเรียชนิดใหม่ เพื่อใช้เป็นการรักษาทางเลือกหรือการรักษาเสริมสำหรับสิวและการติดเชื้อแบคทีเรียของผิวหนังต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: สิว การติดเชื้อแบคทีเรียของผิวหนัง ฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย เปลือกกล้วยหอมดิบ *Musa sapientum* Linn. *Staphylococcus aureus* *Staphylococcus epidermidis* *Propionibacterium acnes*.

Abstract

Acne vulgaris and bacterial skin infections are currently treated by various therapeutic modalities including antibiotics which have continually increasing incidences of bacterial resistance. Botanical extracts have been promisingly demonstrated antibacterial activities against multiple strains of bacteria. *Musa sapientum* Linn. peels extracts contain several phytochemicals, e.g. flavonoids, tannins, diarylheptanoids, and glycosides which their antibacterial activities have been scientifically proved. No prior study of this plant extract against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Propionibacterium acnes* has been reported.

Objectives: To evaluate the antibacterial activity of unripe banana (*Musa sapientum* Linn.) peels extracts against *S. aureus*, *S. epidermidis*, and *P. acnes*.

Methods: The unripe banana peels were prepared and extracted by maceration with 3 different solvents; ethanol, methanol, and chloroform. Antibacterial activities against *S. aureus*, *S. epidermidis*, and *P. acnes* were primarily screened by the modified agar well diffusion method to select the most effective extract for further evaluation. Minimum inhibitory concentration (MIC) was measured by using microbroth dilution technique. Minimum bactericidal concentration (MBC) was sequentially examined.

Results: The yields of extraction by ethanol, methanol, and chloroform were 6.26, 6.08, and 1.28%, respectively. Chloroform extract generated the largest zone of inhibition in the modified agar well diffusion for all of the aforementioned bacteria. The MICs of chloroform, ethanol, and methanol extracts for *S. aureus* and *S. epidermidis* were 2.5 mg/ml and for *P. acnes* were 5 mg/ml. The MBCs for all bacteria were 5 mg/ml for the chloroform extract and were ≥ 5 mg/ml for the ethanol extract. The MBCs of methanol extract for *S. aureus* and *S. epidermidis* were 5 mg/ml and for *P. acnes* were ≥ 5 mg/ml.

Conclusions and discussion: The unripe banana (*Musa sapientum* Linn.) peels extracts exhibited antibacterial activity against *S. aureus*, *S. epidermidis*, and *P. acnes*. Chloroform extracts showed the strongest antibacterial activity against all tested bacteria; however, *P. acnes* was relatively less inhibited. Further investigation on safety and clinical effectiveness of this particular plant extract should be conducted in order to develop a possible alternative or adjunctive medication for the treatment of acne vulgaris and common bacterial skin infections in the future.

Keywords: Acne vulgaris, Bacterial skin infections, Antibacterial activity, Banana peels, *Musa sapientum* Linn., *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Propionibacterium acnes*.

บทนำ

สิวเป็นโรคผิวหนังที่พบได้บ่อยมากจนอาจเรียกได้ว่าเป็นโรคที่เกิดตามธรรมชาติ [1] และยังเป็นสาเหตุสำคัญที่นำผู้ป่วยมาพบแพทย์ผิวหนัง [2] พยาธิกำเนิดของสิวมียหลายสาเหตุ ได้แก่ การขยายขนาดของต่อมไขมัน และการสร้างไขมันที่มากขึ้น การหนาตัวของชั้นของเซลล์ผิวหนังชั้นหนังกำพร้าบริเวณรูขุมขน การอักเสบและการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และการเพิ่มจำนวนของ *P. acnes* [1] การรักษาสิวในปัจจุบันมีหลายวิธี รวมถึงการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งชนิดรับประทานและชนิดทา ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้พบอุบัติการณ์ของการดื้อยาปฏิชีวนะของ *P. acnes* มากขึ้นเรื่อยๆ [3] และการใช้ยาปฏิชีวนะร่วมกับยากุ่มอื่นๆ เช่น benzoyl peroxide นั้นอาจช่วยลดการเกิดเชื้อดื้อยาได้บ้างแต่ก็ไม่สามารถกำจัดเชื้อดื้อยาได้ทั้งหมด [3-4]

การติดเชื้อแบคทีเรียที่ผิวหนังเกิดจากแบคทีเรียได้หลายชนิด โดยที่หลายชนิดเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นของผิวหนัง ได้แก่ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ทั้งแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ก่อการติดเชื้อผิวหนังชั้นตื้น การติดเชื้อผิวหนังที่รุนแรง หรืออาจก่อการติดเชื้อไปยังระบบอื่นได้ด้วย [1] การใช้ยาปฏิชีวนะกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่ม penicillin ทำให้อุบัติการณ์ของ *S. aureus* ดื้อยาเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขมาตั้งแต่ ค.ศ. 1980 [5] นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ยาปฏิชีวนะชนิดทาเพียงอย่างเดียวเพื่อรักษาสิว ซึ่งพบได้บ่อยในผู้ป่วยที่ซื้อยารักษาสิวใช้เองนั้น ทำให้เกิดการดื้อยาปฏิชีวนะของ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้มาก [6]

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยจำนวนมากที่พบว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ ทั้งแบคทีเรียที่ก่อการติดเชื้อที่ผิวหนัง และระบบอื่นๆ โดยพืชสมุนไพรที่มีการศึกษาฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับผิวหนังเป็นจำนวนมาก ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกมังคุด โดยพบว่า มีฤทธิ์ยับยั้ง *S. aureus* [7], *S. epidermidis* และ *P. acnes* [8] ซึ่งสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ดังกล่าวได้แก่ flavonoids, xanthones และ tannins เป็นต้น [8]

สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบมีสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด ทั้งที่เหมือนและที่แตกต่างจากที่พบในเปลือกมังคุด ได้แก่ flavonoids [9], tannins [10], diarylheptanoids [11], glycosides [12], และ sterols [13] โดยพบว่า เปลือกกล้วยหอมทองดิบมีสารพฤกษเคมีในกลุ่ม tannins สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเปลือกกล้วยชนิดอื่นๆ ที่พบในประเทศไทย [14] และพบมีงานวิจัยที่สนับสนุนฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบในการยับยั้งแบคทีเรียหลายชนิด [13, 15-16] แต่ยังไม่พบมีรายงานการวิจัยที่ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้ง *S. aureus*, *S. epidermidis*, และ *P. acnes* โดยสารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบมาก่อน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis*, และ *P. acnes*

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบ

นำเปลือกกล้วยหอมดิบมาทำความสะอาดด้วยน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้งด้วยตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ที่ 50°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียด และชั่งน้ำหนัก แบ่งเป็นสามส่วนเท่าๆ กัน จากนั้นนำมาสกัดด้วย ethanol โดยการแช่หมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 25 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25°C แล้วกรองเอาส่วนสกัดออก แชกากเดิมด้วย ethanol อีกครั้ง นำส่วนสกัดที่ได้มารวมกัน และนำไประเหยแห้งด้วย rotary vacuum evaporator ซึ่งน้ำหนักและเก็บรักษาสารสกัดที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ทำเช่นเดียวกันโดยเปลี่ยนตัวทำละลายจาก ethanol เป็น methanol และ chloroform [7]

การเตรียมแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียที่นำมาทดสอบทั้งหมด [*S. aureus* (ATCC 25921), *S. epidermidis* (ATCC 12228), และ *P. acnes* (DMST 14917)] ได้มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย นำแบคทีเรียทดสอบ ได้แก่ *S. aureus* และ *S. epidermidis* มาเพาะเลี้ยงบน Mueller-Hinton agar (Becton Dickinson, USA) (MHA) ในสภาวะมีอากาศที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสำหรับ *P. acnes* เพาะเลี้ยงบน Brain-heart infusion agar (Becton Dickinson, USA) ที่เติม 10% horse serum (GIBCO Invitrogen, England) และ amphotericin B (Sigma-Aldrich, USA) (BHIA+HS) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อรา บ่มในสภาวะไร้อากาศโดยใช้ anaerobic gas pack และ anaerobic jar (Mitsubishi, Japan) ที่ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

จากนั้นถ่าย *S. aureus* และ *S. epidermidis* ลงใน Mueller-Hinton broth (Becton Dickinson, USA) (MHB) บ่มในสภาวะมีอากาศที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสำหรับ *P. acnes* ลงใน Brain-heart infusion broth (Becton Dickinson, USA) ที่เติม 10% horse serum (GIBCO Invitrogen, England) (BHIB+HS) บ่มในสภาวะไร้อากาศ ที่ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาเตรียมเชื้อเริ่มต้นโดยปรับเทียบความขุ่นกับสารละลาย McFarland No. 0.5

การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion

นำสารละลายเชื้อทดสอบที่ได้มาเกลี่ยด้วยไม้พันสำลีปราศจากเชื้อลงบน MHA สำหรับ *S. aureus* และ *S. epidermidis* และ BHIA+HS สำหรับ *P. acnes* พักไว้ให้แห้ง จากนั้นเจาะหลุมอาหารแข็งด้วย sterile cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ใส่สารสกัดของเปลือกกล้วยดิบด้วย ethanol, methanol, และ chloroform ที่ละลายใน dimethyl sulfoxime (DMSO, Merck, Germany) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาณ 40 µl ลงในแต่ละหลุม โดยใช้ DMSO เป็น negative control และ amoxicillin (Government Pharmaceutical, Thailand) สำหรับ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ tetracycline (T.C. Pharma-Chem, Thailand) สำหรับ *P. acnes* ที่ความเข้มข้น 31.25 µg/ml เพื่อเป็น positive control นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มในสภาวะที่เหมาะสม บันทึกผลการทดลอง โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสของการยับยั้ง (mean inhibition zone, MIZ) ทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง และทำซ้ำ ทั้งหมด 3 การทดลอง นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [17]

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC)

นำสารละลายเชื้อทดสอบที่เตรียมโดยการปรับเทียบความขุ่นเท่ากับสารละลาย McFarland No. 0.5 มาเจือจางลงลำดับ 10 เท่าอีก 2 ครั้ง ให้ได้ความเข้มข้นเชื้อประมาณ 0.5×10^6 cell/ml เจือจางสารสกัด และยาปฏิชีวนะที่นำมาทดสอบเป็นลำดับส่วน 2 เท่า ด้วย MHB สำหรับ *S. aureus*, *S. epidermidis* และด้วย BHIB สำหรับ *P. acnes* ใน 96-well microtiter plate จากนั้นเติมแบคทีเรียทดสอบลงในแต่ละหลุม นำไปบ่มในสภาวะที่เหมาะสม อ่านผลการเจริญของแบคทีเรียจากการสังเกตความขุ่นของแบคทีเรียทดสอบในแต่ละหลุมด้วยตาเปล่า

เทียบกับหลุมควบคุม โดยค่า MIC คือ ค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ โดยหลุมทดสอบนั้นจะใส ทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง และทำซ้ำ ทั้งหมด 3 การทดลอง นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย [17]

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration, MBC)

นำสารละลายในหลุมทดสอบจากการทดสอบหาค่า MIC ในหลุมที่ไม่สามารถเห็นการเจริญของแบคทีเรียถ่ายเชื้อปริมาณ 0.01 ml ด้วยหัวถ่ายเชื้อมาตรฐาน ลงบน MHA สำหรับ *S. aureus* และ *S. epidermidis* และ BHIA+HS สำหรับ *P. acnes* นำไปบ่มในสภาวะที่เหมาะสม อ่านผลโดยค่า MBC คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถฆ่าเชื้อทดสอบได้ ทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง และทำซ้ำ ทั้งหมด 3 การทดลอง นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย [17]

ผลการวิจัย

ผลการสกัดสารจากเปลือกกล้วยหอมดิบ

การสกัดสารจากเปลือกกล้วยหอมดิบด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการสกัดสารจากเปลือกกล้วยหอมดิบ

สารสกัด	ผลการสกัด (yield) (%w/w)	สมบัติทางกายภาพ
Ethanol extract	6.26 %	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้มใส มีกลิ่นฉุนของกล้วยดิบ
Methanol extract	6.08 %	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลืองใส มีกลิ่นฉุนของกล้วยดิบ
Chloroform extract	1.28 %	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลืองขุ่น มีกลิ่นฉุนของกล้วยดิบ

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion

ฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี agar well diffusion วัดผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสของการยับยั้งซึ่งเป็นบริเวณที่เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตรอบหลุม

พบว่า สารสกัดด้วย ethanol และ methanol ให้ผลการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทั้ง 3 ชนิดได้ไม่ดี คือไม่เห็นโซนใสของการยับยั้งที่ชัดเจน มีเพียงสารสกัดด้วย chloroform เท่านั้นที่สามารถวัดผลได้ อย่างไรก็ตาม การยับยั้งเชื้อ *P. acnes* นั้นไม่สามารถเห็นโซนใสของการยับยั้งที่ชัดเจนที่ความเข้มข้น 40 และ 80 mg/ml แต่เมื่อผู้วิจัยเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 160 และ 320 mg/ml ก็สามารถวัดผลได้ชัดเจน โดยสรุปผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion

สารทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลางวงใสของการยับยั้ง (mean±SD) (mm)		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>P. acnes</i>
40 mg/ml chloroform extract	8.17±0.26	7.17±0.26	ND
80 mg/ml chloroform extract	9.13±0.25	8.13±0.25	ND

160 mg/ml chloroform extract	ND	ND	5.63±0.25
320 mg/ml chloroform extract	ND	ND	7.5±0.41
Amoxicillin (31.25 µg/ml)	23.58±0.38	12.25±0.42	ND
Tetracycline (31.25 µg/ml)	ND	ND	19.35±0.41

หมายเหตุ ND = Not determined

ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC)

อ่านผลการเจริญของแบคทีเรียจากการสังเกตความขุ่นของแบคทีเรียทดสอบในแต่ละหลุมด้วยตาเปล่า เทียบกับหลุมควบคุมซึ่งมีเชื้อทดสอบอย่างเดียว และหลุมที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างเดียว โดยค่า MIC คือค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของสารทดสอบ ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ โดยหลุมทดสอบนั้นจะใส ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลค่า MIC ของสารทดสอบต่อแบคทีเรียทดสอบ (mg/ml)

สารทดสอบ	ความเข้มข้น (mg/ml)		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>P. acnes</i>
Ethanol extract	2.5	2.5	5
Methanol extract	2.5	2.5	5
Chloroform extract	2.5	2.5	5
Amoxicillin	0.0156	0.0625	ND
Tetracycline	ND	ND	0.00098

หมายเหตุ ND = Not determined

ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration, MBC)

อ่านผลโดยสังเกตการเจริญของแบคทีเรียทดสอบบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่อ่านเป็นค่า MBC คือต้องไม่มีการเจริญของแบคทีเรีย ซึ่งแสดงว่าสามารถฆ่าเชื้อทดสอบได้ 99.99% แสดงผลค่า MBC ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลค่า MBC ของสารทดสอบต่อแบคทีเรียทดสอบ (mg/ml)

สารทดสอบ	ความเข้มข้น (mg/ml)		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>P. acnes</i>
Ethanol extract	≥5	≥5	≥5
Methanol extract	5	5	5
Chloroform extract	5	5	5

หมายเหตุ ND = Not determined

สรุปและอภิปรายผล

การสกัดสารจากเปลือกกล้วยหอมดิบ

จากผลการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ คือ ethanol, methanol ซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดมีขั้ว (polar) และ chloroform ซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว (non polar) พบว่า สามารถสกัดด้วย ethanol, methanol, และ chloroform ได้ 6.26, 6.08, และ 1.28% ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตได้ว่า การสกัดด้วย chloroform นั้นจะได้เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดที่น้อยกว่าตัวทำละลายอื่นๆ ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบอาจมีส่วนประกอบของสารในกลุ่มชนิดมีขั้วในปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วสกัดสารสำคัญได้ในปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยของ Mokbel และคณะ [13] โดยในการศึกษาของ Mokbel และคณะ พบว่าการสกัดสารสำคัญจากเปลือกกล้วยดิบโดยใช้ตัวทำละลายเป็นสารชนิดมีขั้ว ได้แก่ น้ำ และ ethyl acetate จะสกัดได้สารสำคัญในปริมาณมากกว่าการใช้ตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วคือ chloroform

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion

พบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบด้วย ethanol และ methanol มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่เรียกว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบด้วย chloroform อย่างเห็นได้ชัด ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่พบในเปลือกกล้วยดิบนั้น น่าจะเป็นสารชนิดไม่มีขั้วในปริมาณมากกว่าสารชนิดมีขั้ว จึงทำให้สกัดออกมาได้มากกว่าด้วย chloroform ซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว โดยสารสำคัญที่พบในเปลือกกล้วยหอมดิบ ที่จัดเป็นสารชนิดมีขั้วน้อย หรือไม่มีขั้ว ได้แก่ flavonoids [9], diarylheptanoids [11], sterols [13] หรือเป็นสารที่มีความมีขั้วขึ้นกับความหลากหลายทางโครงสร้างในส่วน aglycone ได้แก่ glycosides [12] ซึ่งมีทั้งชนิดมีขั้วและไม่มีขั้ว โดยสารสำคัญทั้ง 4 ชนิดนี้ มีรายงานถึงฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย ผู้วิจัยจึงสันนิษฐานว่าสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดได้ในการวิจัยนี้น่าจะอยู่ในกลุ่มดังกล่าว ซึ่งอาจจะต้องทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปว่าสารสำคัญในกลุ่มดังกล่าว คือสารใดบ้าง ในปริมาณเท่าใด

นอกจากนี้พบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบนั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *S. aureus*, *S. epidermidis* ได้ดีกว่า *P. acnes* ชัดเจนโดยสามารถเห็นโซนใสของการยับยั้งได้ตั้งแต่ความเข้มข้นที่ 40 mg/ml ในขณะที่ *P. acnes* นั้นจะเห็นโซนใสของการยับยั้งเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นไปคือ 160 mg/ml ขึ้นไป

การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *P. acnes* ให้โซนใสของการยับยั้งไม่ชัดเจนเมื่อใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นน้อยนั้น อาจเกิดจากหลายปัจจัยคือ สารออกฤทธิ์ในเปลือกกล้วยหอมดิบอาจมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียในกลุ่ม *Propionibacterium* ได้น้อยกว่ากลุ่ม *Staphylococcus* หรืออาจเกิดจากคุณสมบัติของ *P. acnes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตช้ากว่า ต้องใช้เวลาในการบ่มเพาะเชื้อ 3-5 วัน ซึ่งอาจทำให้สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบที่ใส่ลงในหลุมแห้งไปหมดก่อนที่แบคทีเรีย *P. acnes* จะเจริญเติบโตเต็มที่ ทำให้โซนใสของการยับยั้งที่ได้มีขอบเขตที่ไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับการทดสอบกับแบคทีเรียในกลุ่ม *Staphylococcus* ซึ่งใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ในการเจริญเติบโต

อย่างไรก็ตาม การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยการวัด MIZ โดยวิธี agar well diffusion นั้น เป็นเพียงการคัดกรองว่าสารที่นำมาทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียหรือไม่เท่านั้น ผลการทดสอบที่แน่ชัดจำเป็นต้องทำการทดสอบเพื่อหา MIC และ MBC ต่อไป

การทดสอบหาค่า MIC และ MBC

แม้พบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบด้วย chloroform จะให้โซนใสของการยับยั้งชัดเจนที่สุด แต่สารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบด้วย ethanol และ methanol นั้นก็สามารถให้โซนใสของการยับยั้งได้เล็กน้อย ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) กับสารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด และพบว่า สารสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีค่า MIC

เท่ากับคือ 2.5 mg/ml สำหรับ *S. aureus* และ *S. epidermidis* และ 5 mg/ml สำหรับ *P. acnes*

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่า สารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดที่แตกต่างกัน ทั้งที่ดีกว่าและด้อยกว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยดิบในการศึกษาครั้งนี้ของผู้วิจัย จากการศึกษาของ Chomnawong และคณะ [8] พบว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพร 13 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้าน *P. acnes* และ *S. epidermidis* โดยมีค่า MIC ตั้งแต่ 0.039 - ≥ 5 mg/ml ในขณะที่ Voravuthikunchai และคณะ [7] พบว่า สารสกัดด้วยน้ำและ ethanol ของพืชสมุนไพร 10 ชนิด มีค่า MIC ต่อ *S. aureus* ตั้งแต่ 0.2-25 mg/ml

เมื่อนำมาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (MBC) พบว่า ผลการทดลองสอดคล้องกับค่า MIZ และ MIC ที่ได้ในการทดลองก่อนหน้านี้ กล่าวคือค่า MBC ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบด้วย ethanol ต่อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดมีค่า ≥ 5 mg/ml ค่า MBC ของสารสกัดด้วย methanol ต่อ *S. aureus*, *S. epidermidis* มีค่าเท่ากับ 5 mg/ml ในขณะที่ *P. acnes* มีค่า ≥ 5 mg/ml และสารสกัดด้วย chloroform มีค่า MBC ของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเป็น 5 mg/ml

สังเกตได้ว่า ค่า MBC โดยรวมของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบด้วย chloroform มีค่าต่ำสุด ซึ่งแสดงถึงการมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบหาค่า MIZ และ MIC โดยสรุปการเปรียบเทียบค่า MIC และ MBC ของพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ ต่อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า MIC และ MBC ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่างๆ ต่อแบคทีเรียชนิดต่างๆ

การศึกษาวิจัย	MIC/MBC (mg/ml)		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>P. acnes</i>
Chomnawong <i>et al.</i> [8]			
- <i>Centella asiatica</i>	ND/ND	>5/>5	5/5
- <i>Garcinia mangostana</i>	ND/ND	0.039/0.156	0.039/0.039
- <i>Psidium guajava</i>	ND/ND	2.5/>5	2.5/>5
Voravutthikunchai <i>et al.</i> [7]			
- <i>Garcinia mangostana</i>	0.1/0.4	ND/ND	ND/ND
- <i>Psidium guajava</i>	0.8/6.25	ND/ND	ND/ND
การศึกษาวิจัยนี้			
- <i>Musa sapientum</i>	2.5/5	2.5/5	5/5

หมายเหตุ ND = Not determined

สรุปผล

การศึกษานี้พบว่า การสกัดสารสำคัญจากเปลือกกล้วยดิบด้วย chloroform ซึ่งเป็นสารไม่มีขี้ ใต้เปอร์เซ็นต์ในการสกัดต่ำกว่า ethanol และ methanol ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขี้ ใต้ แต่พบว่า สารสกัดด้วย chloroform มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียสูงที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC สำหรับ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *P. acnes* เท่ากับ 2.5 mg/ml และ 5 mg/ml ตามลำดับ

การศึกษานี้จึงเป็นการค้นพบพืชชนิดใหม่ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบได้บ่อย ได้แก่ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *P. acnes* ซึ่งสามารถนำไปศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาตำรับยา เพื่อเป็นทางเลือกในการรักษา หรือเป็นการรักษา ร่วมกับยาชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นการรักษามาตรฐานของสิวและ

การติดเชื้อแบคทีเรียของผิวหนัง ซึ่งพบอุบัติการณ์ของการดื้อยาปฏิชีวนะมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wolff, Klaus; et al. (2008). *Fitzpatrick's dermatology in general medicine*. 7th ed. Boston: McGraw Hill.
- [2] สถาบันโรคผิวหนัง, กรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข. (2554). สถิติโรคของผู้มารับบริการที่สถาบันโรคผิวหนัง. สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2554, จาก http://www.inderm.go.th/nuke_802/modules.php?name=Forums&file=viewforum&f=1
- [3] Patel, Mital; et al. (2010). The development of antimicrobial resistance due to the antibiotic treatment of acne vulgaris: a review. *Journal of Drugs in Dermatology*. 9(6): 655-64.
- [4] Cunliffe, William J.; et al. (2002). A randomized, double-blinded comparison of a clindamycin phosphate/benzoyl peroxide gel formulation and a matching clindamycin gel with respect to microbiologic activity and clinical efficacy in the topical treatment of acne vulgaris. *Clinical Therapeutics*. 24(7): 1117-33.
- [5] Hryniewicz, Waleria. (1999). Epidemiology of MRSA. *Infection*. 27(S2): S13-16.
- [6] Kraft, John; & Freiman, Anatoli. (2011). Management of acne. *CMAJ*. 183(7): E430-35.
- [7] Vorravuthikunchai, Supayang; & Kitpipit, Lihn. (2005). Antibacterial activity of crude extracts of Thai medicinal plants against clinical isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Songklanakar Journal of Science and Technology*. 27(S2): 523-34.
- [8] Chomnawong, Mullika T.; et al. (2005). Antimicrobial effects of Thai medicinal plants against acne-inducing bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*. 101(1-3): 330-3.
- [9] Lewis, David A.; Fields, William N.; & Shaw, Graham P. (1999). A natural flavonoid present in unripe plantain banana pulp (*Musa sapientum* L. var. *paradisiaca*) protects the gastric mucosa from aspirin-induced erosions. *Journal of Ethnopharmacology*. 65(3): 283-8.
- [10] Santos, Jose-Ricardo U.; Bakry, Frederic; & Brillouet, Jean-Marc. (2010). A preliminary chemotaxonomic study on the condensed tannins of green banana in the *Musa* genus. *Biochemical Systematics and Ecology*. 38(5): 1010-7.
- [11] Lv, Haining; & Gaimei, She. (2010). Naturally occurring diarylheptanoids. *Natural Products Communication*. 5(10): 1687-708.
- [12] Ghoshal, S. (1985). Steryl glycosides and acyl steryl glycosides from *Musa paradisiaca*. *Phytochemistry*. 24(8): 1807-10.
- [13] Mokbel, Matook S.; & Hashinaga, Fumio. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. *Cavendish*) fruits peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 1(3): 126-32.
- [14] วิภา สุโรจนะเมธากุล; และ ชิดชม อีรางะ. (2537). Extraction of tannin from banana peel. *วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*. 28: 578-86.
- [15] Scott, William E.; et al. (1949). The partial purification and properties of antibiotic substances from the banana (*Musa sapientum*). *Journal of Clinical Investigation*. 28(5 Pt 1): 899-902.

- [16] Fagbemi, Josephine; et al. (2010). Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum* L.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* S.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) on pathogens. *African Journal of Biotechnology*. 8(7): 1176-82.
- [17] Wangchuka, Phurpa; et al. (2011). Evaluation of an ethnopharmacologically selected Bhutanese medicinal plants for their major classes of Phytochemicals and biological activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 137: 730-742

SWU6-1023: ความเป็นพิษและกลไกการเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis โดยสารสกัดจากเปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana*) ในเซลล์มะเร็งผิวหนังชนิด human epidermoid carcinoma A431 cells

CYTOTOXICITY AND APOPTOTIC INDUCTION MECHANISM BY MANGOSTEEN EXTRACT (*Garcinia mangostana*) IN human epidermoid carcinoma A431 cells

แสงสิริ อยู่อำไพ¹, รมิดา วัฒนโกคาสิน², มนตรี อุดมเพทายกุล¹

Saengsiri Yu-ampai¹, Ramida Watanapokasin², Montree Udompataikul¹

¹คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: minicookienaka@hotmail.com

บทคัดย่อ

มะเร็งผิวหนังเป็นมะเร็งที่พบบ่อยในประชากรผิวขาว เปลือกมังคุดมีสารสำคัญหลายชนิด และมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ ยังไม่มีการศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่มีต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง

วัตถุประสงค์: ศึกษาความเป็นพิษและกลไกการเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis ของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431

วิธีการวิจัย: ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง ด้วยวิธี MTT assay เพื่อหาค่า IC₅₀ ศึกษาการเกิด apoptosis ของเซลล์โดยการย้อมสี Hoechst 33342 และใช้เทคนิค agarose gel electrophoresis เพื่อตรวจหาชิ้นส่วนการแตกหักของ DNA

ผลการทดลอง: สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งผิวหนังในลักษณะแปรผันตามความเข้มข้นและเวลา มีค่า IC₅₀ 19.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบลักษณะของการเกิด apoptosis ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง ได้แก่ การรวมตัวกันของโครมาติน ศึกษาการแตกหักของ DNA โดยใช้เทคนิค agarose gel electrophoresis ไม่พบการแตกหักของ DNA

สรุป: สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดมีความเป็นพิษ และสามารถเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis ได้ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431

คำสำคัญ: ความเป็นพิษ กลไกการเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis สารสกัดจากเปลือกมังคุด *Garcinia mangostana* เซลล์มะเร็งผิวหนัง human epidermoid carcinoma A431 cells

Abstract

Skin cancer is the most common type of cancer in white populations. The pericarp of mangosteen is rich in various active ingredients that are known to possess biological activities. The effect of crude extracts of *Garcinia mangostana* in inhibiting proliferation and inducing apoptosis in human epidermoid carcinoma A431 cells has not been reported.

Objectives: To find the efficacy of crude extracts of *Garcinia mangostana* in inhibiting proliferation and inducing apoptosis in human epidermoid carcinoma A431 cells.

Materials and Methods: The cells were treated with the mangosteen extracts at increasing concentrations to find the IC₅₀, adopting MTT ([3-(4,5 dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide]) assay. Hoechst 33342 staining was adopted to assess the apoptosis. Agarose gel electrophoresis assay was used to examine DNA fragmentation.

Results: Crude extracts of *Garcinia mangostana* were cytotoxic to the human epidermoid carcinoma A431 cells in dose- and duration-dependent manner with IC₅₀ at 19.3 µg/ml. The cells that responded to the treatments revealed typical apoptotic features. Early features of apoptosis, chromatin condensation, was observed in the treated cells, and agarose gel electrophoresis assay revealed no DNA fragmentation.

Conclusions: Crude extracts of *Garcinia mangostana* inhibit proliferation and induce death in human epidermoid carcinoma A431 cells , by apoptosis.

Keywords: Cytotoxicity, Apoptotic induction, Mangosteen extract *Garcinia mangostana*, Human epidermoid carcinoma A431 cells

บทนำ

มะเร็งผิวหนังชนิด melanoma และ non melanoma (basal and squamous cell carcinoma) เป็นมะเร็งที่พบบ่อยในประชากรผิวขาว มะเร็งทั้งสองชนิดมีอุบัติการณ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั่วโลก [1]

ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายชิ้นที่มุ่งเน้นถึงการใช้อยารักษา มะเร็งที่พัฒนาจากสารสกัดจากธรรมชาติ โดยผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีพืชที่มีสารออกฤทธิ์ต้านมะเร็งได้ในระดับดี เช่น curcumin ที่สกัดจากขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านมะเร็งได้ [2], สารสกัด allicin ที่ได้จากกระเทียมก็พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ [3], สารสกัดจาก pomegranate สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ [4] ตัวอย่างสารสกัดจากพืชที่ได้นำมาใช้ในวงการแพทย์ในปัจจุบัน ได้แก่ vincristine และ vinsblastine ที่สกัดได้จากต้นแพงพวยฝรั่ง (*Catharanthus roseus*) [5] ใช้ในการรักษามะเร็งชนิด Hodgkin's lymphoma และ non Hodgkin's lymphoma ส่วน Taxol ที่สกัดจากต้นยิว (*Taxus brevifolia*) นำมาใช้เป็นยารักษา มะเร็งปอดและมะเร็งเต้านม เป็นต้น [6]

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจ สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด จากรายงานพบว่า เปลือกมังคุดมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ xanthones, terpenes, anthocyanins, tannins และ phenols [7] ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่ม xanthone จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า สารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ ได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย [8] ฤทธิ์ในการต้านการเจริญของเชื้อไวรัส HIV [9] ฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา [10] ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ [11] ฤทธิ์ในการต้านมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งตับ มะเร็งปอด มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ [12]

งานวิจัยนี้จะศึกษาการออกฤทธิ์ของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดในการเป็นสารต้านมะเร็งผิวหนังรวมทั้งกลไกที่ทำให้เซลล์มะเร็งตายด้วยกระบวนการ apoptosis โดยเลือกใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ในการทดลอง ซึ่งจะเป็นตัวแทนของมะเร็งกลุ่ม non melanoma ในทางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง
2. เพื่อศึกษากลไกการเกิด apoptosis โดยการเหนี่ยวนำด้วยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเพิ่มจำนวนเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431

เลี้ยงเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่เติม Fetal Bovine Serum เข้มข้น 10% และ Streptomycin (100 ugml^{-1}) และ penicillin (100 IUml^{-1}) ใน culture flask ขนาด 25 ตารางเซนติเมตร บ่มในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% ตรวจดูการเจริญของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์จนเซลล์เจริญเต็ม culture plate แล้วจึงขยายเพิ่มจำนวนเซลล์ โดยใช้สารละลาย Trypsin / EDTA pH 7.3 ทำให้เซลล์ที่เกาะอยู่กับผิวหน้า culture flask หลุดออกจากผิวหน้า culture flask จากนั้นปั่นล้างเซลล์ที่ 1800rpm เป็นเวลา 5 นาที และนำมาเลี้ยงตั้งวิธีการข้างต้น โดยเพิ่มขนาดของ culture flask เป็น 75 ตารางเซนติเมตร เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

2. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดที่สามารถฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ด้วยวิธี MTT [13]

ใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 จำนวนประมาณ 6.4×10^5 เซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต่อหลุมของ 96 well culture plate บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูด อาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก แล้วเติมสารสกัดหยาบจากกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM มีความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก แล้วเติม MTT ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก จากนั้นเติม DMSO ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อหลุม แล้วนำไปวัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง microplate reader ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับจำนวนเซลล์ที่ยังมีชีวิต จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาค่า IC_{50} โดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism Version 3.03

3. การทดสอบความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A 431

ใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 จำนวนประมาณ 8.8×10^5 เซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต่อหลุมของ 96 well culture plate บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูด อาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก แล้วเติมสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 5% เป็นเวลา 0, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบแต่ละช่วงเวลาดังกล่าว ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก แล้วเติม MTT ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก จากนั้นเติม DMSO ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อหลุม แล้วนำไปวัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง

microplate reader ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับจำนวนเซลล์ที่ยังมีชีวิต จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาค่าโดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism Version 3.03

4. การศึกษาการเกิด apoptosis ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ที่ถูกเหนี่ยวนำโดยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด

4.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของนิวเคลียส

ใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 จำนวนประมาณ 5×10^5 เซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ต่อ disc จำนวน 3 disc บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก แล้วเติมสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% แล้วตรวจดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง และทำการเก็บเซลล์ในช่วงเวลานั้นๆ แล้วย้อมด้วยสีย้อม Hoechst 33342 [14] ความเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร นำไปบ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นล้างด้วย 1X PBS จำนวน 2 ครั้ง แล้วจึงตรวจดูรูปร่างลักษณะของนิวเคลียส บนแผ่นสไลด์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ fluorescence

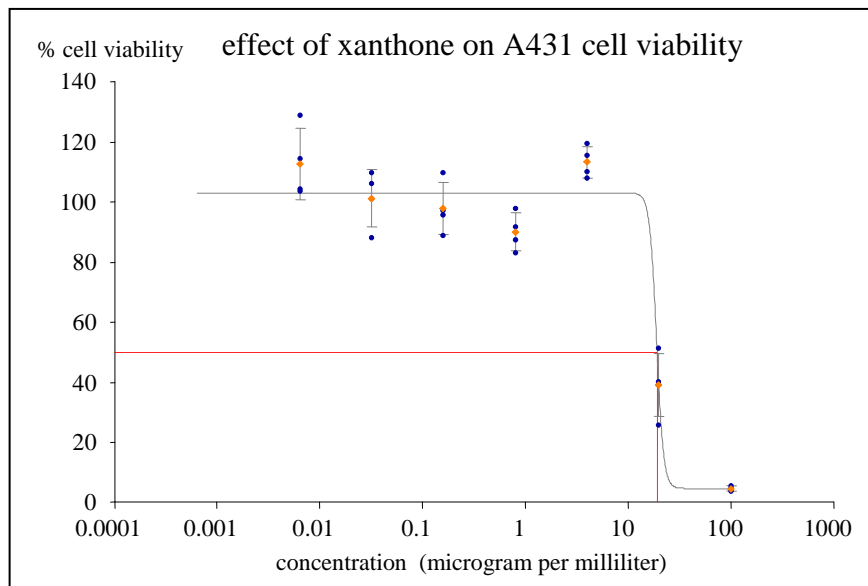
4.2 การแตกหักของ DNA (DNA fragmentation) [15]

ใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 5×10^5 เซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ต่อหลุมของ 36 well culture plate บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาดูด อาหารเลี้ยงเซลล์ออกแล้วเติมสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดในอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มไว้ในตู้เพาะเลี้ยง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วตรวจดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นทำการเก็บเซลล์แล้วปั่นล้างแล้วดูด supernatant ทิ้ง แล้วล้างเซลล์ด้วย TE buffer แล้วเติม cold lysis buffer เพื่อทำให้เซลล์แตก จากนั้นบ่มเซลล์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสข้ามคืน แล้วนำเซลล์มาละลายที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปั่นแยกที่ 12000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำเซลล์มาสกัด DNA ด้วย phenol chloroform จากนั้น ล้างเซลล์ด้วย TE buffer แล้วเติม RNase A เพื่อกำจัด RNA จากนั้นบ่มในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5% เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้น ทำการตรวจสอบขนาดของชิ้น DNA โดยอาศัยเทคนิค agarose gel electrophoresis

ผลการวิจัย

1. ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดต่อเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431

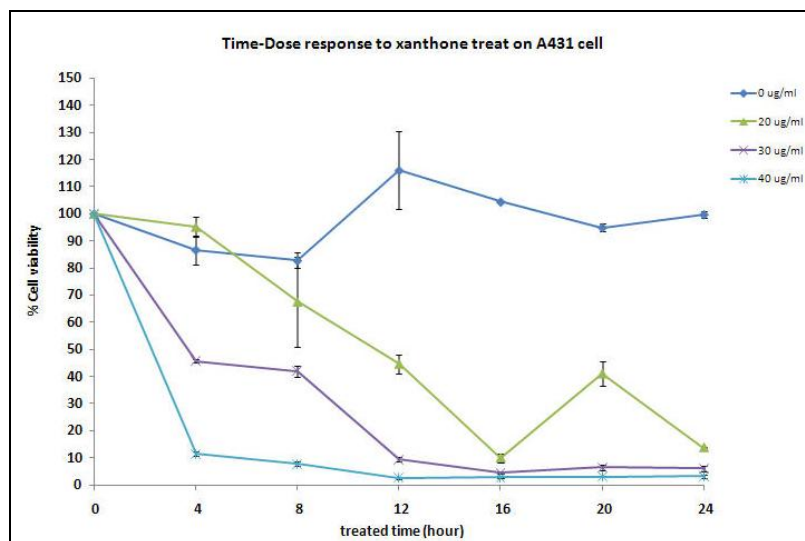
หลังจากทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งผิวหนังของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone พบว่า มีความสามารถในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 โดยมีค่า IC_{50} ที่ 19.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 1) ดังนั้นจึงนำค่า IC_{50} ที่ได้มาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431



ภาพที่ 1 กราฟแสดงผลการทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone ในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ด้วยวิธี MTT (MTT assay) โดยใช้เซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 จำนวนประมาณ 6.4×10^5 เซลล์ แล้ววัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง microplate reader ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปหาค่า IC_{50} โดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism Version 3.03

2. ความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด

การทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone ที่ 30, 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรสามารถทำลายเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ได้ดีในช่วงเวลา 3 ถึง 6 ชั่วโมง (ภาพที่ 2) ดังนั้นจึงนำค่าที่ได้มาศึกษาการเกิด apoptosis ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ที่ถูกฆ่าโดยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone

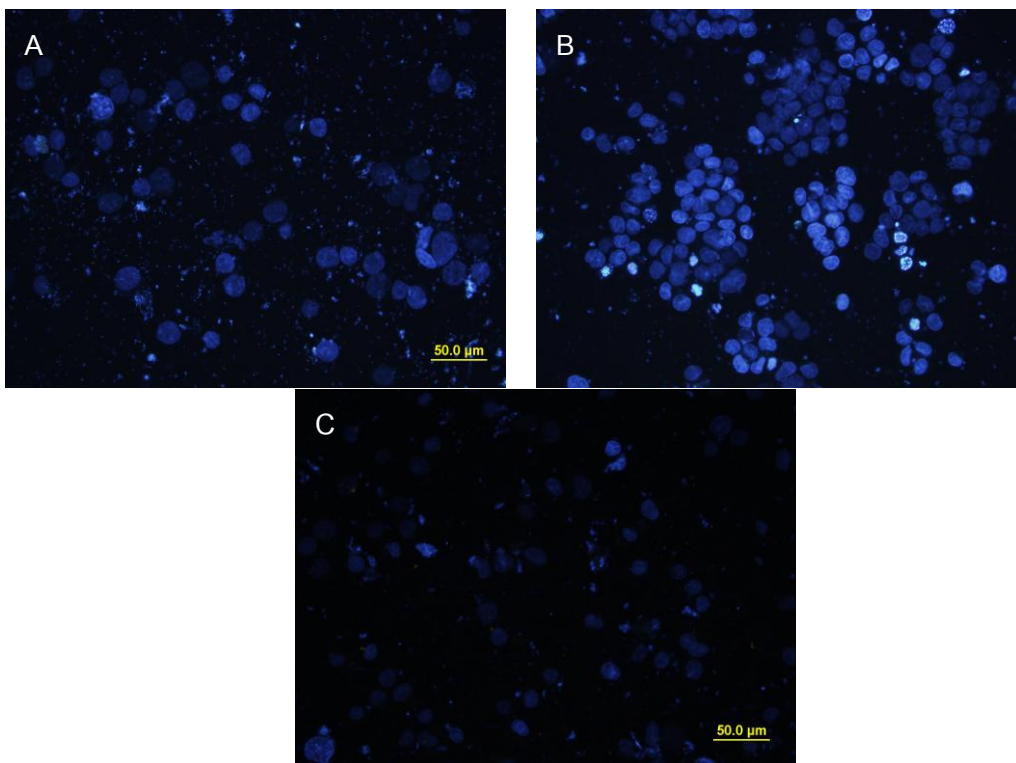


ภาพที่ 2 กราฟผลการทดสอบความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ด้วยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด ณ ช่วงเวลาต่างๆ

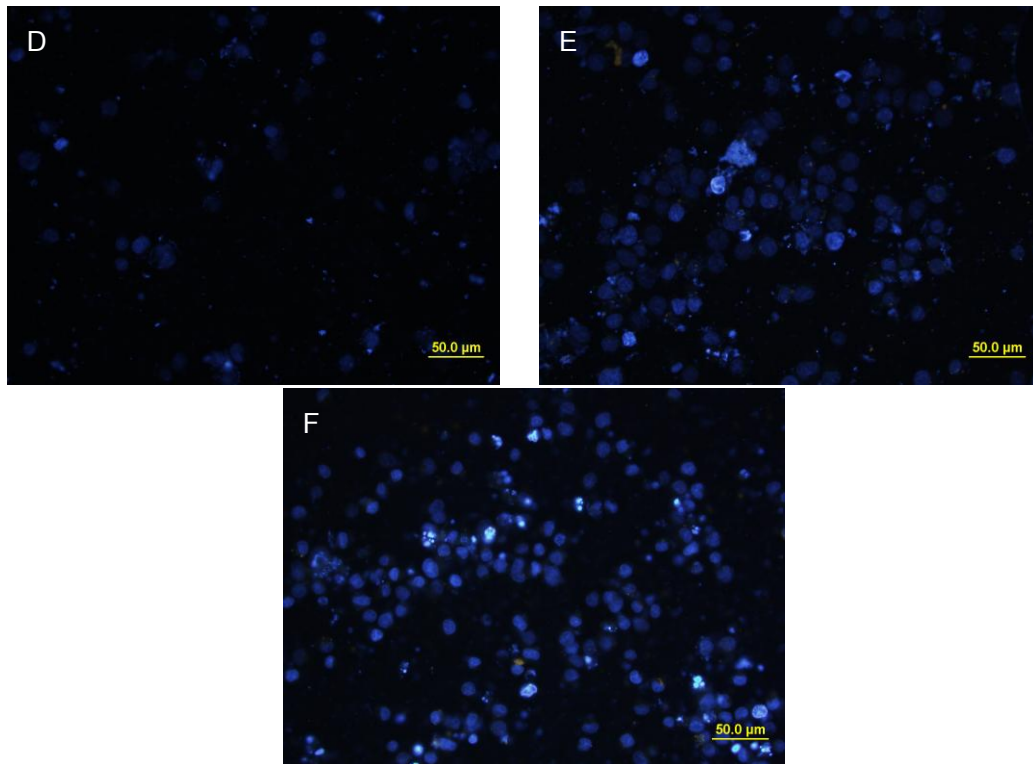
3. การศึกษาการเกิด apoptosis ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ที่ถูกเหนี่ยวนำโดยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด

3.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของนิวเคลียส

เมื่อเซลล์เกิด apoptosis นิวเคลียสจะเริ่มมีการหดตัวและมีการรวมตัวกันของ chromatin (chromatin condensation) ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลงและมีการหดตัวกันของ chromatin เป็นจุดๆ ภายในเซลล์ ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดที่ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถพบเซลล์มีขนาดเล็กลงและมีการรวมตัวกันของ chromatin เห็นได้ที่ช่วงเวลา 3 ชั่วโมงและ 6 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ที่ไม่ได้รับสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดที่ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถพบเซลล์มีขนาดเล็กลงและมีการรวมตัวกันของ chromatin เห็นได้ที่ช่วงเวลา 3 ชั่วโมงและ 6 และตรวจพบลักษณะดังกล่าวได้ชัดเจนกว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดที่ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 3 การศึกษาการเกิด apoptosis โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 โดยใช้เซลล์มะเร็งผิวหนังจำนวน 5×10^5 เซลล์ย้อมด้วยสี Hoechst ที่ความเข้มข้นและเวลาดังนี้ (A)control (B) ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลา 3 ชั่วโมง (C)ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลา 6 ชั่วโมง

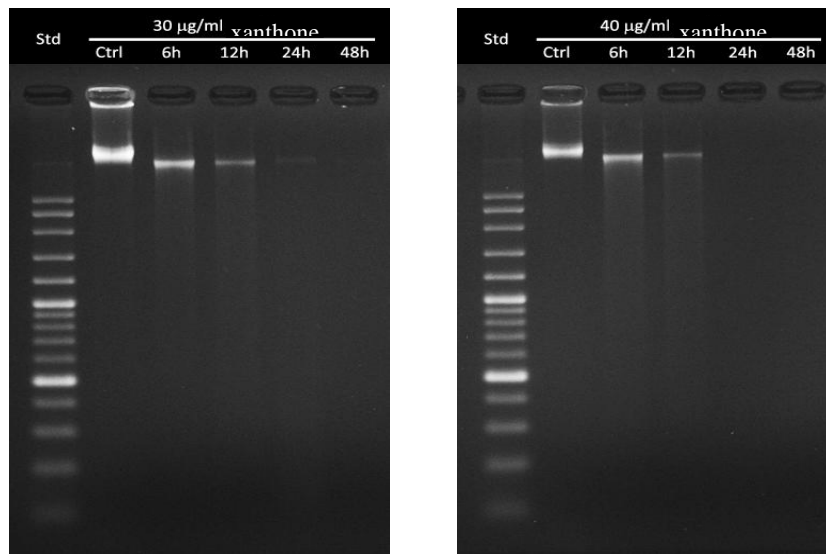


ภาพที่ 4 การศึกษาการเกิด apoptosis โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 โดยใช้เซลล์มะเร็งผิวหนังจำนวน 5×10^5 เซลล์ย้อมด้วยสี Hoechst ที่ความเข้มข้นและเวลาดังนี้ (D)control (E) ความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลา 3 ชั่วโมง (F)ความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลา 6 ชั่วโมง

3.2 การตรวจสอบการแตกหักของ DNA (DNA fragmentation) โดยอาศัยเทคนิค agarose gel electrophoresis

DNA fragmentation

เมื่อทำการทดสอบการแตกหักของ DNA โดยอาศัยเทคนิค agarose gel electrophoresis ที่ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดที่ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลา 6, 12, 24, 48 ชั่วโมง ยังไม่พบการแตกหักของ DNA



ภาพที่ 5 การตรวจสอบความแตกหักของ DNA (DNA fragmentation) ในเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ซึ่งทำการสกัด DNA ด้วย Phenol chloroform จากเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 จำนวน 50,000 เซลล์ จากนั้นนำมาแยกด้วย agarose gel electrophoresis

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งผิวหนังของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด พบว่าสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดมีความสามารถในการฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนังได้ดีโดยมีค่า IC_{50} ที่ 19.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำ IC_{50} มาปรับเพื่อหาช่วงเวลาที่สามารถสกัดกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ดีที่สุด จากการทดลองพบว่า สารสกัดกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ดีที่สุดที่ช่วงเวลา 3 ถึง 6 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากกราฟแสดงผลการทดลอง ที่เวลา 3 ถึง 6 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงใช้ค่าความเข้มข้นและช่วงเวลาดังกล่าวมาทำการทดลองเพื่อดูลักษณะการตายของเซลล์ที่เกิดขึ้นแบบ apoptosis ต่อไป

การศึกษาการเกิด apoptosis ในเซลล์มะเร็งผิวหนังที่ถูกเหนี่ยวนำโดยสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด ในงานวิจัยนี้จะศึกษาโดยดูการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของนิวเคลียสและการตรวจสอบการแตกหักของ DNA อาศัยเทคนิค agarose gel electrophoresis โดยลักษณะการตายแบบ apoptosis นั้น เซลล์ที่ตายแบบ apoptosis จะหดตัวและหลุดออกจากการเกาะเกี่ยวของเซลล์เพื่อนบ้าน มีการขดแน่นของโครมาตินมาอยู่บริเวณขอบของนิวเคลียส ผนังเซลล์ไม่เรียบมีลักษณะเหมือนตุ่มยื่นออกมา (membrane blebbing) DNA จะหักเป็นท่อนตรงช่วงระหว่าง internucleosome สารต่างๆ ในเซลล์รวมตัวกันเป็นก้อน (apoptotic bodies) [16]

จากการศึกษาโดยดูการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของนิวเคลียสพบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ณ ช่วงเวลาที่ 3 และ 6 ชั่วโมง สามารถพบเซลล์มะเร็งมีขนาดเล็กลง มีการรวมตัวกันของ chromatin ได้อย่างชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองก่อนหน้านี้

การศึกษาการแตกหักของ DNA โดยอาศัยเทคนิค agarose gel electrophoresis พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุด 30 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในช่วงเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ยังไม่พบการแตกหักของ DNA

จากผลการทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งผิวหนัง A431 ได้โดยเหนี่ยวนำการตายแบบ apoptosis นอกจากนี้ งานวิจัยขั้นต่อไปที่ควรจะศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นคือศึกษากลไกการตายแบบ apoptosis ในระดับโมเลกุลทั้ง extrinsic pathway และ intrinsic pathway ต่อไปเพื่อที่จะทราบถึงกลไกการตายแบบ apoptosis ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและสามารถนำสารสกัดหยาบกลุ่ม xanthone จากเปลือกมังคุดไปพัฒนายาต้านมะเร็งต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Diepgen T.L.; & Mahler V. (2002). The epidemiology of skin cancer. *Br J Dermatol.* 146(61): 1-6.
- [2] Yegnanarayana R.; Sarat A.; & Balwani J. (1976). Comparison of anti-inflammatory activity of various extracts of Curcumin longa. *Indian J Med Res.* 64: 601-608.
- [3] Belman S. (1983). Onion and garlic oils inhibit tumor promotion. *Carcinogenesis.* 4: 1063-1065.
- [4] Lansky E.; & Newman R. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology.* 109: 177-206.
- [5] Chan J. (1998). Pharmacokinetic drug interactions of vinca alkaloids : summary case reports. *Pharmacotherapy.* 18(6): 1304-1307.
- [6] Woo H.; Swenerton K.; & Hoskins P. (1996). Taxol is active in platinum resistant endometrial adenocarcinoma. *Am J Clin Oncol.* 19(3): 290-291.
- [7] Shan T.; et al. (2011). Xanthenes from Mangosteen Extracts as Natural Chemopreventive Agents :Potential Anticancer Drugs. *Curr Mol Med.* 11(8): 666-677.
- [8] Linuma M.; et al. (1996). Antibacterial activity of xanthenes from guttiferaceous plants against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *J Pharm Pharmacol.* 48(8): 861-865.
- [9] Chen S.; Wan M.; & Loh B. (1996). Active constituents against HIV-1 protease from Garcinia mangostana. *Planta Medica.* 62: 381-382.
- [10] Gopalakrishnan G.; Banumathi B.; & Suresh G. (1997). Evaluation of the antifungal activity of natural xanthenes from Garcinia mangostana and their synthetic derivatives. *J Nat Prod.* 60: 519-524.
- [11] Ngawhirunpat T.; et al. (2010). Antioxidant, free radical-scavenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Pharm biol.* 48(1): 55-62.
- [12] Moongkarndi P.; et al. (2004). Antiproliferation , antioxidation and induction of apoptosis by Garcinia mangostana (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *Journal of Ethnopharmacology.* 90: 161-166.
- [13] Mosmann T. (1983). Rapid colorimetric for cellular growth and survival : Application to proliferation and cytotoxicity assay. *J Immuno Methods.* 65: 55-63.
- [14] Ramonede B.; & Tomas R. (2002). Activation of protein kinase C for protection of cells against apoptosis induced by the immunosuppressor prodigiosin. *Biol pham.* 63: 463-469.
- [15] JS S. (2001). Curcumin-induced apoptosis of A-431 cells involves caspase-3 activation. *J Biochem Mol Biol.* 34(3): 189-193.

- [16] ฐันัญญา ทองตัน. (2549). การตายของเซลล์ (*Cell death and apoptosis*) เซลล์ชีววิทยาทางการแพทย์ 2 กลไกการทำงานของเซลล์และเนื้อเยื่อ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SWU6-1035: เปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงกับการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้าเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่า ในบุคคลคนทั่วไปที่เคยข้อเท้าแพลงซ้ำ

COMPARISON OF THE EFFECTS OF STRENGTHENING PROGRAM AND PROPRIOCETIVE PROGRAM TO IMPROVE POSTURAL STABILITY IN HEALTHY PERSON WHO HAVE RECURRENT ANKLE SPRAIN

เกศรินทร์ ประโยชน์อุดมเลิศ, วัชรารภรณ์ อุดมสุข, อธิรัตน์ รัตนวงศา, ผกาภรณ์ พุเจอร์ญ *

Kedsarin Prayoudomlerd, Watcharaporn Udomsuk, Atirath Ratanawongsa, Pakaporn Phucharoean *

สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: paka@swu.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อเท้าแพลงเป็นการบาดเจ็บที่พบได้บ่อย ทำให้ความแข็งแรงและการรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อลดลง ส่งผลให้ความมั่นคงในการทรงท่าลดลง วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงและการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า เพื่อเพิ่มความมั่นคงของการทรงท่าในบุคคลคนทั่วไปที่เคยข้อเท้าแพลงซ้ำ ขั้นตอนการวิจัย: บุคคลทั่วไปที่มีข้อเท้าแพลงซ้ำ จำนวน 36 คน อายุ 18-25 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน (ชาย 3, หญิง 9) โดยการสุ่ม กลุ่มแรกได้รับการฝึกความแข็งแรงของข้อเท้า กลุ่มที่สองได้รับการฝึกโพรพริโอเซพชั่น และกลุ่มที่สาม (กลุ่มควบคุม) ได้รับการฝึกความแข็งแรงร่วมกับโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเท้า วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า และวัดความเร็วในการเคลื่อนของจุดกึ่งกลางแรงกดของบนฝ่าเท้า (CoP) ด้วย Pro-balance master วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Two-way mixed ANOVA ผลการวิจัย: ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าการเคลื่อนไหวของ CoP (deg/sec) ขณะยืนทรงท่าบนขาข้างที่ฝึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), กล้ามเนื้อข้อเท้าที่ได้รับการฝึกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และค่าความคลาดเคลื่อนของการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมทั้ง 3 กลุ่ม สรุปผล: โปรแกรมการฝึกทั้ง 3 กลุ่ม สามารถเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าได้ในบุคคลทั่วไปที่เคยข้อเท้าแพลงซ้ำได้ในเวลา 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: โปรแกรมการฝึกความแข็งแรง โปรแกรมการฝึกโพรพริโอเซพชั่น การทรงท่า ข้อเท้าแพลงซ้ำ

Abstract

Background: Ankle sprains are among the most common injuries occurred while performing daily living activities and sport. After the sprains, the muscle strength and joint position sense may be decreased that altered the postural stability. Objective: In order to compare the effect of strengthening exercise program and ankle proprioceptive exercise program to improve the postural stability in the recurrent ankle sprain. Method: Thirty six healthy who has recurrent ankle sprain age between 18-25

years old were divided into 3 groups of 12 (3 men, 9 women). Group 1 do strengthening exercise, group 2 do ankle proprioception exercise and group 3; as the controlled group, do both exercise programs. The exercise program was 3 days a week and after 4 weeks the muscular strength, joint position sense and the degree of the movement at center of pressure (CoP) were measured. Two-way mixed ANOVA was used to compared the data collected from week 0 and week 4 and among the 2 exercise programs. Result: Following 4 weeks of exercises, the single limb stance CoP excursion was statistically significant decrease ($p < 0.05$) as well as the increased ankle muscular strength ($p < 0.001$) and joint position sense ($p < 0.05$). However there was no statistically significant different between the exercise groups. Conclusion: The postural stability was improved after 4 weeks of strengthening and proprioceptive exercise in recurrent ankle sprain subject.

Keywords: Postural stability, Proprioceptive program, Strengthening program, Recurrent ankle sprain

บทนำ

ข้อเท้าแพลง เป็นการบาดเจ็บที่พบได้บ่อย มักเกิดจากการบิดข้อเท้าอย่างรวดเร็วจากการเล่นกีฬา การกระโดดและลงสู่พื้นผิวดังหวะ รวมทั้งการสวมใส่รองเท้าที่ไม่เหมาะสม 90% ของข้อเท้าแพลงเกิดในลักษณะที่ข้อเท้าบิดเข้าด้านใน [1-3] ผู้ที่ข้อเท้าแพลงซ้ำอาจมีความมั่นคงในการทรงท่าลดลง [4-5]

การบาดเจ็บดังกล่าวจะทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ข้อเท้าแพลงซ้ำได้ง่าย การฟื้นฟูสภาพของเส้นเอ็นข้อเท้าที่บาดเจ็บให้คืนสภาพเดิมอาจใช้เวลานานถึง 1 ปี [6-7] นอกจากนี้ความแข็งแรงและการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้ายังมีผลต่อการเคลื่อนไหวและความมั่นคงในการทรงท่าในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน รวมถึงการเล่นกีฬา^๑ ซึ่งการฟื้นฟูด้วยการฝึกความแข็งแรงของข้อเท้าและการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้า จะช่วยป้องกันการบาดเจ็บซ้ำของข้อเท้าได้ [1, 9-10]

การศึกษาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะศึกษาโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงร่วมกับการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้าในนักกีฬาที่ข้อเท้าแพลง โดยใช้อุปกรณ์และทักษะด้านกีฬาร่วมด้วย [7] คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการส่งเสริมความแข็งแรงและโปรแกรมการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า ที่บุคคลทั่วไปสามารถปฏิบัติได้เอง โดยไม่ใช้อุปกรณ์และทักษะด้านกีฬา ใช้เวลาในการฝึกไม่นานและมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูความมั่นคงในการทรงท่า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกความแข็งแรง และการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า เพื่อเพิ่มความมั่นคงของการทรงท่าในบุคคลคนทั่วไปที่เคยข้อเท้าแพลงซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงและโปรแกรมการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า

วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัย เป็นกลุ่มประชากรที่ข้อเท้าแพลงซ้ำเพียงข้างใดข้างหนึ่งมากกว่า 1 ครั้ง ภายในเวลา 6 สัปดาห์ – 1 ปี จำนวน 36 คน (เพศชาย 9 คน, เพศหญิง 27 คน) มีอายุระหว่าง 18-25 ปี มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ ($18.5 - 24.9 \text{ kg/m}^2$) ไม่ได้เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายเป็นประจำ (มากกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์), ไม่มีประวัติกระดูกขาหัก ตั้งแต่สะโพกลงมา, ไม่เคยได้รับการผ่าตัดเท้าหรือข้อเท้าและไม่เกิดข้อเท้า

เพลงก่อนการทดสอบภายใน 6 สัปดาห์ แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงของข้อเท้า กลุ่มที่ได้รับการฝึกโพพริโอเซพชั่นของข้อเท้า และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงร่วมกับโพพริโอเซพชั่น อาสาสมัครทุกคนตอบแบบสอบถามและแบบประเมินความมั่นคงของข้อเท้า เพื่อคัดกรองระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บข้อเท้าใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่ม

เกณฑ์การคัดออกคือ ได้รับการฝึกอื่นนอกเหนือจากโปรแกรมฝึกของการวิจัยนี้ หรือฝึกไม่ครบ 12 ครั้ง หรือได้รับบาดเจ็บในระหว่างการฝึก, และผู้ที่ต้องการยุติการฝึกตามโปรแกรมที่ได้รับ อาสาสมัครได้ลงชื่อในหนังสือให้ความยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรฯ

โปรแกรมการฝึก

โปรแกรมที่ 1 ฝึกความแข็งแรงของข้อเท้า [11, 13-14]



ภาพที่ 1 แสดงท่าทางการฝึกความแข็งแรงของข้อเท้า

- ท่าที่ 1 เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Ankle dorsiflexor อาสาสมัครนั่งเก้าอี้ ขาข้างที่ต้องการฝึกวางด้านหน้า เกร็งกระดูกข้อเท้าข้างขึ้น ด้านแรงกดจากสันเท้าของขาอีกข้างที่วางทับบนหลังเท้า
 - ท่าที่ 2 เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Ankle Evertor อาสาสมัครนั่งเก้าอี้วางข้างเท้าด้านนอกชิดผนัง หรือขอบโต๊ะ ออกแรงบิดข้อเท้าออกด้านนอกพร้อมกับเฉียงขึ้นด้านบน ด้านกับผนัง หรือขอบโต๊ะ
 - ท่าที่ 3 เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Ankle Invertor อาสาสมัครนั่งเก้าอี้ วางข้างเท้าด้านในชิดผนัง หรือขอบโต๊ะ ออกแรงบิดข้อเท้าเข้าด้านในพร้อมกับเฉียงขึ้นด้านบน ด้านกับผนัง หรือขอบโต๊ะ
 - ท่าที่ 4 เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Ankle Plantarflexor อาสาสมัครยืนเขย่งปลายเท้าให้สูงที่สุดเท่าที่ทำได้ หากรู้สึกว่าจะล้ม ใช้มือแตะผนังหรือโต๊ะ ช่วยพยุงตัว (น้อยที่สุด) เพื่อไม่ให้ล้ม
- ท่าที่ 1-4 ให้ออกแรงมากที่สุดโดยไม่มีอาการเจ็บ เกร็งค้างไว้ 4 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้งต่อเซท จำนวน 2 เซทต่อท่า

โปรแกรมที่ 2 ฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า [15-16] (ขณะทำการฝึกสามารถกางแขนได้)



ภาพที่ 2 แสดงท่าทางการฝึกโพรพริโอเซพชั่นของข้อเท้า

ท่าที่ 1 ยืนบนขาข้างที่ต้องการฝึก ขาอีกข้างเหยียดตรง ยืนไปด้านหน้าให้ส้นเท้าเลยปลายเท้าข้างที่ยืนและลอยพื้นพื้น หน้ามองตรง หลังตา ยืนทรงท่าค้างไว้ 30 วินาที

ท่าที่ 2 ยืนบนขาข้างที่ต้องการฝึก ขาอีกข้างงอเข้า 90° ต้นขาทั้งสองอยู่ในแนวตรงปกติ หลังตา ยืนทรงท่าค้างไว้ 30 วินาที

แต่ละท่าทำซ้ำ 3 ครั้ง หากรู้สึกว่าจะล้ม ใช้มือแตะผนังหรือพนักเก้าอี้ ช่วยพยุงตัว (น้อยที่สุด) เพื่อไม่ให้ล้ม

โปรแกรมที่ 3 ฝึกทั้งโปรแกรมที่ 1 และโปรแกรมที่ 2

ตัวแปรที่ศึกษา

ความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนของจุดกึ่งกลางแรงกดของบนฝ่าเท้า (CoP) วัดด้วยเครื่อง Pro - balance master version 8.0 Mode: Unilateral stance ยืนบนขาข้างเดียว หน้ามองตรงแขนวางข้างลำตัว ขาอีกข้างงอสะโพกและงอเข้า 90° ยืนทรงตัวให้หนึ่งที่นานที่สุดนาน 10 วินาที ทดสอบ 4 กรณี คือ ยืนบนขาขวา ลืมตา และหลังตา ยืนบนขาซ้าย ลืมตา และหลังตา

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ วัดด้วย Hand held dynamometer [17-18] มีรายละเอียดดังนี้

จัดท่านอนหงาย ปลายเท้าพื้นเตียง ตรึงสะโพก และขาที่นอนบนไว้กับเตียงด้วยเข็มขัด วาง Hand held dynamometer ที่ฝ่าเท้าบริเวณ Metatarsophalangeal joint วัดกำลังกล้ามเนื้อ Ankle plantarflexor ส่วนทำนองห้อยขาข้างเตียง ใช้เข็มขัดตรึงต้นขาทั้งสองข้าง และจัดข้อเท้าให้อยู่ในท่าปกติ (neutral position) วาง Hand held dynamometer บนหลังเท้าเหนือต่อ Metatarsophalangeal joint เพื่อวัดกำลังกล้ามเนื้อ Ankle dorsiflexor, วาง Hand held dynamometer ที่ Fifth Metatarsophalangeal joint เพื่อวัดกำลังกล้ามเนื้อ Ankle evtor และวาง Hand held dynamometer ที่ First Metatarsophalangeal joint เพื่อวัดกำลังกล้ามเนื้อ Ankle invertor โดยให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบ Isometric maximal contraction ทำซ้ำ 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 30วินาที และพักระหว่างเปลี่ยนกลุ่มกล้ามเนื้อ 1 นาที นำค่าที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ผล

การรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้า (joint position) วัดด้วย Inclinator [16, 19] วัดในท่านอนหงายปลายเท้าพื้นขอบเตียง วาง Inclinator ตามแนวกระดูกฝ่าเท้าชั้นที่สามและกึ่งกลางส้นเท้า ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหลับตาในขณะที่จัดข้อเท้าในท่า Dorsiflexion 0° ค้างไว้ 5-10 วินาที จากนั้นขยับข้อเท้าขึ้น-ลง 3 รอบ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคลื่อนข้อเท้ากลับมาให้ใกล้เคียงท่าเริ่มต้นมากที่สุด ทำซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นวัดการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้า ในท่า Plantarflexion 15° ตามขั้นตอนเดิม นำค่าองศาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยขยับข้อเท้าคลาดเคลื่อนจากท่าเริ่มต้น (Dorsiflexion 0° , Plantarflexion 15°) มาวิเคราะห์ผลการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้า



ภาพที่ 3 แสดงท่าหนึ่งในการวัดความแข็งแรงและการวัดผลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Ankle plantarflexor ด้วย Hand held dynamometer และวัดการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าด้วย Inclinator

การทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้วัดในการใช้ Hand held dynamometer (intratester reliability) ศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครปกติ 10 คน โดยวัดซ้ำ 2 ครั้ง ห่างกัน 1 สัปดาห์ พบว่า Intraclass Correlation Coefficients มีค่า 0.92-0.98 ทั้ง 4 กลุ่มกล้ามเนื้อที่ศึกษา และ ICC ของผู้วัดในการใช้ Inclinator มีค่า 0.98

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

Two-Way Mixed ANOVAs (SPSS 11.5) ที่นัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

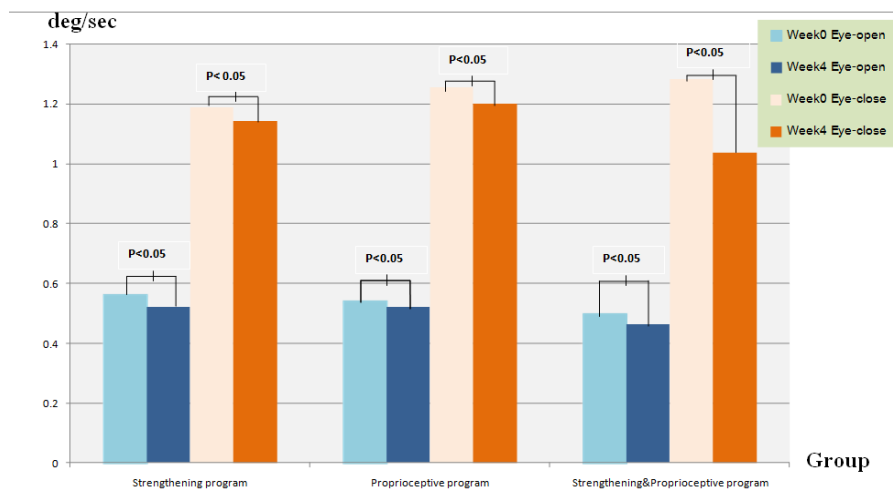
ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยถูกคัดออกบางส่วนเนื่องจากได้รับอุบัติเหตุข้อเท้าแพลง, ฝึกไม่ครบ 4 สัปดาห์ จึงมีจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มฝึกความแข็งแรง 9 คน กลุ่มฝึกโพรพริโอเซพชั่น 9 คน และกลุ่มควบคุม 11 คน และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย ระหว่างกลุ่ม

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

Group	Strengthening program		Proprioceptive program		Control	
	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.
Date						
Age (years)	19.8	0.4	19.2	0.2	19.1	0.2
Weight (kg.)	54.3	2.4	55.1	2.3	57.0	1.42
Height (cm.)	163.7	2.5	162.9	2.2	162.4	2.3
BMI (kg./m. ²)	20.2	0.6	20.7	0.7	21.7	0.5

หลังการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ทุกกลุ่มมีค่าความเร็วในการเคลื่อนของ CoP (deg/sec) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ทั้งนี้กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ CoP ในทำยืนหลับตา ระหว่างก่อนและหลังการฝึกแตกต่างกันมากที่สุด (week 0 = 1.28 ± 0.31 , week 4 = 1.03 ± 0.16) รองลงมาคือ กลุ่มการฝึกความแข็งแรง (week 0 = 1.18 ± 0.25 , week 4 = 1.14 ± 0.21) และกลุ่มการฝึกโพรพริโอเซพชั่น (week 0 = 1.25 ± 0.30 , week 4 = 1.20 ± 0.26) ส่วนในการยืนทรงท่าขณะลืมตาพบว่า กลุ่มการฝึกโพรพริโอเซพชั่น มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างก่อนและหลังการฝึกมากที่สุด (week 0 = 0.54 ± 0.14 , week 4 = 0.52 ± 0.08) รองลงมาคือ กลุ่มฝึกความแข็งแรง (week 0 = 0.57 ± 0.12 , week 4 = 0.52 ± 0.13) และกลุ่มควบคุม (week 0 = 0.50 ± 0.89 , week 4 = 0.463 ± 0.05)



ภาพที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงความเร็วในการเคลื่อนของ CoP ขณะยืนทรงท่า ลืมตา-หลับตา ก่อนและหลังการฝึก

หลังการฝึกในแต่ละโปรแกรมพบว่า กล้ามเนื้อทุกกลุ่มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Ankle dorsiflexor, Ankle plantarflexor, Ankle evertor, Ankle invertor ทั้งก่อนและหลังการฝึก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงในกลุ่มกล้ามเนื้อ Ankle dorsiflexor, Ankle plantarflexor, Ankle evertor, Ankle invertor ก่อน (week 0) และหลัง (week 4) การฝึก

Muscle	Ankle dorsiflexor (kg.)			Ankle plantarflexor (kg.)		
	Week 0	Week 4	Diff	Week 0	Week 4	Diff
Strengthening program	14.8 ± 4.37	16.6 ± 3.94	1.81*	21.0 ± 4.89	25.1 ± 4.89	4.10*
Proprioceptive program	16.9 ± 2.66	17.1 ± 3.22	0.13*	22.9 ± 2.59	24.7 ± 2.71	1.72*
Control	15.9 ± 5.33	17.7 ± 4.27	1.77*	20.9 ± 3.15	25.5 ± 4.34	4.64*

Muscle	Ankle evertor (kg.)			Ankle invertor (kg.)		
	Week 0	Week 4	Diff	Week 0	Week 4	Diff
Strengthening program	6.1 ± 2.07	7.2 ± 1.81	1.100*	6.2 ± 2.08	7.5 ± 2.08	1.22*
Proprioceptive program	6.0 ± 0.96	6.5 ± 1.64	0.467*	6.7 ± 1.88	7.9 ± 1.86	1.20*
Control	5.9 ± 1.66	7.4 ± 1.40	1.527*	6.8 ± 1.72	7.6 ± 1.72	0.80*

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) Diff = ความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการฝึก

การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อข้อเท้า หลังการฝึกทุกกลุ่ม มีค่าความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ค่าเฉลี่ยและส่วน

เปรียบเทียบมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในการรับรู้ตำแหน่งข้อเท้าที่มุม Dorsiflexion 0° และ Plantarflexion 15° ในก่อน (week 0) และหลัง (week 4) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการรับรู้ตำแหน่งข้อเท้าที่มุม Dorsiflexion 0° และ Plantarflexion 15° ก่อน (week 0) และหลัง (week 4) การฝึก

Position	Dorsiflexion 0° (degree)			Plantarflexion 15° (degree)		
	Week 0	Week 4	Diff	Week 0	Week 4	Diff
Strengthening program	3.9 ± 3.07	3.7 ± 3.58	0.29*	4.5 ± 3.34	3.6 ± 2.58	0.96*
Proprioceptive program	3.9 ± 1.75	2.5 ± 1.21	1.41*	4.7 ± 2.28	3.3 ± 1.93	1.44*
Control Group	3.4 ± 1.73	2.8 ± 1.91	0.69*	4.1 ± 1.51	2.0 ± 1.48	2.06*

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) Diff = ความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการฝึก

สรุปและอภิปรายผล

ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนไหวของ CoP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในทุกกลุ่ม โดยพบว่า กลุ่มควบคุมมีแนวโน้มได้ผลดีที่สุด รองลงมาคือกลุ่มฝึกความแข็งแรง และกลุ่มฝึกโพพรีโอเซพชันตามลำดับ การเคลื่อนไหวของจุดกึ่งกลางของแรงกดฝ่าเท้า (CoP) เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยส่งเสริมความมั่นคงในการทรงท่า [20] ดังที่ผลการวิจัยของ Zech A. และคณะ ในปี ค.ศ. 2010 ที่พบว่า การฝึกความมั่นคงในการทรงท่า ผ่านระบบการรับรู้ความรู้สึก และระบบประสาททนต์ ในส่วนของระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Neuromuscular control ส่งผลให้ความมั่นคงในการทรงท่าดีขึ้น [21] และเนื่องจากกลุ่มควบคุมได้รับการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อเท้าร่วมกับการฝึกโพพรีโอเซพชัน จึงอาจได้รับประโยชน์จากการฝึกมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ที่ฝึกเพียงอย่างเดียวหนึ่งเท่านั้น

การศึกษานี้กำหนดวิธีวัดความเร็วในการเคลื่อนไหวของ CoP ในท่ายืนบนขาเดียว ขาอีกข้างงอเข้าและงอสะโพก 90° ซึ่งเป็นท่าที่มีความยากมากกว่าท่าทางที่ใช้ในการฝึก เนื่องจากจุดศูนย์กลางมวล (CG) เลื่อนไปด้านหน้ามากขึ้น และเพื่อให้เทียบเคียงได้กับท่าทางในชีวิตประจำวัน เช่น การก้าวเดินและก้าวขึ้นบันได

โปรแกรมการฝึกความแข็งแรง ช่วยให้กล้ามเนื้อรอบข้อเท้ามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และมีการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเท้า 3 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าได้ [12] เนื่องจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนับเป็นปัจจัยสำคัญในการทรงท่า [22] และการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ยังช่วยส่งเสริมการรับข้อมูลตำแหน่งของข้อต่อ (joint position) ผ่านทางตัวรับรู้ในกล้ามเนื้อ, เอ็นกล้ามเนื้อ, ข้อต่อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่างๆ ซึ่งจะถูกระตุ้นผ่าน วงจร Monosynaptic stretch reflex ซึ่งเกี่ยวข้องกับ muscle spindle receptor โดยเชื่อมต่อใน เส้นใยประสาท 1-a เช่นเดียวกับ Golgi tendon organ เชื่อมต่อกับเส้นใยประสาท 1-b [23] ท่าทางการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Tibialis posterior (ท่าที่ 4) เป็นท่ายืน มีน้ำหนักตัวผ่านลงสู่ข้อเท้า ส่งผลให้มีแรงกระทำต่อตัวรับรู้ที่ข้อเท้า กระตุ้นการเรียนรู้ผ่านระบบประสาทส่วนกลางและเกิดการตอบสนองต่อการทรงท่า [24]

เมื่อข้อเท้าแพลง ทำให้กลไกการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าบกพร่อง ส่งผลให้ความมั่นคงในการทรงท่าลดลง [25] การศึกษาที่ผ่านมาให้การฝึกการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่า และป้องกันการบาดเจ็บซ้ำ [26] ซึ่งสอดคล้องกับผลของการฝึกในกลุ่มโพพรีโอเซพชัน ที่มีความสามารถในการเคลื่อนไหวข้อเท้า

เข้าใกล้ท่าทางที่ต้องการได้ดีขึ้น นอกจากนี้ท่าทางที่ใช้ฝึกคือการยืนทรงท่าบนขาข้างเดียวนาน 30 วินาที ยังช่วยกระตุ้นการทำงานประสานสัมพันธ์กัน (Co-contraction) ระหว่างกล้ามเนื้อรอบๆ ข้อเท้า อาจส่งเสริมให้กล้ามเนื้อเหล่านั้นมีประสิทธิภาพในการหดตัวดีขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงท่าได้ [27]

ข้อจำกัดในการศึกษานี้คือการติดตามให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยปฏิบัติตามโปรแกรมที่ได้รับอย่างเต็มที่ เนื่องจากช่วงเวลาในการฝึกตามโปรแกรมตรงกับช่วงสอบของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัย 3 คน ในกลุ่มการฝึกความแข็งแรง และ 1 คน ในกลุ่มการฝึกโพรพรีโอเซพชั่น ปฏิบัติไม่ครบ 12 ครั้ง และมีผู้ได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อเท้า และเข้าอีกจำนวนหนึ่งจึงต้องออกจากการศึกษา

อย่างไรก็ตามการฝึกตามโปรแกรมทั้ง 3 กลุ่ม เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ยังส่งผลในการช่วยเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าขณะยืนขาเดียวได้ จึงสามารถนำโปรแกรมการฝึกความแข็งแรง หรือโพรพรีโอเซพชั่น ซึ่งเป็นท่าทางที่ง่าย ใช้เวลาไม่มาก ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์หรือมีทักษะการเคลื่อนไหว ไปใช้ในการฟื้นฟูสภาพผู้ที่มีข้อเท้าแพลงได้ และในการศึกษาครั้งต่อไป อาจศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการทรงท่า หรือเพิ่มความยากของท่าทางที่ใช้ฝึก เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rahnama, L.; et al. (2007, Mar). Attentional demands and postural control in athletes with and without functional ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 40(3): 180-187.
- [2] Holmer, P.; et al. (1994, February). Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot Ankle.* 15(2): 72-74.
- [3] Yeung, M.S.; et al. (1994, June). An epidemiological survey on ankle sprain. *Br J Sports Med.* 28(2): 112-116.
- [4] Moller-Larsen, F.; et al. (1988, October). Comparison of three different treatments for ruptured lateral ankle ligaments. *Acta Orthop Scand.* 59(5): 564-566.
- [5] Vuust, M.; et al. (1984). Lateral and anterior instability in acute ankle distortion. A radiologic investigation. *Acta Radiol Diagn (Stockh).* 25(6): 507-511.
- [6] Freeman, M.A. (1965, November). Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 47(4): 669-677.
- [7] Verhagen, E.; et al. (2005, December). The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 20(10): 1094-1100.
- [8] Lee, A.J.; et al. (2006, May). Effects of posture and application techniques on initial pressures delivered by bandages of different physical properties. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 31(5): 542-552.
- [9] Bernier, J.N.; & Perrin, D.H. (1998, April). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 27(4): 264-275.
- [10] Nyland, J.; et al. (2002, July). Frontal plane knee angle affects dynamic postural control strategy during unilateral stance. *Med Sci Sports Exerc.* 34(7): 1150-1157.
- [11] Mattacola, C.G.; & Dwyer, M.K. (2002, December). Rehabilitation of the Ankle after Acute Sprain or Chronic Instability. *J Athl Train.* 37(4): 413-429.

- [12] Han, K.; Ricard, M.D.; & Fellingham, G.W. (2009, April). Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther.* 39(4): 246-255.
- [13] Prentice, William E. (1999). *Rehabilitation techniques in sports medicine.* 3th ed. United stated of America: McGraw-hill.
- [14] Levy, Allan M.; & Mark, L. (1993). *Sport injury handbook.* United stated of America: John Wiley&Sons.
- [15] Verhagen, E.; et al. (2005, December). The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 20(10): 1094-1100.
- [16] Verhagen, E.; et al. (2004, September). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *Am J Sports Med.* 32(6): 1385-1393.
- [17] Spink, M.J.; et al. (2011, January). Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 92(1): 68-75.
- [18] Boiteau, M.; Malouin, F.; & Richards, C.L. (1995, September). Use of a hand-held dynamometer and a Kin-Com dynamometer for evaluating spastic hypertonia in children: a reliability study. *Phys Ther.* 75(9): 796-802.
- [19] SHOICHI HASEGAWA; et al. (2006). *Nation institute of technology and evaluation, Measurement method of passive counteraction of joint.* United stated of America: ACM. Retrieved September 7, 2011, from http://haselab.net/files/paperDB_uploads/pdf-tnmt2snz.pdf
- [20] Nakappan, S.; et al. (2005). Variations in Anterior-Posterior CoP Patterns in Elderly Adults Between Psychophysically Detected and Non-Detected Short Horizontal Perturbations. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 5: 5427-5430.
- [21] Zech, A.; et al. (2010, August). Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *J Athl Train.* 45(4): 392-403.
- [22] Corbeil, P.; et al. (2003, October). Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture.* 18(2): 92-100.
- [23] Matthews, P.B.; & Stein, R.B. (1969, May). The regularity of primary and secondary muscle spindle afferent discharges. *J Physiol.* 202(1): 59-82.
- [24] Lentell, G.; et al. (1995). The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 21: 206-215.
- [25] Garn, S.N.; & Newton, R.A. (1988, november). Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Physical Therapy.* 68(11): 1667-1671.
- [26] Friden, T.; et al. (1989, January). A stabilometric technique for evaluation of lower limb instabilities. *Am J Sports Med.* 17(1): 118-122.
- [27] Raymond Francis Reynolds. (2011, July). The ability to voluntarily control sway reflects the difficulty of the standing task. *Clinical Neurophysiology.* 122(7): 1396-1404.

SWU6-1054: ความผิดปกติของการทนต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในผู้ป่วยเบต้าธาลัสซีเมีย/ ฮีโมโกลบินอี

ABNORMAL GLUCOSE TOLERANCE IN β -THALASSEMIA/HbE PATIENTS

พัชรา รัตนาพร^{1*}, สุทัศน์ ฟูเจริญ², ดลينا ตันหยง³

Patchara Rattanaporn^{1*}, Suthat Fucharoen², Dalina Tunyong³

¹ภาควิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹Department of Clinical Microscopy, Faculty of Medical Technology, Mahidol University, Thailand.

²สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล

²Institute of Molecular Bioscience, Mahidol University, Thailand.

³ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

³Department of Medicine, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: patchara_wu@hotmail.com

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานเป็นหนึ่งในโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นบ่อยในผู้ป่วยเบต้าธาลัสซีเมีย แต่ปัจจุบันกลไกการเกิดและปัจจัยเสี่ยงของโรคดังกล่าวยังไม่ทราบแน่ชัด การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความชุกของโรคเบาหวานและปัจจัยการเกิดโรคเบาหวานในผู้ป่วยโรคเบต้าธาลัสซีเมีย/ฮีโมโกลบินอี โดยทำการทดสอบการทนต่อระดับน้ำตาลกลูโคส หรือ oral glucose tolerance test (OGTT) เป็นการทดสอบที่ช่วยวินิจฉัยโรคเบาหวานในผู้ป่วยและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 24 คน และมีการเก็บข้อมูลการตรวจเบื้องต้น การรักษา ประวัติการเป็นเบาหวานของคนในครอบครัว การทำงานของตับและการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและซี จากการศึกษาพบว่า ความชุกของเบาหวานในผู้ป่วยคิดเป็น 16.66% กลุ่มที่กำลังจะเป็นเบาหวาน (Impair glucose tolerance) คิดเป็น 20.8% ซึ่งปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวานในผู้ป่วยดังกล่าวประกอบด้วยอายุของผู้ป่วย และอายุที่ได้รับยาขับเหล็กครั้งแรก

คำสำคัญ: เบต้าธาลัสซีเมีย/ฮีโมโกลบินอี เบาหวาน การทดสอบการทนต่อระดับน้ำตาลกลูโคส

Abstract

Diabetes Mellitus (DM) is one of complications which commonly found in β -thalassemia patients, however its mechanism and risk factors remain unclear. The objective of this study is to assess prevalence and risk factors of DM in β -thalassemia/HbE patients. Oral glucose tolerance test (OGTT) was performed for diagnosis of DM in 24 β -thalassemia/HbE patients and 24 normal controls. Then physical examination, treatment history and family history were assessed. In addition, liver function test, hepatitis B and C were also studied. The results showed that prevalence of diabetes mellitus was 16.66% (4 of 24 patients) and impaired oral glucose tolerance (IGT) was 20.8% (5 of 24 patients). The risk factors of diabetes mellitus (DM) that effect in development of DM in beta-thalassemia/HbE patients include age, and age at first iron chelation therapy.

Keywords: Beta-thalassemia/HbE, Oral glucose tolerance, Diabetes mellitus

Introduction

Thalassemia is an autosomal recessive disorder which resulting from mutation of globin genes lead to reduce or absence globin chain and/or defect in structure of globin chains. The prevalence of thalassemia world wide is 5% whereas thalassemia and hemoglobinopathies most commonly found in Thailand approximately 30-40% [1]. There are two main types of thalassemia include alpha-thalassemia and beta-thalassemia. Hemoglobin E is one of the most common abnormal hemoglobin in Thailand. Its estimated prevalence is 13-20% and the highest prevalence is reported in northeast approximately 30-50% [1].

β -thalassemia results from mutation, mainly point mutation on globin gene on chromosome 11 lead to reduce (β^+ -thalassemia) or absence (β^0 -thalassemia) beta-globin chain [2]. The reduction of beta-globin chain lead to excess alpha globin chain which precipitates in both precursor cells causes ineffective erythropoiesis and hemolyzed mature red blood cells [3]. Anemia in patients causes tissue hypoxia and activates erythropoietin production in kidney effect on the increasing erythroid production affect bone marrow expansion, a hypermetabolic state with wasting and malaise, bone fragility, nutrition deficiency and increased iron absorption [3]. Patients with anemia require blood transfusion to improve survival. These lead to iron overload which is major cause of complications such as heart failure, cirrhosis, growth retardation and endocrine complications, especially diabetes mellitus [4].

DM which represents high level of blood glucose is commonly found in general population. In 2010, prevalence of DM worldwide approximately 6.4% was reported by World Diabetes Foundation and in Thailand was 9.6% [5]. There are many complications occur DM such as eyes damage and blindness, heart and blood vessel diseases, neuropathy, renal failure, and urinary tract infection [6]. The patients have low quality of life and death. The main risk factors of DM in normal subjects include history, overweight, exercise and high blood pressure 1 [7]. Prevalence of DM has been reported in β -thalassemia major range from 2.3-24% [8] but risk factors and its mechanism is remains unclear.

Objectives

This study aim to assess prevalence and risk factors of diabetes mellitus in β -thalassemia/HbE patients.

Methods

25 beta-thalassemia/HbE patients were recruited by using criteria include [1] age \geq 20 years old, [2] no blood transfusion at least 1 month before blood sample collection, [3] no treated by hydroxyurea and prednisolone at least 1 week and [4] no diabetes mellitus history. The data was collected included age at first blood transfusion, the duration of blood transfusion, the amount of blood transfusion, age at first iron chelation therapy, age at splenectomy, family history of DM, weight, height, liver function test and hepatitis B and C.

The oral glucose tolerance test was performed to diagnose diabetes mellitus in the morning after overnight fast and 75g of glucose dissolved in water about 250 ml was ingested. The diabetes was

definite follow World Health Organization (WHO) (table 1 and 2). Blood were collected at 0, 30, 60, 90, 120 and 180 mins to measure plasma glucose level. DM was diagnosed when fasting plasma glucose \geq 100 mg/dL and plasma glucose at 120 mins \geq 200 mg/dL.

All data were analyzed by using Oneway ANOVA and t-test to compare between each group of beta-thalassemia/HbE patients and control subjects at p-value \leq 0.005.

Table 1 Diabetes diagnosis by using fasting plasma glucose.

Plasma Glucose Result (mg/dl)	Diagnosis
99 or below	Normal
100 to 125	Pre-diabetes (Impaired fasting glucose)
126 or above	Diabetes

Table 2 Diabetes diagnosis by using 2-hours plasma glucose.

2-hours Plasma Glucose Result (mg/dl)	Diagnosis
139 or below	Normal
140 to 199	Pre-diabetes (Impaired glucose tolerance)
200 or above	Diabetes

Results

The plasma glucose level of both controls and each group of patients were showed in figure 1 and table 3. After oral glucose tolerance test (OGTT) was assessed in 25 β -thalassemia/HbE patients, 4 patients was diagnosed DM (16.6%) which presented 2 hours plasma glucose over 200 mg/dl and 5 patients was diagnosed IGT (20.1%). When compared mean of plasma glucose levels between controls and patients with NGT found that no significantly different at 0 min or after overnight fasting, 30, 60, 90, 120 and 180 min (p-value>0.05). The mean of plasma glucose levels of patients with IGT were significantly higher than controls at 60, 90 and 120 min (p-value < 0.05) while mean of plasma glucose levels of DM were significantly higher than controls at 30, 60, 90, 120 and 180 min (p-value < 0.05). The mean of plasma glucose levels in patients with IGT were significantly higher than patients with NGT at 90

and 120 min (p -value < 0.05) while in patients with DM, the mean of plasma glucose levels were significantly higher than NGT at 30, 60, 90, 120 and 180 min (p -value < 0.05). Patients with DM had mean of plasma glucose levels significantly higher than patients with IGT at 90 and 120 min (p -value < 0.05)

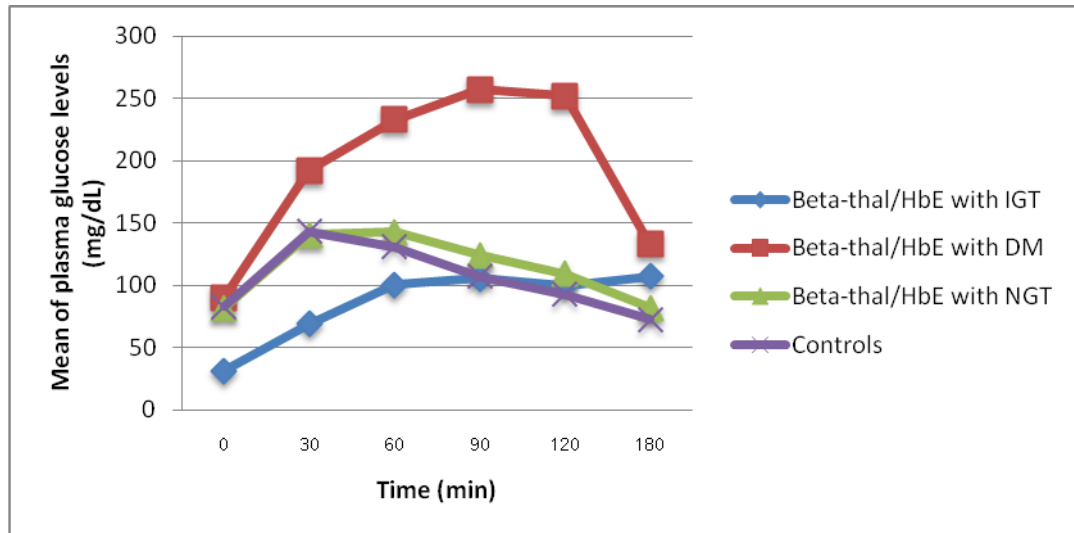


Figure 1 The mean of plasma glucose levels of patients and control at different time.

The characteristic of patients with DM, IGT and NGT were compared in table 4. The age of patients with DM and IGT significantly higher than controls and NGT. All patients had weight lower than control while height and BMI were not different. All of patients with DM and IGT have received blood transfusion (100%) but in patients with NGT, 12 from 15 patients have received blood transfusion (80%). The levels of AST and ALT, patients with NGT and IGT were significantly higher than control but not different between patients with DM compared with control and between each group of patients. All patients in both IGT and DM were received blood transfusion, however mean age at first blood transfusion, duration, amount of blood transfusion and splenectomy were no significantly different compared between groups of patients. Age at first iron chelation therapy in patient with NGT was significantly lower than IGT. Family history of DM was found in one patient of DM and 3 patients with IGT. Hepatitis B and C were no found in all patients.

Table 3 The mean of plasma glucose levels in studied patients and controls.

Time (min)	Controls (mean±S.D.; n=24) mg/dL	All patients (mean±S.D.; n=24) mg/dL	NGT (mean±S.D.; n=16) mg/dL	IGT (mean±S.D.; n=5) mg/dL	DM (mean±S.D.; n=4) mg/dL
0	81.08±5.96	84.16±7.08	80.63±6.87	86.8±8.01	90±3.16
30	139.84±25.64	151.62±27.79	130.72±13.84	152.4±24.56	182±17.82***
60	131.96±37.8	168.33±45.02*	138.9±19.92	193.0±47.97*	233±31.86***
90	109±32.9	159.25±59.4*	122.45±15.62	186.0±40.86***	257.25±54.72***
120	99.32±21.33	143.21±58.92*	109.27±16.94	158.6±20.88***	252±47.53***
180	72±20.55	93.62±36.98*	89.9±27.58	97.2±43.55	143±40.9***

NGT = Normal glucose tolerance

IGT = Impair glucose tolerance

DM = Diabetes mellitus

*p-value < 0.05 compared with controls

** p-value < 0.05 compared with NGT

***p-value < 0.05 compared with IGT

Table 4 Comparison of characteristics and laboratory results between each group of patient and control.

Parameter	Control (n=24)	All patient (n=24)	NGT (n=15)	IGT (n=5)	DM (n=4)
Age (year)	25.68±5.32	36.44±8.81*	32.38±6.72*	42.8±9.96***	44.4±6.52***
Weight (Kg.)	64.21±23.57	46.44±5.61*	47.88±5.01	44.89±6.94	43.01±5.45
Height (cm.)	159.62±6.45	156.97±10.47	157.86±9.26	152.4±14.15	159.37±11.2
BMI	20.54±3.7	18.92±2.23	19.31±2.14	19.31±1.24	16.96±1.62
AST (U/L)	18.04±4.18	38.29±22.7*	35.86±24.52*	54.2±19.2	27.5±7.04
ALT (U/L)	27.08±4.95	43.83±20.50*	42.0±22.49*	52.4±19.5	40.0±14.69
Blood transfusion yes/no	-	21/24	12/15	5/5	4/4
Age at first blood transfusion (month)	-	7.88±6.49	13.7±13.0	8.6±6.42	3.75±2.75
Duration between each blood transfusion (month)	-	15.12±20.35	15.5±14.38	18.8±19.08	3.25±2.21
Amount of blood transfusion (Unit)	-	6.44±7.42	4.1±3.55	3.45±4.88	10.0±9.38
Splenectomy yes/no	-	14/24	7/15	3/5	4/4
Age at splenectomy (year)	-	18.55±13.79	18.58±13.8	27.66±21.03	12.75±4.5
Iron chelation therapy yes/no	-	15/24	8/15	3/5	4/4
Age at iron chelation therapy (year)	-	18.55±13.79	30.25±6.27	41.66±7.09**	35.75±4.19
Family history of DM	-	7/24	3/15	3/5	1/4

BMI = Body mass index

AST = Aspartate aminotransferase

ALT = Alanine aminotransferase

*p-value < 0.05 compared with controls

**p-value < 0.05 compared with NGT

Conclusions and Discussion

In this study, we found that all 4 and 5 patients were diagnosed to DM and IGT respectively by using OGTT but their fasting plasma glucose levels (at 0 min) could not used for diagnosis. This suggests that OGTT may be useful to diagnose DM in thalassemic patients and many previously reports found that OGTT had more sensitivity than fasting plasma glucose [9].

Nineteen of patients had abnormal glucose tolerance (AGT) (37.5%) include DM 16.66% and IGT 20.8%. This prevalence is higher than prevalence of DM previously reported in Thailand approximately 9.6% in 2000 [10]. The prevalence of DM in beta-thalassemia patients had been reported in many studies which depend on many factors such as age, blood transfusion, iron chelation therapy, liver function and splenectomy [9].

The mechanism of DM in this patient is more complex and has many factors involved. Risk factors which associated with DM and IGT include age of patients that in DM is higher than IGT, NGT and control may be results from impairment of organs relate with glucose homeostasis in older patient. From this study, the development of DM may be relate with severity of patients because of all 4 patients with DM are β^0 -thalassemia/HbE which is severe type of thalassemia. The levels of liver function included AST and ALT in all patient groups were higher than control but no different between each group. It could be resulted from few subjects in the studied. The mean age at first iron chelation therapy is one factor that causes DM in the patients. We found that in patients with NGT had been treated by iron chelator faster than IGT and DM. However, the further study is recommended to assess risk factors of DM in thalassemic patients.

Conclusions

The prevalence of DM and IGT among β -thalassemia/HbE patients were 16.66% and 20.8%, respectively. The significantly characteristic associated with both DM and IGT are age of patients and age at first iron chelation therapy.

References

- [1] Fucharoen, S.; & Wichagoon, P. (1987). Hemoglobinopathies in Southeast Asia. *Hemoglobin*. 11(1): 65-88.
- [2] Galanello, R.; & Origa, R. (2010, May). Beta-thalassemia. *Orphanet J Rare Dis*. 5(11): 1-15.
- [3] Weatherall, D. (2003). Beginning: the molecular pathology of haemoglobin. In *Molecular Haematology*. 2nd ed. Provan, D.; Gribben; J., editors. Cornwall: MPG Books.
- [4] Aydinok, Y.; et al. (2002, February). Endocrine Complication in Patients with β -thalassemia Major. *Journal of Tropical Medicine*. 48: 50-4.
- [5] World Diabetes Foundation. (2010). *Diabetes facts*. Retrived January, 20, 2011, form <http://www.worlddiabetesfoundation.org/composite-35.html>
- [6] Department of Noncommunicable Disease Surveillance. (1999). *Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its complications*. Geneva: World Health Organization.
- [7] Wild, S.; et al. (2004, October). Global prevalence of diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 27(5): 1047-1053.

- [8] Jaruratanasisrikul, S.; et al. (2008, August). Prevalence of impaired glucose metabolism in β -thalassemia children receiving hypertransfusions with a suboptimal dosage of iron-chelating therapy. *Eur J Pediatr.* 167: 873-876.
- [9] Hafez, M.; et al. (2009). Abnormal glucose tolerance in β -thalassemia: assessment of risk factors. *Hemoglobin.* 33(2): 101-108.
- [10] Aekplakorn, W.; et al. (2003, April). The prevalence and management of diabetes in Thai adults: The international collaborative study of cardiovascular disease in Asia. *Diabetes Care.* 26(10): 2758-2762.

SWU6-1064: การคัดแยกและทดสอบการสร้างสารรอยเทอรินและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของ แบคทีเรียกรดแลคติก

ISOLATION AND DETECTION OF REUTERIN PRODUCTION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF LACTIC ACID BACTERIA

จันทนา จิมแจ่ม¹, เบนจามาต วงศ์สัตยนนท์², มาลัย ทวีโชติภักดิ์^{2*}

Juntana Chimchang¹, Benjamas Wongsatayanon², Malai Taweechotipatr^{2*}

¹สาขาวิชาอณูชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Molecular biology program, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-Mail: malai@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้คัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) จากอุจจาระของทารกหลังคลอดที่มีสุขภาพดีและอาหารหมัก โดยอาศัยคุณสมบัติการติดสีแกรมบวก และไม่สร้างเอนไซม์อะซิเตเลส ผลพบว่าจากแบคทีเรียกรดแลคติก 320 สายพันธุ์ เป็นแบคทีเรียแบบกลม (cocci) 36 สายพันธุ์ แบบแท่งกลม (cocci) 72 สายพันธุ์ และแบบแท่ง (rods) 212 สายพันธุ์ ทุกสายพันธุ์นำมาตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอริน โดยใช้ spot overlay technique ผลการศึกษาพบว่า แบคทีเรียกรดแลคติก จำนวน 6 สายพันธุ์ คือ H8, H9, H122, H123, H210 และ H323 สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินได้ เมื่อนำแบคทีเรีย จำนวน 6 สายพันธุ์ นี้ มาทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ โดยวิธี agar well diffusion พบว่า มีเพียง 1 สายพันธุ์ คือ H210 มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans* ผลการศึกษานี้สามารถคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ที่สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินและมีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อได้ดี ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นโพรไบโอติกเพื่อป้องกันและรักษาการติดเชื้อในทางเดินอาหารได้

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแลคติก ฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ รอยเทอริน โพรไบโอติก

Abstract

In this study, lactic acid bacteria (LAB) were isolated from healthy infant feces and fermented food products to detect for antimicrobial activity production under anaerobic conditions. A total of 320 lactic acid bacteria were isolated and 36, 72 and 212 isolates were in cocci, coccobacilli and bacilli shaped. They were all gram-positive and catalase-negative. All isolates were tested for their production of antimicrobial substance, reuterin by spot overlay technique. Six isolates of lactic acid bacteria, H8, H9, H122, H123, H210 and H323, produced reuterin and they were tested antimicrobial activity by using agar well diffusion method. Only 1 isolate, H210 strains demonstrated potent antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. The results of this study

showed isolation of lactic acid bacteria which is able to produce reuterin and showed antibacterial activity against indicator strains. Thus, the active isolate could be used as probiotics to prevent and treatment of enteric infections.

Keywords: Lactic acid bacteria, Antimicrobial activity, Reuterin, Probiotic

บทนำ

จุลินทรีย์บางชนิดที่อาศัยอยู่ในร่างกาย หรือพบในอาหารหมักดอง ผลิตภัณฑ์นม หรือนมเปรี้ยว มีประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพ [1] จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพนี้เรียกว่าโพรไบโอติก (probiotics) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่เมื่อได้รับเข้าไปในร่างกายในปริมาณที่เพียงพอจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ [1] ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างกลมแท่งสั้นหรือ เป็นแท่งยาว ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ไม่สร้างเอนไซม์อะไมเลส [2] เช่น lactobacilli, streptococci, enterococci, lactococci [3] เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการศึกษาจุลินทรีย์โพรไบโอติกกันมากขึ้น เนื่องจากส่วนใหญ่มีความปลอดภัยตามหลักของกราส (generally recognized as safe bacteria; GRAS status) [4] และมีประโยชน์ในหลายด้าน [1] แบคทีเรียกรดแลคติกหลายชนิดสามารถสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial substances) หลายชนิด สารที่มีฤทธิ์จำเพาะที่สำคัญคือ แบคเทอริโอซิน (bacteriocins) [5-6] และรอยเทอริน (reuterin) [7-9] ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรควิวจรู่วางหรือโรคอื่น ๆ ในทางเดินอาหาร [10-12] ได้

สารรอยเทอริน (reuterin) หรือ 3-hydroxypropionaldehyde (3-HPA) เป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์กว้าง (broad spectrum) ละลายน้ำได้ มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ไม่มีคุณสมบัติเป็นโปรตีนจึงไม่ถูกทำลายด้วย proteolytic enzyme พบครั้งแรกจากการสร้างของเชื้อ *Lactobacillus reuteri* ซึ่งเป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ที่มีสุขภาพดี [7-8, 13-14] นอกจากนี้ยังสร้างจากเชื้อแลคโตบาซิลลัสชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *L. brevis*, *L. buchneri* [15], *L. collinoides* [16] และ *L. coryniformis* [17-18] การสร้างรอยเทอรินนั้นจะสร้างเมื่อเชื้อเจริญอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic conditions) และจะต้องมี glycerol ร่วมอยู่ด้วย โดยอาศัยการทำงานของ glycerol dehydratase [19] ในหลายการศึกษาพบว่า รอยเทอรินมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น แบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์ รา และเชื้อปรสิต โดยพบฤทธิ์ต้านเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *Candida*, *Torulopsis*, *Saccharomyces*, *Aspergillus* และ *Fusarium* spp. [20] มีรายงานการวิจัยพบว่า รอยเทอรินมีฤทธิ์ในการยับยั้งและฆ่าแบคทีเรียชนิด *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* และ *Staphylococcus aureus* ได้ [21-22] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า รอยเทอรินมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* เพิ่มขึ้นเมื่อทำงานร่วมกับแบคทีริโอซิน (bacteriocin) [23]

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากอุจจาระของทารกหลังคลอด และผลิตภัณฑ์อาหารหมัก และนำไปตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินและทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เพื่อนำมาใช้เป็นโพรไบโอติกและพัฒนาสายพันธุ์ให้เกิดประโยชน์ต่อไปซึ่งอาจเป็นทางเลือกในการนำไปใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคติดเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) จากอุจจาระของทารกหลังคลอดและอาหารหมัก

2. เพื่อตรวจหาการสร้างสรรค์สารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินของ LAB ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนและการหมักกลีเซอรอล
3. เพื่อทดสอบฤทธิ์ของสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง (Samples)

ทำการเก็บตัวอย่างอุจจาระเด็กทารกที่มีสุขภาพดีอายุ 3-5 วัน ที่หอผู้ป่วยสูติศาสตร์นรีเวชวิทยา ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการเก็บตัวอย่างมารดาเป็นผู้ให้ความยินยอมในแบบฟอร์มให้คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (Inform consent) ซึ่งได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์เรียบร้อยแล้ว ในการเก็บ fresh fecal specimen ใช้ sterile cotton swab ป้าย แล้วใส่ใน Cary-Blair transport medium (Oxoid, Hampshire, England) [24] และส่งทำการทดสอบโดยเร็วที่สุด

อาหารหมัก (Fermented foods)

ตัวอย่างอาหารหมักที่ใช้ในการแยกเชื้อ LAB ได้แก่ แหนมหมู แหนมเนื้อ ผักเสี้ยนดอง ต้นหอมดอง ผักกาดดอง ผักแป้นดอง ข้าวหมาก และกิมจิ จำนวนทั้งหมด 8 ตัวอย่าง

การคัดแยก การเพาะเลี้ยงและการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติก (Isolation, cultivation and selection of lactic acid bacteria)

นำตัวอย่างมาเจือจาง 10 เท่า ด้วย normal saline solution (NSS) แล้วนำสารตัวอย่างเจือจาง 0.2 มล. ไปเพาะเลี้ยงลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด deMan-Rogosa-Sharpe (MRS) agar plate (Oxoid, Hampshire, England) โดยวิธี spread plate และนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ใน anaerobic jar (Mitsubishi, Japan) เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกโคโลนีเดี่ยวๆ ที่มีลักษณะสัณฐานวิทยา (morphology) แตกต่างกันนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar เพื่อให้ได้สายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure culture) ย้อมสีแกรม ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทดสอบการสร้างเอนไซม์อะไมเลส แล้วเลือกเชื้อที่ติดสีแกรมบวก และไม่สร้างเอนไซม์อะไมเลส สำหรับใช้ทดสอบในขั้นต่อไป

จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นเชื้อทดสอบ (Indicator strains)

Staphylococcus aureus ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 25922 และ *Candida albicans* ATCC 10231

การตรวจหาการสร้างสรรค์สารต้านจุลินทรีย์ของแบคทีเรียกรดแลคติก (Detection of antimicrobial substance of lactic acid bacteria)

ตรวจหาการสร้างสรรค์สารต้านจุลินทรีย์ของแบคทีเรียกรดแลคติกด้วย spot overlay technique [25] โดยใช้เชื้อ *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 เป็นกลุ่มควบคุมบวก และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth เป็นกลุ่มควบคุมลบ เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกใน MRS broth และบ่มใน anaerobic jar ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้น spot เชื้อที่เพาะเลี้ยงได้ลงบน brain heart infusion (BHI) agar plate ที่เติม 20 mM glucose และบ่มในสภาวะเช่นเดิม แล้วหลังจากนั้นเตรียม BHI soft agar ที่มี 2% glycerol นำมาเททับผิวหน้า BHI agar ที่มีเชื้อเจริญอยู่แล้ว นำไปบ่มในสภาวะเดิม เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำจานอาหาร plate มาเติม 2,4-dinitrophenylhydrazine ปลอ่ยให้สารทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 5 นาที และเทออก จากนั้นเติม potassium hydroxide ลงไปให้ท่วมผิวหน้าอาหาร และสังเกตดูการเกิดสีน้ำตาลแดงรอบๆ spot ของเชื้อ ซึ่งแสดงว่าเชื้อสามารถสร้างสรรค์สารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินได้

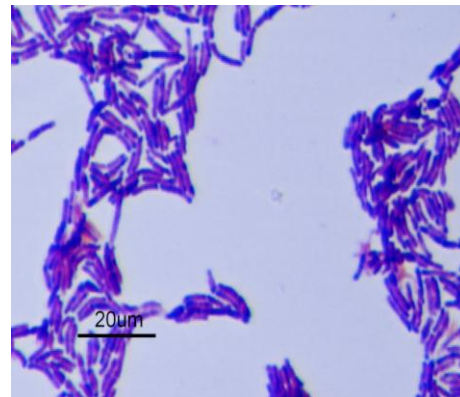
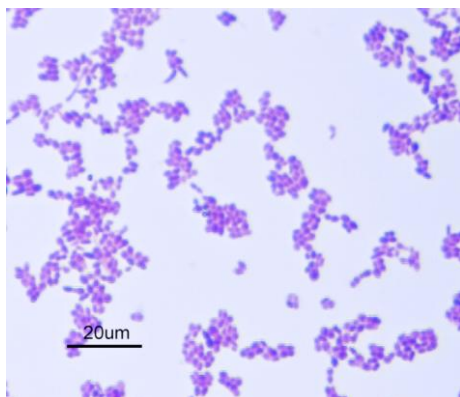
การทดสอบฤทธิ์ของสารต้านจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ (Antimicrobial activities of antimicrobial substance against the indicator strains)

แบคทีเรียกรดแลคติกที่สร้างสารรอยเทอรินได้ นำไปดำเนินการตามวิธีการของ Circle และคณะ [26] โดยนำมาเพาะเลี้ยงใน MRS broth และบ่มในสภาวะไร้อากาศ ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง บั่นล้างเซลล์ด้วย potassium phosphate buffer และ resuspended ใน 250 mM glycerol นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเอาเฉพาะส่วน supernatant นำมาทดสอบฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี agar well diffusion method [27] โดยนำ supernatant ไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ โดย *L. reuteri* ATCC 55730 เป็นกลุ่มควบคุมบวก และใช้ glycerol solution เป็นกลุ่มควบคุมลบ บ่มเพาะเลี้ยงที่ 37 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลานำไปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (clear zone) ที่เกิดขึ้น ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน ครั้งละ 2 ซ้ำ (duplicate)

ผลการวิจัย

ผลการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติก (Selection of lactic acid bacteria)

ผลการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากอุจจาระของทารกที่มีสุขภาพดี และอาหารหมักพบว่า ได้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก แบบกลม (cocci) 36 สายพันธุ์ แบบแท่งกลม (coccobacilli) 72 สายพันธุ์ และแบบแท่ง (rods) 212 สายพันธุ์ จากการทดสอบเบื้องต้น (presumptive test) ด้วยการย้อมสีแกรมและการสร้างเอนไซม์อะตาลเลส พบว่า มีคุณสมบัติติดสีแกรมบวกและไม่สร้างเอนไซม์อะตาลเลส ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกรดแลคติก มีรูปร่างหลายแบบ พบทั้งแบบกลม แบบแท่งกลม และแบบแท่ง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้โดยย้อมด้วยสีแกรม กำลังขยาย 1000 เท่า

ผลตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอรินของแบคทีเรียกรดแลคติก (Reuterin detection of lactic acid bacteria)

ในการวิจัยนี้ได้ทำการตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้ทั้งหมดจำนวน 320 สายพันธุ์ การตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ ใช้ spot overlay technique ซึ่งเชื้อสามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ได้ จะเกิดสีน้ำตาลแดงรอบๆ spot ของเชื้อหลังจากการทำปฏิกิริยากับสารเคมีแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งพบว่า มีเชื้อที่สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอริน ได้ทั้งหมดจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ H8, H9, H122, H123, H210 และ H323 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติบางประการของแบคทีเรียกรดแลคติกที่สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ได้

Lactic acid bacteria (Isolates no.)	Gram stain	Morphology	Catalase test
H 8	+	bacilli	-
H 9	+	bacilli	-
H 122	+	bacilli	-
H 123	+	bacilli	-
H 210	+	bacilli	-
H 323	+	bacilli	-



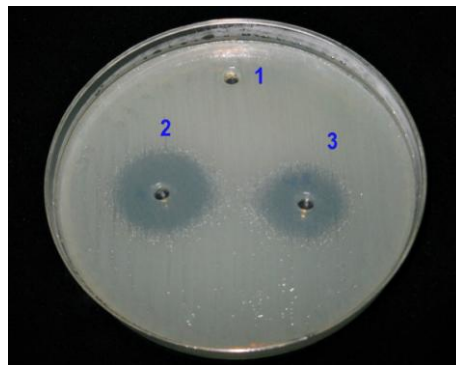
ภาพที่ 2 ตัวอย่างผลการตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทออรินของแบคทีเรียกรดแลคติก
โดย spot overlay technique

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารต้านจุลินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ(Antimicrobial activities of antimicrobial substance against the indicator strains)

การทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของแบคทีเรียกรดแลคติก 6 สายพันธุ์ที่สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ได้ โดยวิธี agar well diffusion method ทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 3 สายพันธุ์ และเชื้อยีสต์จำนวน 1 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ H210 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*, และ *C. albicans* โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสได้เท่ากับ 22.3 ± 3.82 , 15.7 ± 3.25 , 14.3 ± 2.18 และ 5.3 ± 0.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบของแบคทีเรียกรดแลคติก สายพันธุ์ H 210 โดยวิธี agar well diffusion

Group of strains	Indicator strains	Inhibition zone diameter (mm)
Gram positive bacteria	<i>S. aureus</i> ATCC 6538	22.3±3.82
	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	15.7±3.25
Gram negative bacteria	<i>E. coli</i> ATCC 25922	14.3±2.18
Yeast	<i>C. albicans</i> ATCC 10231	5.3±0.58



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านการเจริญของ *S. aureus* ATCC 6538 ของสารต้านจุลินทรีย์ที่สร้างจากแบคทีเรียกรดแลคติก สายพันธุ์ H 210 โดยวิธี agar well diffusion หลุม 1 = กลุ่มควบคุมลบ; หลุม 2 = กลุ่มควบคุมบวก; หลุม 3 = สายพันธุ์ H 210

สรุปและอภิปรายผล

จุลินทรีย์โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ดีและมีประโยชน์ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก แบคทีเรียกรดแลคติกโดยส่วนใหญ่เป็นชนิดแลคโตบาซิลลัส ซึ่งเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ พบได้ทั่วไปในนม ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว โยเกิร์ต และอาหารประเภทหมักดอง [28] แบคทีเรียกรดแลคติก สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคอื่น โดยการสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีริโอซิน (bacteriocins) [5-6] และรอยเทอริน (reuterin) [7-9] งานวิจัยนี้ได้คัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากอุจจาระของทารกหลังคลอดและอาหารหมัก โดยอาศัยคุณสมบัติเบื้องต้นในการติดสีแกรมบวก รูปร่างแท่ง และไม่สร้างเอนไซม์อะเลส จำนวน 320 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแบบกลม (cocci) 36 สายพันธุ์ แบบแท่งกลม (coccobacilli) 72 สายพันธุ์ และแบบแท่ง (rods) 212 สายพันธุ์ นำสายพันธุ์ที่แยกได้มาตรวจหาการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนและการหมักกลีเซอรอล ซึ่งจะสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอริน [7] ซึ่งรอยเทอรินเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีโดยสามารถออกฤทธิ์กว้าง (broad spectrum) ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์อื่น สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิดในแต่ละกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์ รา และเชื้อปรสิต [20] โดยผลการศึกษาพบว่า แบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากอุจจาระของทารกจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ H8, H9, H122, H123, H210 และ H323 สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์ชนิดรอยเทอริน

ได้ อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อนำแบคทีเรีย จำนวน 6 สายพันธุ์ นี้ มาทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ โดยวิธี agar well diffusion พบว่า สายพันธุ์ H210 เท่านั้นที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ โดยพบว่า มีฤทธิ์ยับยั้ง *S.aureus* ATCC 6538 ได้ดีที่สุด ให้ขนาดโซนใส 22.3 ± 3.82 มิลลิเมตร รองลงมาคือ *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922 และ *C. albicans* ATCC 10231 โดยให้ขนาดโซนใส 15.7 ± 3.25 , 14.3 ± 2.18 และ 5.3 ± 0.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ สายพันธุ์อื่นๆ อาจจะสร้างสารต้านจุลินทรีย์ได้น้อยมากหรืออาจจะสร้างได้เพียงชั่วคราวและไม่มี ความคงตัว จึงไม่มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อทดสอบ [7, 29] เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี agar well diffusion ฤทธิ์ในการต้าน การเจริญของเชื้อสายพันธุ์ H210 พบว่า ยับยั้งได้ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งน่าจะเกิดจากคุณสมบัติของเชื้อที่ต่างกัน [9] อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่า เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากอาหารหมักไม่สามารถสร้างสารต้าน จุลินทรีย์ได้

จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียกรดแลคติก สายพันธุ์ H210 สามารถสร้างสารต้านจุลินทรีย์และมี ฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อได้หลายชนิด โดยเฉพาะยับยั้ง *S. aureus* ได้ดี นอกจากนี้ยังยับยั้ง *B. subtilis*, *E. coli* และ *C. albicans* ได้อีกด้วย ดังนั้นจึงอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นโพรไบโอติกเพื่อยับยั้งเชื้อก่อโรค ซึ่งเป็น แหล่งโพรไบโอติกที่เหมาะสมและเป็นสายพันธุ์ที่แยกได้จากคนไทย ที่จะก่อให้เกิดประโยชน์และความปลอดภัยต่อ ร่างกาย อีกทั้งอาจนำไปทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยเงินรายได้คณะแพทยศาสตร์และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระ เทพรัตนราชสุดาฯ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณงาน การพยาบาลหอผู้ป่วยสูติศาสตร์นรีเวชวิทยา ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ในการเก็บตัวอย่าง อูจจาระ

เอกสารอ้างอิง

- [1] FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the evaluation of probiotics in food, Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food*. London: n.p.
- [2] Axelsson, L. (1998). Lactic acid bacteria: classification and physiology. In S. Salminen; & A. Von Wright, editors. *Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects*. 2nd ed. pp. 1-72. New York: Marcel Dekker.
- [3] Rolfe, R.D. (2000). Symposium: Probiotic bacteria: Implications for human health: The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *American Society for Nutritional Sciences Suppl.* 396S-402S.
- [4] Hosono, A.; Kashina, T.; & Kada, T. (1986, September). Antimutagenic properties of lactic acid-cultured milk on chemical and fecal mutagens. *J Dairy Sci.* 69(9): 2237-2242.
- [5] Abee, T.; Klaenhammer, T.R.; & Letellier, L. (1994, March). Kinetic studies of the action of lactacin F, a bacteriocin produced by *Lactobacillus johnsonii* that forms poration complexes in the cytoplasmic membrane. *Appl Environ Microbiol.* 60(3): 1006-1013.
- [6] Mc Auliffe O.; et al. (1998, November). Lactacin 3147, a broad-spectrum bacteriocin which selectively dissipates the membrane potential. *Appl Environ Microbiol.* 64(2): 439-445.

- [7] Talarico, T.L.; et al. (1988, December). Production and isolation of reuterin, a growth inhibitor produced by *Lactobacillus reuteri*. *Antimicrob Agents Chemother.* 32(12): 1854-1858.
- [8] Axeisson, L.T.; et al. (1989). Production of a broad spectrum antimicrobial substance by *Lactobacillus reuteri*. *Microb Ecol Health Dis.* 2(2): 131-136.
- [9] Spinler, J.K.; et al. (2008, February). Human-derived probiotic *Lactobacillus reuteri* demonstrates antimicrobial activities targeting diverse enteric bacterial pathogens. *Anaerobe.* 14: 166-171.
- [10] Aasen, I.M.; et al. (2000, February). Influence of complex nutrients, temperature and pH on bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* CCUG 42687. *Appl Microbiol Biotechnol.* 53(2): 159-166.
- [11] Bergogne-Berezin, E. (2000, December). Treatment and prevention of antibiotic associated diarrhoea. *Int J Antimicrob Agents.* 16(4): 521-526.
- [12] Bogovic-Matijasic, B.; et al. (1998, May). Isolation and characterization of two bacteriocins of *Lactobacillus acidophilus* LF221. *Appl Microbiol Biotechnol.* 49(5): 606-612.
- [13] Cleusix, V.; et al. (2007, November). Inhibitory activity spectrum of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* against intestinal bacteria. *BMC Microbiol.* 7(101).
- [14] Schaefer, L.; et al. (2010, February). The antimicrobial compound reuterin (3-hydroxypropionaldehyde) induces oxidative stress via interaction with thiol groups. *Microbiol.* 156: 1589-1599.
- [15] Schutz, H.; & Radler, F. (1984). Anaerobic reduction of glycerol to propanediol-1, 3 by *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus buchneri*. *Syst Appl Microbiol.* 5: 169-178.
- [16] Claisse, O. ; & Lonvaud-Funel, A. (2000, January). Assimilation of glycerol by a strain of *Lactobacillus collinoides* isolated from cider. *Food Microbiol.* 17(5): 513-519.
- [17] Magnusson, J.; et al. (2003, February). Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol Lett.* 219: 129-135.
- [18] Nakanishi, K.; et al. (2002). Screening of lactic acid bacteria having the ability to produce reuterin. *Japanese J of Lactic Acid Bacteria.* 13(1): 37-45.
- [19] Lindgren, S.E.; & Dobrogosz, W.J. (1990, November). Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *FEMS Microbiol Rev.* 87(1-2): 149-164.
- [20] Schnurer, J.; & Magnusson, J. (2005, January). Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends Food Sci Tech.* 16: 70-78.
- [21] Rodriguez, E.; et al. (2003, September). Reuterin production by lactobacilli isolated from pig faeces and evaluation of probiotic traits. *Lett in Appl Microbiol.* 37(3): 259-263.
- [22] Sani, A.M.; Ehsani, M.R.; & Assadi, M.M. (2005). Application of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* DSM 20016 to inhibit some food-borne pathogens in UF-Feta-cheese. In *the International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR) IBBS*. Ravello: n.p.
- [23] Juan, L.; et al. (2011, September). Combined effect of reuterin and lactic acid bacteria bacteriocins on the inactivation of food-borne pathogens in milk. *Food Control.* 22(3-4): 457-461.

- [24] Atlas, R.M.; & Snyder, J.W. (1995). *Handbook of Media for Clinical Microbiology*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [25] Taweechoitipatr, M. (2008). *Isolation and characterization of probiotic Lactobacillus spp. with anti-pathogenic and anti-inflammatory activities*. Dissertation, Ph.D. Bangkok: Chulalongkorn University.
- [26] Circle, S.J.; Stone, L.; & Boruff, C.S. (1945). Acrolein determination by means of tryptophan: a colorimetric micro method. *Ind Eng Chem Anal.* 17: 259-262.
- [27] Chung, K.T.; Thomasson, W.R.; & Wu-Yuan, C.D. (1990). Growth inhibition of selected food-borne bacteria, particularly *Listeria monocytogenes*, by plant extracts. *Appl Bacteriol J.* 69: 498-503.
- [28] Turnbaugh, P.J.; et al. (2007, October). The human microbiome project. *Nature.* 449: 804-810.
- [29] Talarico, T.L.; et al. (1990, April). Utilization of glycerol as a hydrogen acceptor by *Lactobacillus reuteri*: purification of 1, 3-propanediol: NAD⁺ oxidoreductase. *Appl Environ Microbiol.* 56(4): 943-948.

**SWU6-1065: ผลของการฝึกเดินโดยอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศ
ในอาสาสมัครอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง**

**EFFECTS OF DOMESTICALLY INVENTED BODY WEIGHT SUPPORT FOR GAIT
TRAINING IN PATIENT WITH STROKE: A CASE STUDY**

จिरายูธ อสิพงษ์¹, อรรถพล พลรักษา¹, นุชนาถ คหาหวงษ์², รัมภา บุญสินสุข¹, นพพร จงกมลวิวัฒน์^{1*}
**Jirayuth Asipong¹, Attaphon Phonruksa¹, Nuchanart Kahawong², Rumpa Boonsinsukh¹,
Nopporn Jongkamonwivat^{1*}**

¹สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Division of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

²งานกายภาพบำบัด โรงพยาบาลนครนายก

²Physical Therapy Department, Nakorn-Nayok Hospital, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: nopporn@swu.ac.th

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีถึงประโยชน์ของอุปกรณ์พยุงน้ำหนัก (Body weight support, BWS) ที่ใช้ร่วมกับการฝึกเดินในผู้ป่วยที่มีความบกพร่องของระบบประสาท อย่างไรก็ตามอุปกรณ์พยุงน้ำหนัก ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในโรงพยาบาลหรือศูนย์ฟื้นฟูทั่วไป จากข้อจำกัดของราคาเนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ รัมภาและคณะจึงได้ทำการประดิษฐ์อุปกรณ์พยุงน้ำหนักขึ้นภายในประเทศและได้ทำการทดสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการพยุงน้ำหนักของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้น แต่ยังคงต้องการการศึกษาถึงประสิทธิภาพและผลของการนำมาใช้จริงในผู้ที่มีภาวะบกพร่องทางระบบประสาท วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาถึงผลของการฝึกเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศต่อความก้าวหน้าในการฟื้นฟูความสามารถในการเดินของอาสาสมัครที่มีอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง วิธีการศึกษา: อาสาสมัครอัมพาตครึ่งซีกอายุ 61 ปี มีสาเหตุจากโรคหลอดเลือดสมอง ได้รับการรักษาทางกายภาพบำบัด ร่วมกับการฝึกเดินบนลู่วิ่งโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการศึกษาร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง ความเร็วสูงสุดในการเดินบนพื้นราบ, ความสามารถในการควบคุมการทำงานของเธอ และความสามารถในการทรงตัว ผลการศึกษา: อาสาสมัครมีการพัฒนาความสามารถในตัวเองที่ทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 4 ดังนี้ ระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงเพิ่มขึ้น 82.61%, ความเร็วสูงสุดในการเดินที่ 1.37 เมตร/วินาที ความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการทรงตัวนั้นมีการพัฒนาการที่ดีขึ้นที่ 32% และ 23.37% ตามลำดับ สรุปผลการศึกษา: อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศนั้น สามารถนำมาใช้ฝึกเดินในผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกได้จริงและมีความปลอดภัยตลอดช่วงระยะเวลาของการฝึกเดิน การฝึกเดินบนลู่วิ่งโดยใช้อุปกรณ์ช่วยพยุงที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ร่วมกับการรักษาทางกายภาพบำบัดนั้นมีแนวโน้มในการพัฒนาความสามารถของผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีก โดยเฉพาะการเพิ่มระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในขณะที่เดินและความเร็วสูงสุดของการเดินบนพื้นราบ ตลอดจนสามารถเพิ่มระดับความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและการทรงตัวในผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมองได้

คำสำคัญ: อุปกรณ์พยุงน้ำหนัก การฝึกเดิน ช่วงการเดิน ความเร็วในการเดิน อัมพาตครึ่งซีก โรคหลอดเลือดสมอง กายภาพบำบัด

Abstract

Background; The body weight support (BWS) has been used worldwide for an early intervention of gait training in patients with neurological disorders. There is still an obstacle of using this device in Thailand according to the price which barely affordable to the physiotherapy clinic and rehabilitation centre. Rumpa et al., in 1998 have been invented and developed the economic price body weight support domestically. The invented BWS was then verified the precision and accuracy in terms of holding weight generation. The efficiency and safety issues of using this locally made device still need to be elucidate and transfer to clinically use in patients with neurological disorders. Objective; The purpose of this study was to evaluated the efficiency in using the domestically invented BWS in subject with hemiplegia. Method; Sixty-one year old patient with hemiplegic symptoms from ischemic stroke who has been in this condition for 35 days was participated in this study. Participant was carried out the training program which included the physiotherapy treatment session plus gait training by the invented width-adjustable BWS on treadmill once a week for 4 weeks. The percentage of paretic stance phase, fastest over ground walking speed, lower limb motor control and balance were evaluated. Results; The percentage of paretic stance phase was increased by 82.61%, a fastest walking speed was developed to 1.37 m/s, lower extremity motor control and balance was gained to 32% and 23.37%, respectively at the end of treatment session on forth week. Conclusion; The domestically invented Width-adjustable BWS was verified to be clinically use and can achieve in efficiency and safety issues in patient with hemiplegic symptoms. The BWS treadmill training by domestically invented BWS together with conventional physiotherapy treatment can ameliorate walking deficits in patient with stroke in particularly percentage of paretic stance phase and gait speed improvement.

Keywords: BWS, Gait training, Gait cycle, Gait speed, Hemiplegia, Stroke, Physiotherapy

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมอง ส่งผลให้เกิดความเสียหายของระบบประสาทส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว [1-2] เป็นผลให้กล้ามเนื้อของร่างกายในด้านตรงข้ามกับพยาธิสภาพที่เกิดขึ้นในสมองเกิดการอ่อนแรง เนื่องจากการสูญเสียความสามารถในการคุมการเคลื่อนไหวของระบบประสาท หรือที่เรียกว่าอัมพาตครึ่งซีก [3] ทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ไม่ประสานสัมพันธ์กัน การสูญเสียรูปแบบการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำกิจวัตรประจำวัน และความสามารถในการเดิน เนื่องมาจากความผิดปกติในการลงน้ำหนักของขาข้างอ่อนแรง และเป็นสาเหตุต่อความบกพร่องในการทรงตัวและการเดิน [4-5] ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการรักษาและการฟื้นฟูสมรรถภาพการเดินที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เกิดขึ้นได้หากเริ่มฝึกเดินภายใน 3 เดือนหลังจากที่เกิดพยาธิสภาพขึ้นกับสมอง [6-8] ซึ่งมักพบอุปสรรคในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้องเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อขาให้มีความแข็งแรงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักตัวได้ซึ่งอาจใช้ระยะเวลานานมากกว่า 3 เดือน [9-10] หรืออาจจำเป็นต้องใช้นักกายภาพบำบัดในช่วยฝึกพร้อมกันหลายคน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการประดิษฐ์อุปกรณ์พยุงน้ำหนักตัวของผู้ป่วย หรือ Body Weight Support (BWS) เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้ป่วยสามารถทำการฝึกรูปแบบการเดินได้เร็วที่สุดโดยใช้นักกายภาพบำบัดเพียงคนเดียวในการช่วยฝึกการเคลื่อนไหวขา [6] โดยน้ำหนักพยุงที่เหมาะสมในการใช้ฝึกการเดินคือ ที่ 30% ของน้ำหนักตัว [11] ซึ่งเป็นการลดน้ำหนักที่จะกระทำต่อของขาทั้งสองข้างในขณะการก้าวเดิน ทำให้การเคลื่อนไหวของขาทำได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการใช้อุปกรณ์ช่วยพยุงน้ำหนักตัวทำให้เกิดความ

ปลอดภัยและความมั่นคงกับผู้ป่วย ส่งผลทำให้นักกายภาพบำบัดสามารถมุ่งเน้นการฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายในส่วนอื่นๆ ที่ใช้ในการเดิน เช่น ส่วนของสะโพก และขาได้มีอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [12-13]

ในปัจจุบันนี้ เป็นที่ทราบกันดีถึงประโยชน์ของ BWS ที่ใช้ร่วมกับการฝึกเดินในผู้ป่วยที่มีความบกพร่องของระบบประสาท แต่อย่างไรก็ตาม BWS ยังไม่เป็นที่แพร่หลายตามโรงพยาบาลหรือศูนย์ฟื้นฟูทั่วไป เนื่องจากอุปกรณ์นี้ มีราคาสูงเพราะต้องสั่งซื้อและนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นรามาและคณะจึงได้ทำการประดิษฐ์อุปกรณ์พยุงน้ำหนักขึ้นภายในประเทศ โดยมีคุณลักษณะเด่นคือเป็นอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ และได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพแล้วว่า มีความแม่นยำในการพยุงน้ำหนักในระดับ 12-38 กิโลกรัม ระหว่างการเดินในอาสาสมัครสุขภาพดี [6] อีกทั้งมีการทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นขณะพยุงน้ำหนักในอาสาสมัครเด็กสุขภาพดีพบว่า อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศนี้ มีความเที่ยงตรงในการวัดและแสดงค่าน้ำหนักตลอดระยะเวลา 10 นาที ที่ระดับของน้ำหนักพยุง 30% [14] อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศนี้ ยังไม่มีการนำมาใช้จริงในผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งมักพบความบกพร่องในการลงน้ำหนักของขาข้างอ่อนแรง และส่งผลให้เกิดรูปแบบการเดินที่ผิดปกติ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาถึงประสิทธิภาพและผลของการฝึกเดินในอาสาสมัครที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง โดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศ และทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงความสามารถของอาสาสมัครในสองตัวแปรหลักคือ ช่วงระยะเวลาในการลงน้ำหนักของขาข้างอ่อนแรง (Paretic stance phase) และความสามารถในการเพิ่มความเร็วสูงสุดของการเดินบนพื้นราบ (Fastest over ground walking speed) ภายหลังจากการได้รับการฝึกเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นระยะเวลาเวลา 4 สัปดาห์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพและผลของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศ ในการฝึกเดินของอาสาสมัครที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีก โดยเปรียบเทียบร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง, ความเร็วสูงสุดของการเดินบนพื้นราบ, การควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการทรงตัวขณะยืน ระหว่างก่อนการฝึกด้วยอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นและหลังการฝึก โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมศึกษาอายุ 61 ปี ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคหลอดเลือดสมอง ชนิดสมองขาดเลือดจากโรงพยาบาลนครนายก มีอาการอัมพาตครึ่งซีกมาเป็นระยะเวลา 35 วัน มีค่าสัญญาณชีพปกติ มีการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อปกติ เป็นผู้ที่ไม่เคยได้รับการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน และได้รับการรักษาฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดอย่างน้อย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ หลังจากได้รับการอธิบายวัตถุประสงค์การศึกษาวิจัยและลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย อาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการตรวจความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความเหนื่อย ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยทุกครั้ง ผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถในการเดิน การเคลื่อนไหว และการทรงตัว ดังรายละเอียดต่อไปนี้ 1. ร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง (Paretic stance phase) โดยทำการวัดจาก Foot switch ที่ใส่ไว้ในรองเท้าทั้งสองข้างของอาสาสมัคร และคำนวณเป็นค่าร้อยละของการเดิน (Percentage of gait cycle), 2. ความเร็วสูงสุดของการเดินบนพื้นราบ ทำการวัดโดยให้อาสาสมัครเดินเป็นระยะทาง 5 เมตรและคำนวณค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะเดินในระยะระหว่าง 2 เมตรถึง 4 เมตร , 3. ความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (Functional motor assessment) วัดโดยใช้แบบประเมิน

ของ Fugl-Meyer Assessment และ 4.ความสามารถในการทรงตัวในท่ายืน วัดจากระยะทางที่อาสาสมัครเอื้อมมือไปทางข้างหน้า และทางด้านข้างโดยใช้แบบประเมิน Functional Reach Test โดยทำการวัดซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง

อาสาสมัครจะได้รับการได้รับการฝึกเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ โดยตั้งค่าน้ำหนักพยุงที่ 30% ของน้ำหนักตัว ร่วมกับการฝึกเดินบนลู่วิ่ง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ อาสาสมัครใช้เวลาในการฝึกเดินบนลู่วิ่งร่วมกับการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นเวลา 10 นาที ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงละ 5 นาที และมีเวลาพักระหว่างช่วง 10 นาที จากนั้นจะเพิ่มเวลาในการฝึกเดินเป็น 20 นาที ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงละ 10 นาที และมีเวลาพักระหว่างช่วง 10 นาที ค่าความเร็วในการฝึกเดินในครั้งแรกถูกกำหนดจากความเร็วในการเดินแบบเดินสบาย(Preferred walking speed) ของอาสาสมัคร และทำการปรับเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 0.1 เมตรต่อวินาที ในขณะที่พักมีการติดตามผลค่าอัตราการเต้นของหัวใจ โดยกำหนดให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจากขณะพักน้อยกว่า 30 ครั้งต่อนาที และสอบถามระดับความเหนื่อย ให้อยู่ต่ำกว่าระดับที่ 13 และระดับความดันโลหิตต่ำกว่า 140/90 มิลลิเมตรปรอท

สถานที่ในการวิจัยในครั้งนี้คือ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ การศึกษาวิจัย ครั้งนี้ ได้รับการอนุมัติจริยธรรมวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการวิจัยและจริยธรรมการวิจัย คณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (รหัส HS-2011-001)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร, FM (Fugl-Meyer score), HT (Hypertension), DM (Diabetes Miletus)

ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร	
Age (years)	61
Gender	Male
Body weight (kg)	70
Height (cm.)	160
BMI (kg/cm ²)	27.34
Type of stroke	Ischemic
Functional Ambulation Classification	2
Fastest over ground walking speed (m/s)	0.39
Stance time (% gait cycle)	32.33
Motor recovery (FM score , total 40)	25
Balance (functional reach test :inches)	7.83
Onset Duration (days)	35
Co-morbidity	HT , DM



ภาพที่ 1 แสดงอุปกรณ์พุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยร้มนภาและคณะ

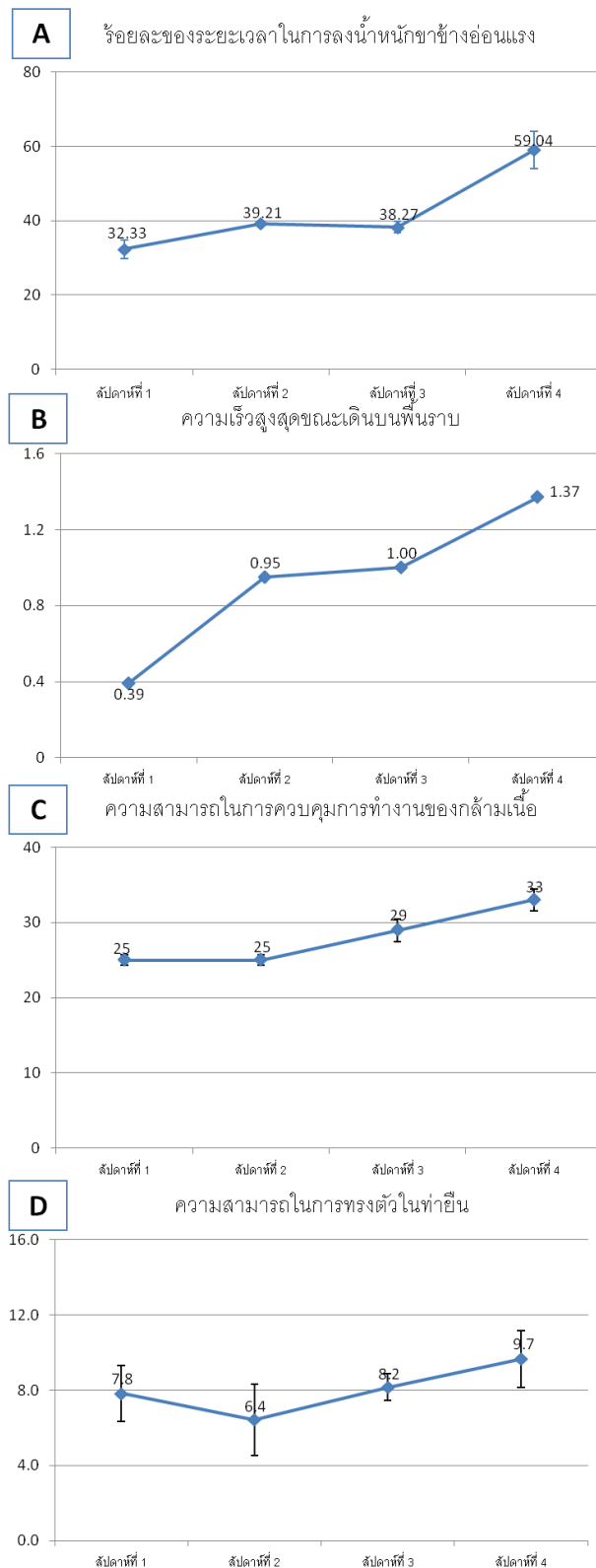
ผลการวิจัย

อาสาสมัครที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมองที่เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ มีข้อมูลโดยทั่วไปดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีค่าร้อยละของการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงอยู่ที่เพียง 32.33 แสดงให้เห็นถึงความบกพร่องของการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในขณะเดิน ประกอบกับความเร็วในการเดินบนพื้นราบในระดับ

0.39 เมตรต่อวินาที ที่จัดได้ว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าปกติ และการประเมินความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเฉพาะในส่วนรยางค์ขาขึ้นอยู่ในระดับคะแนน 25 จากคะแนนเต็ม 40 ซึ่งถือได้ว่ามีความผิดปกติในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อในส่วนรยางค์ขาและส่งผลให้เกิดความบกพร่องในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในขณะที่เดินอันเป็นผลต่อเนื่องให้เกิดการลดลงของความเร็วในขณะที่เดินได้

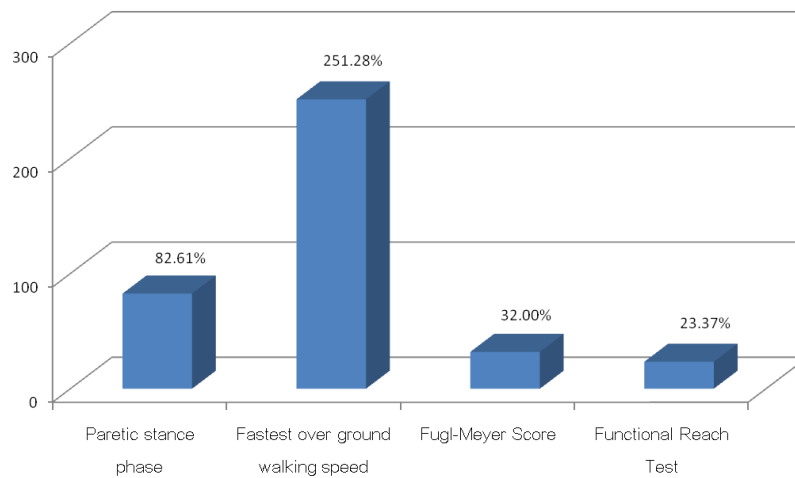
เมื่อทำการฝึกเดินโดยใช้เครื่องพยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นร่วมกับการรักษาทางกายภาพบำบัดส่งผลให้อาสาสมัครมีพัฒนาการทั้งในส่วนความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงที่ยาวนานขึ้นอย่างเห็นได้ชัดใน แต่ละสัปดาห์ของการฝึก และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป และสามารถที่จะเกิดการพัฒนาการได้ใกล้เคียงการลงน้ำหนักขาปกติได้ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 59 จากระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในช่วงการก้าวเดิน (ภาพที่ 2A) เช่นเดียวกันกับการเพิ่มความเร็วของการเดินที่สามารถพัฒนาตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 2 ของการฝึกเดิน และเพิ่มมากขึ้นได้ใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินปกติในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของการฝึก (ภาพที่ 2B) คะแนนการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขาซึ่งได้จากการประเมินตามแบบ Fugl-Meyer Assessment of Physical Performance เฉพาะในส่วนของรยางค์ขา และการประเมินระดับการรับรู้ความรู้สึก โดยอาสาสมัครมีการเพิ่มขึ้นของระดับคะแนนมากขึ้นถึง 8 คะแนนภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการเข้าร่วมการวิจัย (ภาพที่ 2C) ตัวแปรสุดท้ายที่ใช้ในการประเมินความสามารถของอาสาสมัครคือการประเมินความสามารถในการทรงตัวตามแบบ Functional Reach Test โดยมีการพัฒนาที่ดีขึ้นแต่ยังคงอยู่ในช่วงของการมีความเสี่ยงต่อการล้มในระดับปานกลาง (ภาพที่ 2D)

ผลของการฝึกเดินบนลู่วิ่งเดินร่วมกับการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นร่วมกับการรักษาทางกายภาพบำบัดนั้น สามารถส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาความสามารถของอาสาสมัคร (ภาพที่ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปรับรูปแบบการเดินที่เป็นปัญหาสำคัญของผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีก อันได้แก่ ความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในขณะที่เดิน ซึ่งสามารถพัฒนาได้เพิ่มขึ้นถึง 82.61% จากสัปดาห์แรกก่อนการฝึก และค่าร้อยละของการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกับค่าร้อยละของเวลาที่ใช้ในการเดินในช่วงการลงน้ำหนักขาปกติ การเพิ่มขึ้นของความเร็วที่สูงสุดในการเดินบนพื้นราบที่อาสาสมัครทำได้นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น เป็นอย่างมากคือที่ 251.28% เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ทำได้อีกก่อนการฝึก และแปรผันตามกับการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในขณะที่เดิน ในส่วนของความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการทรงตัวนั้นมีการพัฒนาการที่ดีขึ้นที่ 32% และ 23.37% ตามลำดับ ภายหลังจากสิ้นสุดการฝึกเดิน



ภาพที่ 2 กราฟแสดงแนวโน้มพัฒนาการของอาสาสมัคร ในแต่ละสัปดาห์ต่อตัวแปร (A) ร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง, (B) ความเร็วสูงสุดขณะเดินบนพื้นราบ (เมตร/วินาที), (C) ความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขา, (D) ความสามารถในการทรงตัว (นิ้ว)

ร้อยละของพัฒนาการในสัปดาห์ที่ 4



ภาพที่ 3 กราฟแสดงร้อยละของการพัฒนาการของอาสาสมัครในค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง (Paretic stance phase), ความเร็วสูงสุดขณะเดินบนพื้นราบ (Fastest over ground walking speed), ความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขา (Fugl-Meyer Score) และความสามารถในการทรงตัว (Functional reach test) เปรียบเทียบจากค่าที่ประเมินได้ในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 4 โดยแสดงเป็นร้อยละของการพัฒนาการ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศนั้น สามารถนำไปใช้ในการฝึกเดินของอาสาสมัครที่มีอาการอัมพาตได้ และสามารถส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการของรูปแบบการเดินที่ปกติได้ เมื่อทำการฝึกพร้อมกับการรักษาทางกายภาพบำบัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครมีความสามารถในการลงน้ำหนักขาที่ลดลงของขาข้างอ่อนแรงเมื่อเปรียบเทียบกับข้างปกติ ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญที่ส่งผลให้เกิดปัญหาของรูปแบบการเดิน อาสาสมัครรายนี้ยังคงถือได้ว่าเป็นผู้ที่มีอาการอัมพาตที่อยู่ในระยะน้อยกว่า 3 เดือน ภายหลังจากเกิดพยาธิสภาพซึ่งยังคงอยู่ในช่วงของ “Golden period” ของการรักษาฟื้นฟู และเหมาะสมในการนำประโยชน์ของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักมาใช้ประกอบการรักษาและฟื้นฟูทางกายภาพบำบัด ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แสดงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศ ที่สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหารูปแบบการเดินในอาสาสมัครรายนี้ได้ และยังสามารถช่วยพยุงน้ำหนักได้อย่างปลอดภัยตลอดช่วงของการฝึกเดินแม้แต่ในผู้ที่ไม่สามารถลงน้ำหนักในขาข้างอ่อนแรง และต้องการแรงช่วยในการพยุงที่ไม่คงที่ แต่อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศนี้สามารถให้การพยุงน้ำหนักได้อย่างคงที่ตลอดช่วงการฝึกเดินสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษถึงการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ส่งผลให้ผู้ช่วยมีแนวโน้มในการพัฒนารูปแบบการเดินที่ปกติ และสามารถเกิดการควบคุมการทำงานของขาที่ดีขึ้น [11, 15-16] และมีความปลอดภัยขณะใช้งาน [17] ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถยืนยันให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการนำอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศไปใช้ร่วมกับการรักษาทางกายภาพบำบัดจริงทางคลินิก และสามารถลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศได้ ทั้งยังสนับสนุนแนวความคิดของการฝึกแบบเฉพาะเจาะจง (Task specific training) [17] กล่าวคือ หากต้องการให้ผู้ช่วยมีความสามารถในการเดินเพิ่มขึ้น โปรแกรมการฝึกควรประกอบด้วยกิจกรรมที่เน้นให้ผู้ช่วยมีการเดินมากขึ้น นอกจากนี้การฝึกเดิน

โดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักนั้นสามารถส่งเสริมให้ผู้ที่ได้รับการฝึกมีความมั่นใจ และปลอดภัยในขณะที่ฝึกเดินบนลู่วิ่ง เป็นผลให้มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกเดินด้วยวิธีการรักษาทางกายภาพบำบัดโดยทั่วไป [10, 18-19]

ผลของการฝึกเดินบนลู่วิ่งเดินร่วมกับการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถส่งเสริมให้อาสาสมัคร มีการพัฒนาความสามารถในการเดินดีขึ้น โดยมีระยะเวลาในการลงน้ำหนักของขาข้างอ่อนแรงหลังการฝึกเพิ่มสูงขึ้นถึง 59.04% ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของความเร็วสูงสุดในการเดินมากขึ้นถึง 1.37 เมตร/วินาที นั้นเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาที่ 60% ของช่วงการเดินปกติ และใกล้เคียงกับความเร็วแบบเดินสบาย (Preferred walking speed) ของคนปกติ เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์แล้วนั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงที่เพิ่มขึ้นเพียง 5% นั้น (ร้อยละของระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงในสัปดาห์ที่ 1 เท่ากับ 32.33 และในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 39.21) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินเป็นอย่างมาก (ความเร็วสูงสุดขณะเดินบนพื้นราบในสัปดาห์ที่ 1 เท่ากับ 0.39 เมตร/วินาที และในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 0.95 เมตร/วินาที) สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ทำการศึกษาในอาสาสมัครอัมพาตครึ่งซีกที่พบว่า เมื่ออาสาสมัครได้รับการฝึกเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักบนลู่วิ่งเป็นระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มระยะเวลาในการลงน้ำหนักและปรับรูปแบบการเดินให้มีความสมมาตรเพิ่มมากขึ้น [18, 20-21] ความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงที่มากขึ้นนี้สามารถใช้เป็นตัวทำนายความสามารถในการเดินของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกได้ [22] และส่งผลให้ความเร็วในการเดินเพิ่มมากขึ้น [11, 15, 23] ความเร็วในการเดินของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก และเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถใช้ทำนายระดับความพิการของผู้ป่วย [24] สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการฟื้นฟูการเคลื่อนไหวในผู้ที่มีปัญหาทางระบบประสาท [25] อีกทั้งยังสามารถใช้ทำนายผลที่ดีที่สุดในการเคลื่อนไหวอย่างอิสระในชุมชน [26] รวมทั้งบอกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกได้ [2] อาสาสมัครที่เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้มีความเร็วในการเดินในช่วงก่อนการฝึกเดินที่ต่ำกว่า 0.4 เมตร/วินาที ซึ่งจัดได้ว่าอยู่ในระดับความบกพร่องอย่างรุนแรง (Severe impairment) [23-24] แต่เมื่ออาสาสมัครได้รับการรักษาทางกายภาพบำบัดร่วมกับการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ สามารถมีความเร็วในการเดินที่เพิ่มขึ้นอยู่ช่วงของกลุ่มที่มีความผิดปกติในการเดินเพียงเล็กน้อย (Mild impairment) และความเร็วในการเดินในนี้อยู่ในระดับที่สามารถเดินในชุมชนได้อย่างไม่จำกัด [26-27] สอดคล้องกับการศึกษาที่ใช้ BWS ในการฝึกเดินในอาสาสมัครอัมพาตครึ่งซีกที่มีความเร็วในการเดินต่ำกว่า 0.2 เมตรต่อวินาที พบว่า หากผู้ป่วยได้รับการฝึกเดินโดย BWS จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการเดินและการทรงตัวที่ดีขึ้น [28] ผลการวิจัยในกรณีศึกษาที่ใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศในครั้งนี้ ในตัวแปรของความสามารถในการควบคุมการทำงานของร่างกายที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องมาจากการเพิ่มความสามารถในการควบคุมกล้ามเนื้อที่ควบคุมการงอข้อเข่า (Knee flexor) และกล้ามเนื้อที่ควบคุมการกระดกและถีบปลายเท้า (Ankle dorsiflexor and plantarflexor) โดยมีระดับความสามารถในการควบคุมการทำงานเพิ่มขึ้น เริ่มจากสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึก และเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ใช้การฝึกเดินบนลู่วิ่งเดินร่วมกับการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่พบว่า การฝึกการเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักนั้นไม่เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง และความเร็วสูงสุดในการเดินเท่านั้น แต่ยังเป็นผลให้เกิดการเพิ่มความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อขา [10, 29] และเพิ่มความสามารถในการทรงตัวอีกด้วย [10, 29-30] จากข้อมูลของผลการศึกษาทั้งหมดในการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนัก ที่ประดิษฐ์ขึ้นภายในประเทศ ที่ส่งผลให้เกิดโอกาสในการพัฒนาความสามารถของผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง และมีแนวโน้มของผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่ใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ผลิตขึ้นในต่างประเทศ

อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเพียงกรณีศึกษาที่ได้จากอาสาสมัครเพียงหนึ่งคน การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคตนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะประโยชน์ของการฝึกเดินโดยใช้อุปกรณ์พยุงน้ำหนักเปรียบเทียบกับการฝึกเดินบนพื้นราบโดยนักกายภาพบำบัด ที่ยังคงเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันในปัจจุบัน นอกจากนี้การได้มาซึ่งจำนวนของอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สามารถเห็นถึงผลทางสถิติวิเคราะห์ที่ชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น รวมทั้งในประเด็นของความหลากหลายของอาการ ระดับความรุนแรง และระยะเวลาภายหลังจากการเกิดพยาธิสภาพ ตลอดจนการติดตามถึงการคงค้างของผลการฝึกเดิน (Retention effect) อันเป็นปัจจัยสำคัญในการยืนยันผลของประสิทธิภาพจากการฝึกเดินด้วยอุปกรณ์พยุงน้ำหนักต่อไปในอนาคต

ผลของกรณีศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่สามารถปรับความกว้างได้ที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นสามารถนำมาใช้ฝึกเดินในผู้ที่มีอาการอัมพาตครึ่งซีกได้อย่างมีความปลอดภัยตลอดช่วงเวลาในการใช้ฝึกเดิน และสามารถนำมาใช้ในการฝึกเดินให้กับผู้ป่วยในทางคลินิกได้ โดยมีแนวโน้มในการเพิ่มความสามารถในการเดินให้กับอาสาสมัครในตัวแปรของการเพิ่มระยะเวลาในการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง ความเร็วสูงสุดในการเดินบนพื้นราบ ความสามารถในการควบคุมการทำงานของขา และความสามารถในการทรงตัวของผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Langhorne, P.; Coupar, F.; & Pollock, A. (2009, August). Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* (8): 741-754.
- [2] Stein J. (2004, spring). Motor recovery strategies after stroke. *Top stroke rehabil.* 11(2): 12-22.
- [3] วิยะดา ศักดิ์ศรี; และ สุรัตน์ รัตนภาพไพศาล. (2552). *คู่มือกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์.
- [4] Shumway-cook, A.; & Woollacott, M. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. 3rd ed. n.p.: Lippicott Williams and Wilkins.
- [5] Bowden, M.G.; Embry, A.E.; & Gregory, C.M. (2011, July). Physical Therapy adjuncts to promote optimization of walking recovery after stroke. *Stroke research and treatment.* 1-10.
- [6] รัมภา บุญสินสุข; และคณะอื่นๆ. (2551). *การพัฒนาอุปกรณ์พยุงน้ำหนักราคาถูกสำหรับฝึกเดิน*. ปริญญา นินพธ์ วท.บ (กายภาพบำบัด). นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [7] Bach-y-Rita, P. (1981). Brain plasticity as a basic of the development of rehabilitation procedures for hemiplegia. *Scan J Rehabi Med.* 13(2-3): 73-83.
- [8] Jorgensen, H.S.; et al. (1995,May). Outcome and time course of recovery in stroke PartII:Time course of recovery. The Copenhagen stroke study. *Arch Phys Med Rehabil.* 5(76): 406-412.
- [9] Wade, D.T.; et al. (1987). Walking after stroke: mearsument and recovery over the first 3 months. *Scan J Rehabi Med.* 19(1): 25-30.
- [10] Da Cunha, I.T. Jr, et al. (2002,September). Gait outcomes after acute stroke rehabilitation with supported treadmill ambulation training: a randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 83(9): 1258-1265.

- [11] Visintin, M. et al. (1998, March). A new approach to retrain gait in stroke patient through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*. 29(6): 1122-1128.
- [12] Ada, Louise; Dean, M; & Catherine. (2007). Improving Walking after Stroke Using a Treadmill. In *Recent Advances in Physiotherapy*. Chichester: John Wiley and Sons.
- [13] Wawsungnoen, S.; et al. (2010, January-March). The Development of width-adjustable body weight support system for gait training. *Thai Pharmaceutical and Health Science Journal*. 5(1): 45-53.
- [14] นิธินันท์ ชัยศิริ; และคนอื่นๆ. (2552). การทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์พยุงน้ำหนักที่ประดิษฐ์ขึ้นโดย ร่มภาและคณะขณะพยุงน้ำหนักเดินในเด็กที่มีสุขภาพดี. *ปริญญาานิพนธ์ วท.บ (กายภาพบำบัด)*. นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [15] Duncan, P.W.; et al. (2011, 26, May). Body-weight-supported treadmill training rehabilitation after stroke. *N Engl J Med*. 364(21): 2026-2036.
- [16] Barbeau, H.; & Visintin, M. (2003, October). Optimal outcomes obtained with body-weight support combined with treadmill training in stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 84(10): 1458-1465.
- [17] Carr, J.H.; & Shepherd, R.B. (2003). *Stroke rehabilitation: Guidelines for exercise and training to optimal motor skill*. n.p.: Butterworth-Heinemann.
- [18] Hesse, S.; et al. (1997, March). Treadmill training with partial body weight support: influence of body weight release on the gait of hemiparetic patients. *J Neurol Rehabil*. 11(1): 15-20.
- [19] Hesse, S.; et al. (1994, October). Restoration of Gait in Nonambulatory Hemiparetic Patients by Treadmill Training With Partial Body-Weight Support. *Arch Phys Med Rehabil*. 75(10): 1087-1093.
- [20] McCain, K.J.; Pollo, F.E.; & Baum, B.S. (2008, April). Locomotor treadmill training with partial body-weight support before overground gait in adults with acute stroke: A pilot study". *Arch Phys Med Rehabil*. 89(4): 684-691.
- [21] Hesse, S.; Konrad, M.; & Uhlenbrock, D. (1999, April). Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 80(4): 421-427.
- [22] Rodriguez, G.M.; & Aruin, A.S. (2002, April). The effect of shoe wedges and lifts on symmetry of stance And weight bearing in hemiparetic individuals. *Arch Phys Med Rehabil*. 83(4): 478-482.
- [23] Sullivan, K.J.; Knowlton, B.J.; & Dobkin, B.H. (2002, May). Step training with body weight support: Effect of treadmill speed and practice paradigms on poststroke locomotor recovery. *Arch Phys Med Rehabil*. 83(5): 683-691.
- [24] DePaul, V.G.; et al. (2011, October). Varied overground walking-task practice versus body-weight-supported treadmill training in ambulatory adults within one year of stroke: a randomized controlled trial protocol. *BMC Neurol*. 11(129): 1-13.

- [25] Drouin, L.M.; et al. (1996,November). Correlation between the gross motor function measure scores and gait spatiotemporal measures in children with neurological impairments. *Dev Med Child Neurol.* 38(11): 1007-1019.
- [26] Perry, J.; et al. (1995,January). Classification of Walking Handicap in the Stroke Population. *Stroke.* 26(6): 982-989.
- [27] Bowden, M.G.; et al. (2009,May). Validation of a speed-based classification system using quantitative measures of walking performance post-stroke. *Neuro rehabil Neural Repair.* 22(6): 672-675.
- [28] Korac, M.C.; & Reding, M.J. (2000, March). Comparison of partial body weight support treadmill gait training versus aggressive bracing assisted walking post stroke. *Neuro rehabil Neural Repair.* 14(1): 13-19.
- [29] Hesse, S.; Bertelt, C.; & Jahnke, M.T. (1995, January). Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke.* 26(6): 976-981.
- [30] Jennifer, L.M.; et al. (2010, November). Locomotor training improve daily stepping activity and gait efficiency in individuals post stroke who have reached a “plateau” in recovery. *Stroke.* (41): 129-135.

SWU6-1076: การเตรียมเอสเอชอาร์เอ็นเอและไวรัสเลนติเพื่อการนำเข้าเซลล์โดย วิธีทรานสดักชัน

SET UP METHOD FOR SHRNA-LENTIVIRAL VECTOR TRANSDUCTION

อรรถพล ศรีมงคล¹, นที เจียรวิริยะไพศาล², เสาวรส สวัสดิ์วัฒน², สุทัศน์ ฟูเจริญ², ปานทิพย์ วัฒนวิบูลย์^{1*}
**Atthapol Srimongkol¹, Natee Jearawiriyapaisam², Saovaros Svasti², Suthat Fucharoen², Phantip
Vattanaviboon^{1*}**

¹ภาควิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹Department of Clinical Microscopy, Faculty of Medical Technology, Mahidol University, Thailand.

²โครงการวิจัยธาลัสซีเมีย สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

²Thalassemia Research Center, Institute of Molecular Biosciences, Mahidol University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: mtpvt@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

เบต้าธาลัสซีเมียเป็นโรคทางพันธุกรรมทางโลหิตวิทยาที่เกิดจากความผิดปกติของยีนในการสร้างเบต้า
โกลบิน ทำให้อัลฟาโกลบินเหลืออยู่เนื่องจากไม่มีคู่จับ อัลฟาโกลบินที่อยู่อิสระเป็นโปรตีนที่ไม่เสถียร จะตกตะกอนและ
สลายตัวในเม็ดเลือดแดง ฮีมหรือเหล็กที่เกิดจากการสลายของสายอัลฟาโกลบินจะจับกับผนังเซลล์เม็ดเลือดแดง
ก่อให้เกิดพยาธิสภาพที่ผนังเม็ดเลือดแดงโดยกระบวนการออกซิเดชัน ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงที่อยู่ในไขกระดูกของ
ผู้ป่วยมีอายุสั้นและถูกทำลายไปตั้งแต่ระยะที่ยังเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อน (ineffective erythropoiesis) โดยผ่าน
กระบวนการอะพอพโทซิส และยังส่งผลให้มีเม็ดเลือดแดงแตกเกิดภาวะโลหิตจาง การรักษาผู้ป่วยเบต้าธาลัสซีเมียที่มี
อาการรุนแรง มีการให้เลือดและยาขับเหล็กซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีพยาธิสภาพจากภาวะเหล็กเกิน การรักษาโดยการปลูกถ่าย
ไขกระดูกมีข้อจำกัดในการหาผู้บริจาคที่เหมาะสม ในการศึกษานี้ได้เตรียม เอสเอชอาร์เอ็นเอ (shRNA) และใช้ไวรัส
เลนติ (lentiviral vector) เป็นตัวนำเข้าสู่เซลล์ตัวอ่อนของเม็ดเลือดแดงจากเลือดผู้ป่วยเบต้าธาลัสซีเมีย เพื่อลดการสร้าง
อัลฟาโกลบินในเซลล์ โดยการออกแบบแล้วสร้าง shRNA โดยวิธี PCR จากนั้นนำมาสร้างตัวนำโดยการแทรก shRNA
เข้าไปใน lentiviral plasmid ที่บริเวณตัดจำเพาะ XbaI และ XhoI จากการทดลองพบว่า สามารถออกแบบ shRNA ได้
5 แบบ แต่ละแบบสร้างจากวิธีการทำ PCR 2 ครั้ง และเชื่อมกับ lentiviral plasmid ทำให้ผลิต lentiviral plasmid ที่มี
shRNA ได้ทั้ง 5 แบบ นอกจากนี้ ยังได้ทำการศึกษาลำดับส่วน lentivirus และเซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่เหมาะสม
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำ lentivirus เข้าสู่เซลล์ตัวอ่อน (CD34+ cell) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงเซลล์
ก่อนใส่ lentivirus มีประสิทธิภาพมากกว่าการใส่ lentivirus เข้าไปโดยตรงหลังจากการแยกเซลล์ และ lentivirus ที่มีค่า
MOI ที่ 50 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถสร้าง lentiviral plasmid ที่มี shRNA อยู่ เพื่อ
นำไปใช้ในการรักษามดูลโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงผู้ป่วยเบต้าธาลัสซีเมียต่อไป

คำสำคัญ: ธาลัสซีเมีย เอสเอชอาร์เอ็นเอ เลนติไวรัสเวกเตอร์

Abstract

β -thalassemia is an inherited autosomal recessive hematologic disorders caused by defective β -globin synthesis leading to accumulation of excess unmatched α -globins which are unstable and precipitate in red blood cell (RBCs) precursors and cause cell death in the bone marrow (ineffective erythropoiesis) and oxidative damage leading to red blood cell hemolysis in the peripheral blood. Conventional treatment for severe anemic cases is blood transfusion with iron chelator which consequently occurring iron overload. Hematopoietic stem cell transplantation is limited for few suitable donors. In this study shRNA, a short hairpin structure RNA, and lentiviral vector have been applied for alternative treatment. To establish lentiviral plasmid that carries shRNA specific to α -globin mRNA to reduce α -globin gene expression. The 2-step PCR method is used for shRNA synthesis. We successfully constructed 5 lentiviral plasmids that carry 5 different sequences of shRNA. The method of transduction of lentiviral vector into CD34+ cells from peripheral blood is also optimized to obtain highest efficiency β -thalassemia therapy in future.

Keywords: Thalassemia, Short-hairpin RNA (shRNA), Lentiviral plasmid

Introduction

Thalassemias are a major public health problem in Southeast Asia and Thailand [1]. The thalassemias are a group of inherited autosomal recessive hematologic disorders caused by defects in the synthesis of one or more of globin chains [2]. The defective β -globin synthesis in β -thalassemia leads to accumulation of excess unmatched α -globins, which are unable to form a hemoglobin tetramer and precipitate in red blood cell (RBCs) precursors leading to cell death in the bone marrow (ineffective erythropoiesis) and cause oxidative damage leading to red blood cell hemolysis in the peripheral blood [3-4]. The treatments of thalassemic patients depend on the severity ranging from mild cases that are unnecessary for treatment or occasional transfusion. For severe cases that need massive blood transfusions, a major cause of iron overloaded condition that has to be treated with iron chelation therapy. Bone marrow transplantation is only curative treatment. However, this technology needed an identical matched donor, costly and risks of complication [5-6]. Currently, many investigators try to develop alternative treatments for thalassemic patients, such as RNA interference (RNAi) [7]. RNA interference (RNAi) is a post-transcriptional gene regulatory mechanism by which a double-stranded RNA (dsRNA) induces sequence-specific gene silencing [8]. Recently, specific siRNAs have been applied to inhibit α -globin gene expression in human as well as in murine erythroid progenitors via lipofectamine transfection [9-10] aiming to improve imbalanced globin synthesis. Their results indicate the potential therapeutic applications of these specific siRNAs in β -thalassemia treatment. However, transfection of siRNA by lipofectamine is limited on siRNA functional stability. To improve the efficiency and stability of RNAi, shRNA, a short hairpin structure RNA and also other vectors such as lentiviral vector have been applied in many therapeutic researches [11]. In this study

reduction of α -globin gene expression will be investigated by using lentiviral vector carrying specific α -globin shRNA.

Objective

To establish lentiviral plasmid carrying shRNA that specific to α -globin mRNA.

Methods

1. Designed short hairpin RNA (shRNA)

shRNAs specific to α -globin mRNA were designed by the method modified from the protocols described by Tuschl; et al. [12] and Brummelkamp; et al. [13]. They were designed by using algorithm available at GeneLink, Clontech and Integrated DNA Technology (IDT). shRNAs that mostly matched from three websites were chosen.

2. Short hairpin RNA (shRNA) production

To control the expression of shRNA, U6 Promoter was linked to shRNA by using 2-step PCR (Figure 1). The first step, XbaI U6 Fw primer, the 5' PCR primer, is complementary to the 5' end of the U6 promoter that stands for template of PCR reactions, and use XbaI for restriction site on 5' end of primer. U6shRev1 is the first 3' PCR primer is complementary to sequences at the 3' end of the U6 promoter followed by the sense sequences and a 9 nt loop. The second step used PCR product from first step as a template. shRev2 was the second 3' PCR primer contains a sequence complementary to the 9-nucleotide loop followed by the antisense sequences, terminator and XhoI restriction site.

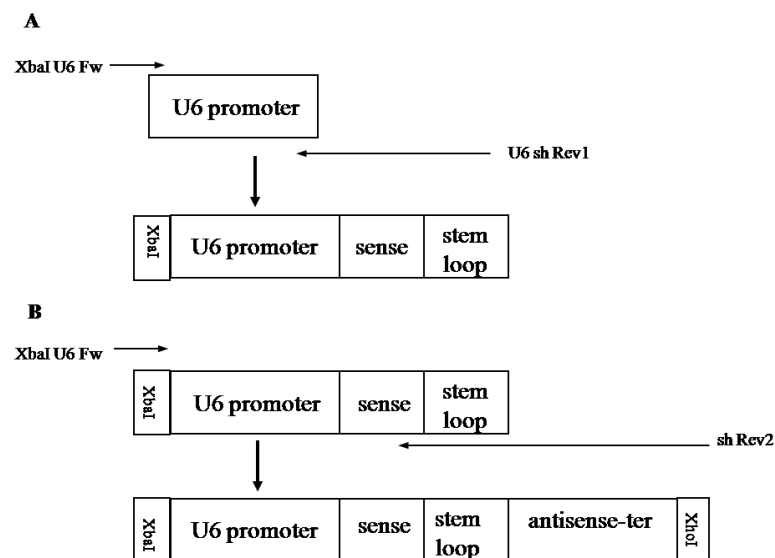


Figure 1 shRNA production by 2-step PCR [14]. (A) The first step of PCR (B) the second step of PCR. The final PCR product contained U6 promoter, sense and antisense shRNAs in the form of a stem-loop.

3. Plasmid production

The pLL3.7 is plasmid used for lentivirus production. It has high transduction efficiency in hematopoietic stem cell. So, this study uses pLL3.7 plasmid for lentiviral plasmid production carrying each of 5 shRNA that specific to α -globin mRNA. DNA from PCR product in step 2 was used for integrating into pLL3.7 plasmid. Then, recombinant plasmids (pLL3.7 alpha shRNA1 - pLL3.7 alpha shRNA5) were demonstrated by XbaI and XhoI enzyme digestion.

4. Lentiviral production and titer

Approximately 24 hour before transfection, total amount of 5×10^6 HEK293T cells are seeded into dishes in growth medium (DMEM supplemented with 10% fetal bovine serum and 2mM L-Glutamine). Then, HEK293T cells were transfected with transfection complex (lentiviral plasmid; pMDLg/pRRE; pRev; and pMD2.G). At 48 hour after transfection, lentivirus in the supernatant was harvested by using syringes and filtering the supernatant through 0.45 μ m filter, and concentrate lentivirus with Lenti-X concentrator (Clontech). The mixture was incubated at 4°C for 1 hour following by centrifuged sample at 1500 g, 4°C for 1 hour. After centrifugation, the pellet was resuspend in PBS. Viral titer was determined by transduction of HEK293T cells with serial dilution (undiluted, 1:10, 1:100, 1:500, and 1:1000) of virus. After 48-hour post transduction, the cells were collected with trypsin and analyze GFP expression by FACs analysis.

5. Primary CD 34+ cell culture and transduction

CD 34+ cells from isolated from normal peripheral blood were seeded with culture media. Cells were transduced with a GFP-encoding lentivirus under a number of different conditions: pre-stimulation of the CD34+ cells for 24 hours with cytokine (stem cell factor, interleukin-3, erythropoietin, and holo-transferrin) before transduction comparing to condition without stimulation, or adding 4 μ g/mL or 8 μ g/mL of polybrene, with or without spinoculation (600 g for 1 h, 30°C), at various multiplicity of infection (MOI). Cells were harvested 7 days post transduction for FACS analysis (Figure 2).



Figure 2 Schematic diagrams of experimental procedures for CD34+ cells transduction.

Results

1. Short-hairpin RNA (shRNA) design and production

In this study 5 shRNAs that specific to α -globin mRNA at different sites were obtained. The sequences and binding sites on α -globin mRNA were shown in Figure 3. To verify the success of shRNA

production by 2-step PCR under controlling of U6 promoter, gel electrophoresis was used to demonstrate the first and second PCR product. As shown in Figure 4, the first step PCR product contained 334 bp nucleotides and the second step PCR product contained 390 bp nucleotides.

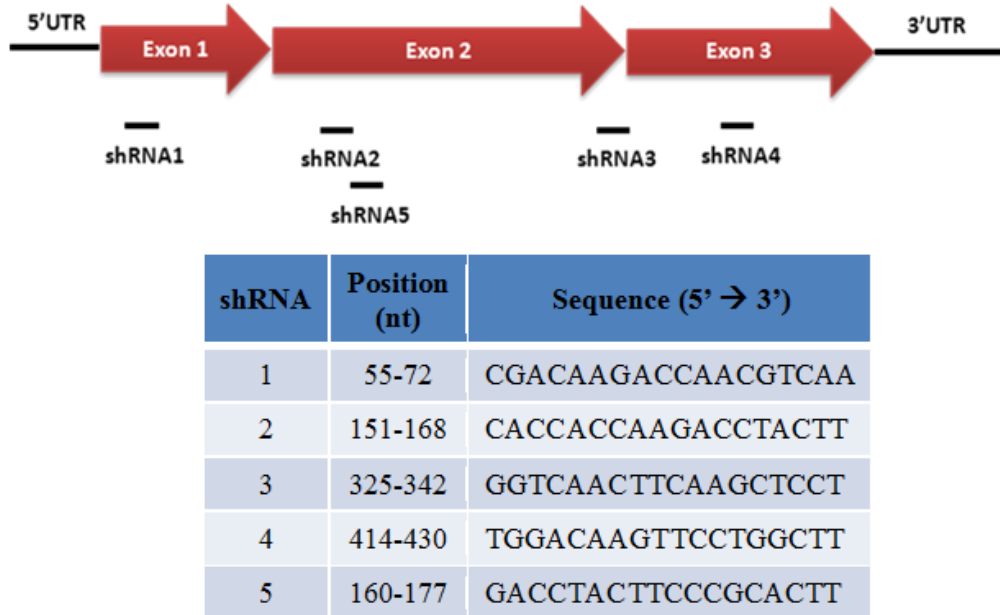


Figure 3 Sequences of nucleotides and binding sites of 5 shRNA specific to α -globin mRNA.

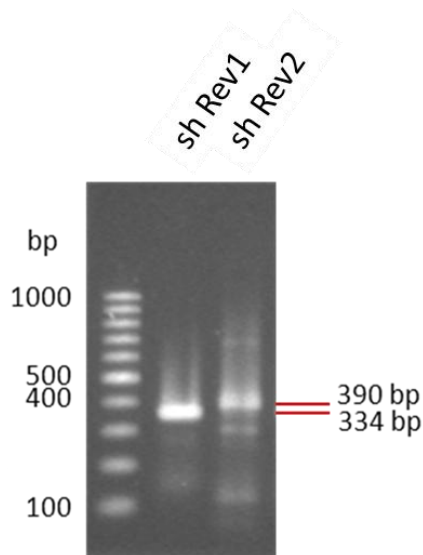


Figure 4 PCR products of shRNA that specific to α -globin mRNA after the first step of PCR (shRev1) which contained 334 bp product and the second step of PCR (shRev2) which contained about 390 bp product.

2. Lentiviral plasmid production

To produce lentiviral plasmid carrying shRNA that specific to α -globin mRNA (pLL3.7 alpha shRNA), shRNA from PCR product was inserted into pLL3.7 plasmid by various ratio between vector: insert sequence. The results show in table 1 that vector: insert sequence ratio as 3 : 3 resulted in high percentages (about 70%) of colonies containing vector with insert sequence.

Table 1 Percentage of colonies with vector and insert sequence

	Vector (pLL3.7) : Insertion (shRNA) ratio		
	1 : 3	2 : 3	3 : 3
Number of colonies	4-6	7-9	10-12
Clone with vector	25%	60%	70%
Vector with insert	90%	90%	90%

Then, the recombinant plasmid was verified by digested with XbaI and XhoI enzyme. Two DNA fragments were obtained after digestion, pLL3.7 plasmid with alpha shRNA insertion contained 7,316 bp and 374 bp size, while pLL3.7 plasmid without shRNA showed about 7,314 bp and 334 bp size (Figure 5). Then, sequencing technique was used to confirm the correctness of recombinant plasmid.

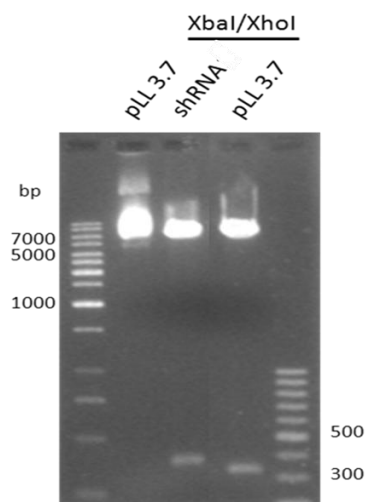


Figure 5 Gel electrophoresis for check clone of recombinant plasmid after digest with XbaI/XhoI enzyme.

3. Transduction efficiency

The necessity for the use of pre-stimulation to facilitate transduction was assessed to further the transduction protocol. As shown in Figure 6, differences were observed between all methods tested. Pre-stimulation by culturing with MOI 50 results in the highest transduction efficiency.

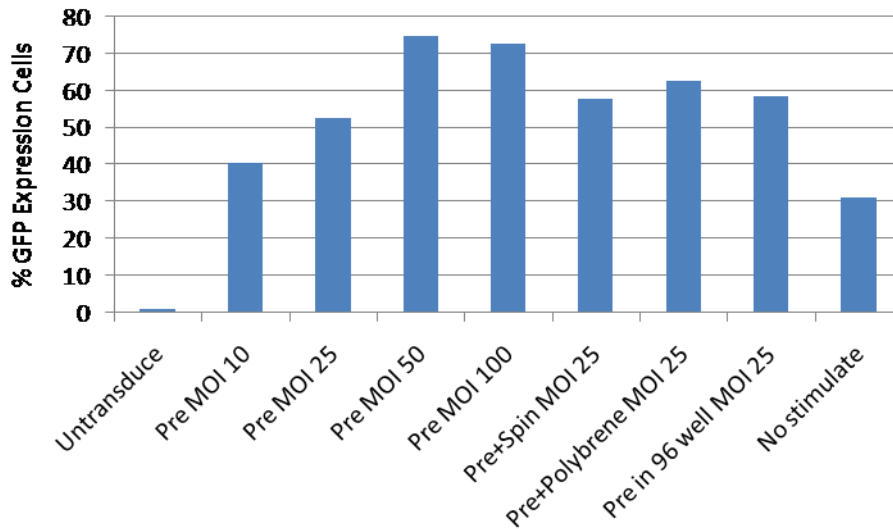


Figure 6 Comparison of cell with GFP expression in different transduction methods.

Conclusions and Discussion

In this study 5 shRNA specific to α -globin mRNA were designed. Lentiviral plasmid carrying the shRNA was successfully produced. Pre-stimulate cells by culturing before adding lentiviral vector and lentiviral MOI 50 showed the highest transduction efficiency. So this condition will be used for further experiment.

Acknowledgements

We acknowledge National Research University for grant support.

References

- [1] Dhamcharee, V.; Romyanan, O.; & Ninlagarn T. (2001, June). Genetic counseling for thalassemia in Thailand: problems and solutions. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 32(2): 413-418.
- [2] Muncie, H.L. Jr.; & Campbell; J. (2009, August). Alpha and beta thalassemia. *Am Fam Physician*. 80(4): 339-344.
- [3] Galanello, R.; & Origa, R. (2010, May). Beta-thalassemia. *Orphanet J Rare Dis*. 5: 11.

- [4] Schrier, S.L. (2002, March). Pathophysiology of thalassemia. *Curr Opin Hematol.* 9(2): 123-126.
- [5] Schwartz, E.; Benz, E.J. Jr.; & Forget, B.G. (2000). *Thalassemia Syndromes, in Hematology: Basic Principles and Practice.* 3rd ed. New York: NY Churchill Livingstone.
- [6] Rund, D.; & Rachmilewitz, E. (2005, September). β -thalassemia. *N Engl J Med.* 353(11): 1135-1146.
- [7] Schrier, S.L.; & Angelucci, E. (2005, February). New strategies in the treatment of the thalassemias. *Annu Rev Med.* 56: 157-171.
- [8] Hannon, G.J. (2002, July). RNA interference. *Nature.* 418(6894): 244-251.
- [9] Voon, H.P.; Wardan, H.; & Vadolas, J. (2008, June). siRNA-mediated reduction of alpha-globin results in phenotypic improvements in beta-thalassemic cells. *Haematologica.* 93(8): 1238-1242.
- [10] Sarakul, O.; et al. (2008, May). Inhibition of alpha-globin gene expression by RNAi. *Biochem Biophys Res Commun.* 369(9): 935-938.
- [11] Shim, M.S.; & Kwon, Y.J. (2010, December). Efficient and targeted delivery of siRNA in vivo. *FEBS J.* 277(23): 4814-4827.
- [12] Tuschl, T.; et al. (1999, December). Targeted mRNA degradation by double-stranded RNA in vitro. *Genes Dev.* 13(24): 3191-3197.
- [13] Brummelkamp, T.R.; Bernards, R.; & Agami, R. (2002, April). A system for stable expression of short interfering RNAs in mammalian cells. *Science.* 296(5567): 550-553.
- [14] Castanotto, D.; & Ross, J.J. (2004). Construction and Transfection of PCR Products Expressing siRNAs or shRNAs in Mammalian Cells. *Methods Mol Biol.* 252: 509-514.

**SWU6-1081: การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก มุมข้อสะโพก และข้อเข่า
ในระนาบ Frontal ขณะก้าวลงบันไดในผู้ที่มีและไม่มีอาการ Patellofemoral Pain**

**COMPARISON OF HIP STRENGTH AND HIP ADDUCTION AND KNEE VALGUS DURING
STEP DOWN IN FEMALE WITH AND WITHOUT PATELLOFEMORAL PAIN**

ประพรพร พินิจมั่ง^{*}, ยลรดา ไชยศิริวงศ์สุข, ภัทราพร เกิดพุ่ม, ชัชฎา ชินกุลประเสริฐ

Prapromporn Pinijmung^{*}, Yonrada Chaisirivongsuk, Pattraporn Kirdpum, Chadchada Chinkulprasert

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakarinwirot University, Thailand.

^{*}Corresponding author, E-mail: platongnoi_mine@hotmail.com

บทคัดย่อ

Patellofemoral Pain (PFP) เป็นอาการปวดเข่าทางด้านหน้า พบได้บ่อย ปัจจัยหนึ่งของการเกิด PFP คือ การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งส่งผลให้มีมุมข้อสะโพกหุบ (hip adduction) และบิดหมุนเข่าด้านใน (hip internal rotation) มากขึ้น รวมถึงมีมุมข้อเข่าชิดเข้าหากันมากขึ้น (knee valgus) จากการศึกษาที่ผ่านมา ข้อมูลเกี่ยวกับการวัดทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และลักษณะทางคินเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่าในเวลาเดียวกันของผู้ที่มีอาการ PFP ยังมีอยู่น้อยมากที่สนับสนุนความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนถึงความสัมพันธ์ข้างต้น วัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได ในเพศหญิงที่มีและไม่มีอาการ PFP วิธีดำเนินการวิจัย ศึกษาในเพศหญิงที่มีอาการ PFP 20 คน (อายุเฉลี่ย 19.9±1 ปี, ดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ย 21.06±1.91 kg/m²) และไม่มีอาการ PFP (กลุ่มควบคุม) 20 คน (อายุเฉลี่ย 19.6±1.3 ปี, ดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ย 20.88±1.64 kg/m²) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนได้รับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductors and external rotators และวัดมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได (step down task) จากนั้นทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได ระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Independent t-test ผลการวิจัย ในกลุ่ม PFP มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้อสะโพก (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.84±0.19 Kg/BMI) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม (1.09±0.23 Kg/BMI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.0001) สำหรับกล้ามเนื้อหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก ในกลุ่ม PFP (0.37±0.1 Kg/BMI) มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (0.47±0.08 Kg/BMI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= 0.0019) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ มุมข้อสะโพกหุบเข่า (hip adduction) และ มุมข้อเข่าชิดเข้าหากัน (knee valgus) ขณะก้าวลงบันได (step down task) ระหว่างกลุ่ม PFP และกลุ่มควบคุม (p>0.05) สรุปผล ผู้ที่มีอาการ PFP มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกน้อยกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ PFP แต่ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal เช่นเดียวกับทฤษฎีที่ถูกกล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ระหว่างผู้ที่มีอาการ Patellofemoral pain (PFP) และกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: อาการปวดเข่าทางด้านหน้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก มุมข้อเข่า มุมข้อสะโพก

Abstract

Patellofemoral Pain (PFP) is a common condition of anterior knee pain. A predisposing factor of PFP is hip abductor and hip external rotator weakness. They may cause excessive hip adduction and hip internal rotation, respectively, thus contributing to patellofemoral joint stress. From previous study, there is one study that simultaneously investigates hip strength and hip and knee kinematics. Therefore, the additional studies are needed to better understand this interrelationship. Objective: To compare hip muscle strength and hip adduction and knee valgus during step down in female with and without PFP. Method: Twenty females diagnosed with PFP and 20 matched controls participated. Hip strengths were measured for hip external rotators and hip abductors. Hip adduction and knee valgus were investigated during step down. Independent t-tests were used to determine between-group differences in hip strength and hip adduction and knee valgus during step down task. Results: PFP group was significantly less hip abductors (mean±S.D.; 0.84 ± 0.19 Kg/BMI) than control group (1.09 ± 0.23 Kg/BMI, $p=0.0001$). In addition, hip external rotators was significantly less in PFP group (0.37 ± 0.1 Kg/BMI) compared to control group (0.47 ± 0.08 Kg/BMI, $p =0.0019$). However, there were no significant differences between groups in hip adduction and knee valgus ($p>0.05$) during step down task. Conclusion: Subjects with PFP had significant hip muscle weakness but did not always reveal altered hip and knee kinematics in frontal plane as previously theorized.

Keywords: PFP, Hip strength, Knee valgus, Hip adduction

บทนำ

อาการปวดเข่าทางด้านหน้า (Patellofemoral pain; PFP) เป็นหนึ่งในอาการของข้อเข่าที่พบบ่อยและส่งผลต่อร่างกาย [1] มักเกิดในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ในช่วงอายุระหว่าง 10-35 ปี [2] โดยอาการปวดจะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักมากกระทำต่อข้อต่อลูกสะบ้า ได้แก่ การวิ่ง การกระโดด นั่งคุกเข่า การยืนย่อเข่า การเดินขึ้น-ลงบันได การนั่งนานๆ ในท่าที่มีการงอเข่า [3-4] ปัจจัยที่ทำให้เกิด PFP มีหลายสาเหตุได้แก่ ปัจจัยส่วนต้น (proximal factor) คือ มีการอ่อนแรงของ hip muscle (hip abductors, hip external rotators ความยืดหยุ่นของ lower extremities ลดลง และการเพิ่มของมุมกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Q-angle) ปัจจัยเฉพาะที่ (local factor) คือ แนวของกระดูกสะบ้าที่ผิดปกติ (patellar malalignment) การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Quadriceps) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ vastus medialis oblique (VMO) และการใช้งานมากเกินไป (Overload) ปัจจัยส่วนปลาย (distal factor) คือ การที่เท้าพลิกคว่ำเข่าด้านในมากเกินไป (Excessive foot pronation) [5]

จากการศึกษาที่ผ่านมา [2, 6] ได้สร้างทฤษฎีที่ว่า การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อข้อสะโพก ได้แก่ กล้ามเนื้อกางข้อสะโพก (hip abductors) กล้ามเนื้อหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (hip external rotators) จะส่งผลให้แนวร่างกายเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ข้อสะโพกหุบเข้าหากัน (hip adduction) บิดหมุนเข่าด้านใน (hip internal rotation) และข้อเข่าชิดเข้าหากัน (knee valgus) มากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ชีวกลศาสตร์ของข้อต่อลูกสะบ้าเปลี่ยนแปลงไปคือ เกิดการลดลงของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างลูกสะบ้าและส่วนปลายของกระดูกต้นขา และเพิ่มแรงกดอัดทางด้านหน้าของข้อต่อลูกสะบ้า จึงทำให้เกิดอาการปวดเข่าทางด้านหน้า [2-3, 5-6] ดังนั้นงานวิจัยในปัจจุบัน [1, 6-9] จึงมุ่งเน้นการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อสะโพกในโปรแกรมการฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีอาการ PFP เป็นส่วนใหญ่

จากการศึกษาของ Ireland; et al [2] และ Robinson และ Nee [6] พบว่า มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ hip abductors และ hip external rotators ในเพศหญิงที่มีอาการ PFP และการอ่อนแรงนี้อาจจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ patella เคลื่อนออกจากด้านนอก (lateral tracking) แต่การศึกษานี้ไม่ได้มีการวัดลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่า จึงไม่มีหลักฐานยืนยันว่า ผู้ที่มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกจะส่งผลให้เกิด hip adduction hip internal rotation และ knee valgus ขณะทำการเคลื่อนไหว

การศึกษาของ Mascali; et al [7] พบว่า การอ่อนแรงของ hip abductor และ hip external rotator เมื่อให้การออกกำลังกายเกี่ยวกับข้อสะโพก และลำตัว เป็นเวลา 14 สัปดาห์ จะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง กล้ามเนื้อสะโพก และมี hip adduction ลดลง และมี hip external rotation มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของ patella ให้อยู่ในตำแหน่งปกติ และลดมุม Q-angle ในขณะที่เคลื่อนไหวได้ แต่การศึกษานี้ไม่ได้วัดลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อเข่า เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการวัดทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่าในเวลานี้ของคนที่ไม่มีและไม่มีอาการ PFP ยังมีอยู่น้อยมากที่จะสนับสนุนทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น และเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่ามากขึ้น

ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่าในผู้ที่มีและไม่มีอาการ PFP

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการกางสะโพกและหมุนสะโพกออกด้านนอก และมุมข้อสะโพก (hip adduction) และข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได (step down) ในผู้ที่มีและไม่มีอาการ Patellofemoral Pain

สมมติฐานของการวิจัย

ผู้ที่มีอาการ PFP จะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกน้อยกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ PFP นอกจากนี้ยังพบ hip adduction และ knee valgus มากขึ้นขณะก้าวลงบันได (step down)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

อาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 18-25 ปี ดัชนีมวลกายระหว่าง 18.9-24.9 kg/m² จำนวน 40 คน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม (control) คือ กลุ่มที่ไม่มีอาการ PFP จำนวน 20 คน ซึ่งจะต้องไม่มีอาการและอาการแสดงที่บ่งบอกว่าเป็น PFP, กลุ่มทดลอง (PFP) คือ กลุ่มที่มีอาการ PFP จำนวน 20 คน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้ (Inclusion criteria) มีอาการ PFP อย่างน้อย 4 สัปดาห์และต้องมีอาการตั้งแต่ 3 ใน 7 [10] อาการดังต่อไปนี้ ปวดเข่าขณะเดิน ปวดเข่าขณะวิ่ง ปวดเข่าขณะกระโดด ปวดเข่าขณะยืนย่อเข่า ปวดเข่าขณะเดินขึ้น-ลงบันได ปวดเข่าขณะนั่งคุกเข่า ปวดเข่าขณะที่มีการนั่งเอนเข่านานๆ [10-11] ซึ่งมี Pain scale อยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 ส่วนผู้ที่มีประวัติการเคลื่อนหลุดของกระดูกสะบ้า กระดูกสะบ้าอยู่ผิดตำแหน่ง มีอาการและอาการแสดงของกระดูกอ่อนหรือการบาดเจ็บภายในข้อต่อ การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หรือเอ็นทางด้านข้างของข้อเข่า หรือได้รับการผ่าตัดบริเวณข้อเข่ามาก่อน การอักเสบของเอ็นกระดูกสะบ้า การที่ทำพริกคว่ำเข่าด้านในมากเกินไป (Excessive foot pronation) จะถูกตัดออกจากการศึกษานี้

อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกและตัดสินใจเข้าร่วมการศึกษานี้ ได้เซ็นต์ชื่อลงในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งการศึกษานี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออกสะโพก (hip abductors) และหมุนสะโพกออกด้านนอก (hip external rotators) โดยใช้ Hand-held dynamometer วัดแรงที่มากที่สุดของ hip abductors และ hip external rotators มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

2. การวัดลักษณะทางคิเนมาติกส์ของข้อสะโพกและข้อเข่าในแนว frontal โดยใช้ Digital video (Sony Handycam) บันทึกภาพในขณะที่ยืนนิ่งและขณะทำ step down [4] ซึ่งใช้ step ที่มีความสูงประมาณ 20% ของความยาวขาของผู้ร่วมวิจัยแต่ละคน

3. การวัดระดับความเจ็บปวด โดยใช้ 10 เซนติเมตร Visual Analogue Scale (VAS)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคน ทั้งกลุ่มควบคุม (Control) และกลุ่มทดลอง (PFP) จะได้รับการทดสอบ ดังนี้

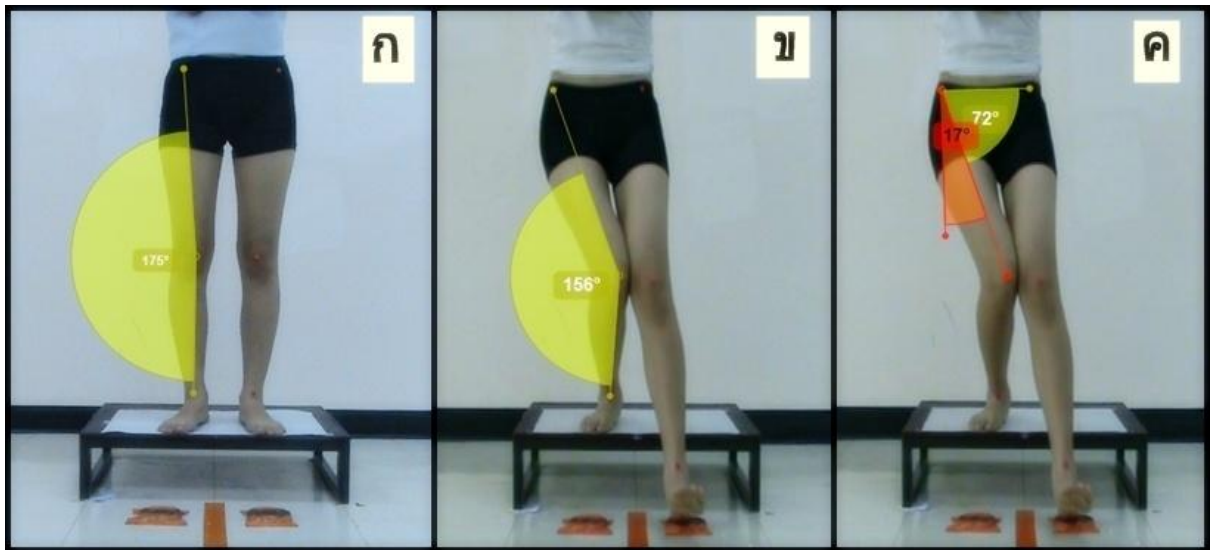
1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก โดยวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออกข้อสะโพก (Hip abductors) ในท่านอนตะแคง ขาที่อยู่ด้านล่างงอ 30° ขาที่อยู่ด้านบนเหยียดตรง กั้นระหว่างขาด้วยหมอนให้มุมการหุบข้อสะโพก 0° วาง hand-held dynamometer ที่ตำแหน่งเหนือต่อ lateral condyle 5 เซนติเมตร แล้วใช้สายรัดรัดเหนือข้อเข่า 5 เซนติเมตรให้อยู่หนึ่งเพื่อให้แรงต้านมีค่าคงที่ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงกางขา ค้างไว้ 5 วินาที [12] การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip external rotators วัดในท่านั่งเก้าอี้เท้าของผู้เข้าร่วมการวิจัยลอยพื้น กอข้อสะโพกและข้อเข่า 90 องศา หลังพิงพนักเก้าอี้ วาง hand-held dynamometer ที่ตำแหน่งเหนือต่อ medial malleolus 5 เซนติเมตร จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงหมุนขาออกแล้วค้างไว้ 5 วินาที [12]

2. การวัดมุมข้อสะโพกและมุมข้อเข่าในระนาบ frontal (Hip adduction and knee valgus) โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสองมิติ (2-Dimensional analysis) ด้วย Digital video camera (sony handycam) ตั้งกล้องสูงจากพื้น 45 เซนติเมตร ห่างจาก step 2.25 เมตร ในแนวทิศตั้งฉากกับ step

ก. วัดมุมข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะยืนนิ่ง (knee valgus during standing) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนขาเหยียดตรง ระยะห่างของเท้ากว้างเท่าระดับไหล่ ติด marker ที่ Anterior superior iliac spine (ASIS), กึ่งกลางของกระดูกสะบ้า (Patella) และจุดกึ่งกลางระหว่างกระดูกตาตุ่มด้านใน (Medial malleolus) และกระดูกตาตุ่มด้านนอก (Lateral malleolus) โดยวัดมุมจากเส้นที่ลากจาก Anterior superior iliac spine (ASIS) ถึงกึ่งกลางของ Patella และเส้นที่ลากจากกึ่งกลางของ Patella ถึงจุดกึ่งกลางระหว่าง Medial malleolus และ Lateral malleolus [13] จากนั้นนำค่ามุมที่วัดได้มาหักลบจาก 180 องศา นั่นคือ ค่ามุม knee valgus (ดังภาพที่ 1 ก)

ข. วัดมุมข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได (knee valgus) during step down task) ติด marker ในตำแหน่งเดียวกับข้อ 2 ก และวัดมุม knee valgus ขณะก้าวลงบันได เช่นเดียวกับข้อ 2 ก โดยเลือกช่วงที่ส้นเท้าแตะพื้น (ดังภาพที่ 1 ข)

ค. วัดมุมข้อสะโพกในระนาบ frontal (Hip adduction during step down task) ติด marker ที่ ASIS ทั้งสองข้าง และกึ่งกลางของกระดูกสะบ้า (Patella) วัดมุมจากเส้นที่ลากผ่าน ASIS ทั้งสองข้าง และจาก ASIS ไปยังกึ่งกลางของ Patella โดยเลือกช่วงที่ส้นเท้าแตะพื้น จากนั้นนำค่ามุมที่วัดได้มาหักลบจาก 90 องศา นั่นคือ ค่ามุม hip adduction (ดังภาพที่ 1 ค)



ภาพที่ 1 ก: แสดงการวัดมุมข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะยืนนิ่ง (Knee valgus during standing)

ข: แสดงการวัดมุมข้อเข่าในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได (Knee valgus during step down task)

ค: แสดงการวัดมุมข้อสะโพกในระนาบ frontal ขณะก้าวลงบันได (Hip adduction during step down task)

การจัดการข้อมูล

1. ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยเลือกค่าแรงที่สูงที่สุดจากการวัด 3 ครั้ง และทำการ normalized ข้อมูลโดยการหารด้วยค่า BMI มีหน่วยเป็น kg/BMI

2. การวัดมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal (มุม hip adduction และ knee valgus) โดยใช้โปรแกรม Kinovea version 0.8.15 โดยเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก และเปรียบเทียบมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal plane ขณะก้าวลงบันไดระหว่างกลุ่ม โดยใช้ Independent t-test

ผลการวิจัย

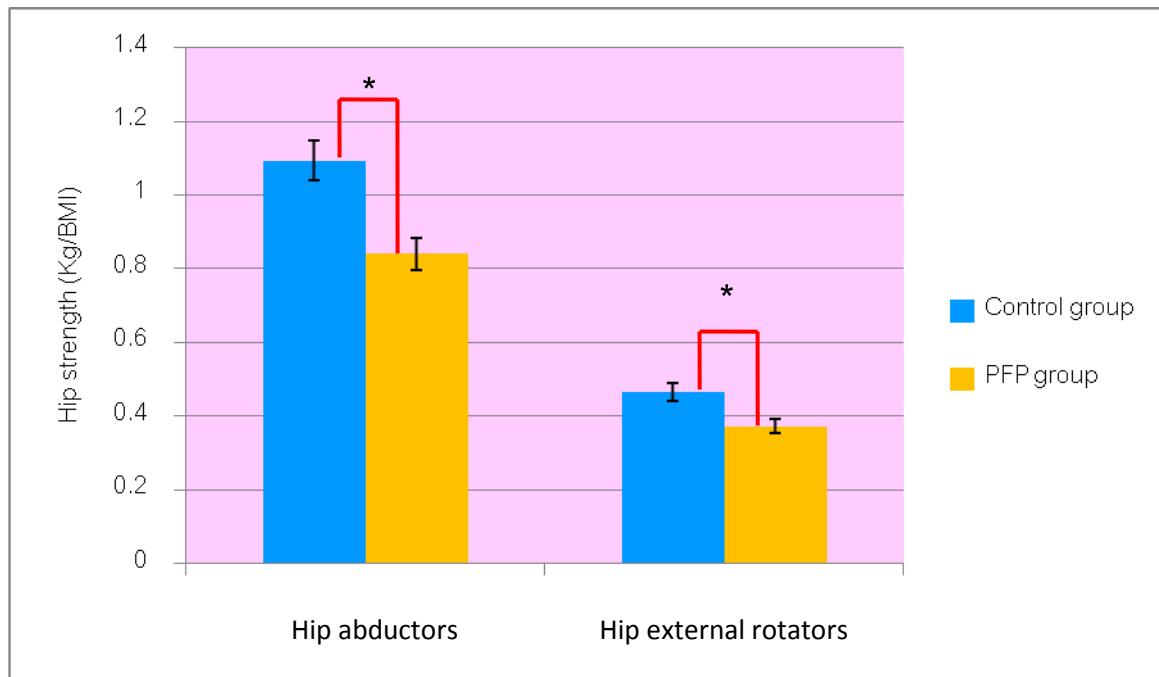
ความน่าเชื่อถือของการวัด

ค่าความน่าเชื่อถือในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย HHD พบว่า ค่าความน่าเชื่อถือของการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางข้อสะโพก (Hip abductors) $ICC_{3,1} = 0.788$ ($p = 0.0025$) และกล้ามเนื้อหมุนข้อสะโพกออกด้านนอก (hip external rotators) ในท่าหนึ่งหรือนอนตะแคง $ICC_{3,1} = 0.919$ ($p = 0.0003$) ส่วนค่าความน่าเชื่อถือในการวัดมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal พบว่า ค่าความน่าเชื่อถือของการวัด knee valgus ขณะยืนนิ่ง $ICC_{3,1} = 0.9728$ ($p = 0.0001$) และการวัด knee valgus ขณะ step down $ICC_{3,1} = 0.9631$ ($p = 0.0001$) และการวัด hip adduction ขณะ step down $ICC_{3,1} = 0.9257$ ($p = 0.0001$)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก

ในกลุ่ม PFP มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางข้อสะโพก (Hip abductors) (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; 0.84 ± 0.19 Kg/BMI) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม (1.09 ± 0.23 Kg/BMI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0001$) สำหรับกล้ามเนื้อหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotators) ในกลุ่ม PFP (0.37 ± 0.1 Kg/BMI) มี

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (0.47 ± 0.08 Kg/BMI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0019$) (ดังภาพที่ 2)

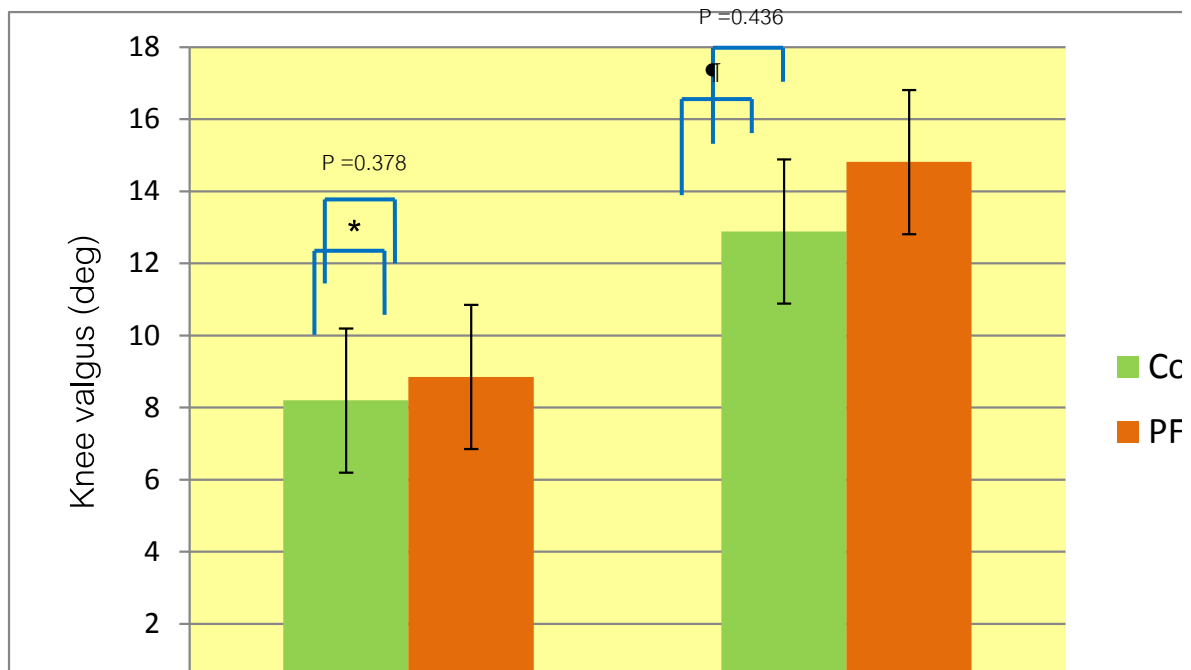


ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductors และ Hip external rotators ในกลุ่มควบคุมและกลุ่ม PFP (* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$)

การวัดมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal

มุมข้อเข่าในระนาบ frontal (Knee valgus)

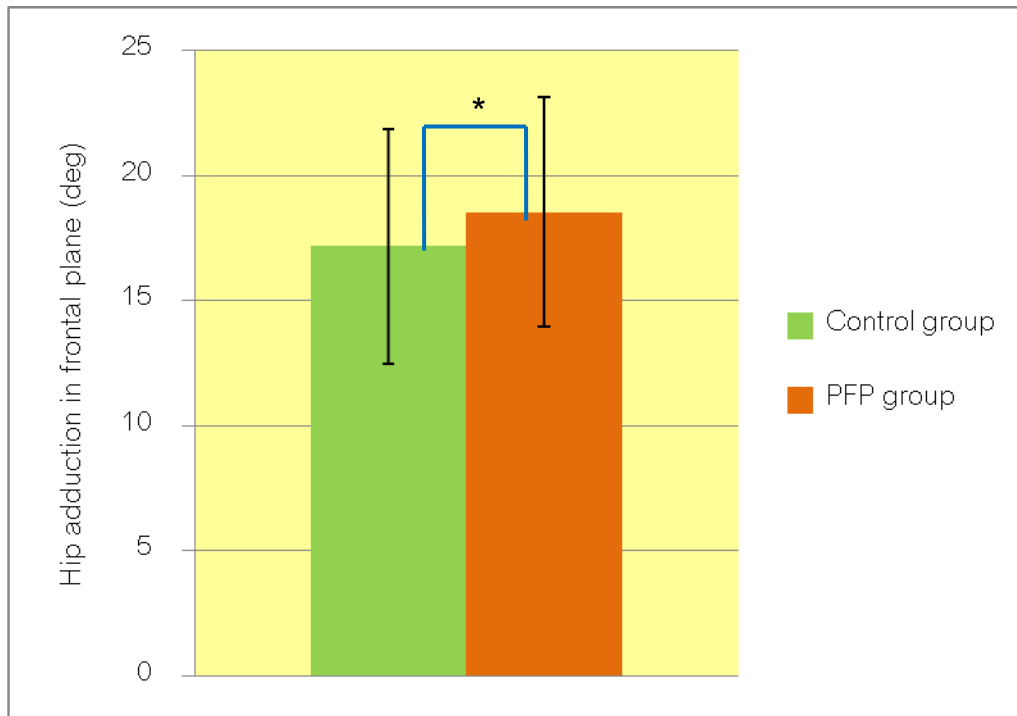
ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของมุมข้อเข่าชิดเข้าหากัน (knee valgus) ในขณะยืนนิ่ง (standing) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($p = 0.378$) โดยในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของมุม knee valgus ขณะยืนนิ่ง (8.85 ± 2.70) มากกว่ากลุ่มควบคุม (8.15 ± 1.89) (ดังภาพที่ 3) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของมุมข้อเข่าชิดเข้าหากัน (knee valgus) ในขณะก้าวลงบันได (step down task) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($p = 0.454$) โดยในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของมุม knee valgus (15.2 ± 9.22) ขณะก้าวลงบันไดมากกว่ากลุ่มควบคุม (12.43 ± 6.99) (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุม knee valgus ทั้งขณะยืนนิ่งและก้าวลงบันไดของกลุ่มควบคุมและกลุ่ม PFP ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (* $p=0.378$, η $p=0.454$)

มุมข้อสะโพกในระนาบ frontal (Hip adduction)

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของมุมข้อสะโพกหุบเข้า (hip adduction) ในขณะก้าวลงบันได (step down task) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($p = 0.359$) โดยในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของมุมข้อสะโพกหุบเข้าขณะก้าวลงบันได (18.52 ± 4.60) มากกว่ากลุ่มควบคุม (17.16 ± 4.68) (ดังภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุม Hip adduction ขณะก้าวลงบันไดของกลุ่มควบคุมและกลุ่ม PFP ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (* p = 0.359)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ hip abductors และ hip external rotators มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (hip abductors; $p < 0.0001$), hip external rotators; $p = 0.001$) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม PFP โดยกลุ่มควบคุมมีกำลังกล้ามเนื้อข้อสะโพกมากกว่ากลุ่ม PFP ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้างต้น และสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา Ireland et al รายงานว่า ผู้ที่มีอาการ PFP จะแสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ hip abductors และ hip external rotators น้อยกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ PFP ถึง 26% และ 36% ตามลำดับ การศึกษาของ Bolgia; et al [14] พบว่าผู้ที่มีอาการ PFP จะแสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ hip abductors และ hip external rotators น้อยกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ PFP ถึง 26% และ 24% ตามลำดับ ส่วนการศึกษานี้ พบว่า ผู้ที่มีอาการ PFP จะแสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ hip abductors และ hip external rotators น้อยกว่าผู้ที่ไม่มีอาการ PFP ถึง 23% และ 21% ตามลำดับ แต่จากการศึกษามุม knee valgus และ hip adduction ขณะก้าวลงบันได ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม PFP แต่ในกลุ่ม PFP มีแนวโน้มที่มุม knee valgus และ hip adduction จะน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Bolgia; et al [14] และไม่สนับสนุนทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นที่ว่า ผู้ที่มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกจะแสดงให้เห็นถึงการหุบเข้าหากัน (hip adduction) และบิดหมุนเข้าด้านใน (hip internal rotation) ของข้อสะโพก และการชิดเข้าหากันข้อเข่า (knee valgus) มากขึ้น สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของมุมดังกล่าวในการศึกษานี้ อาจจะมาจากการสูงของ step ที่ใช้ในขณะทำ step down น้อยเกินไป ซึ่งอาจจะเป็นกิจกรรมที่ง่ายหรือไม่ทำท่ายพอสําหรับกล้ามเนื้อสะโพกที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกต้นขา ดังนั้นจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal

ถึงแม้ว่าการศึกษาก่อนหน้านี้จะกล่าวว่า การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกจะสัมพันธ์กับการเกิด PFP แต่จากการศึกษาครั้งนี้แนะนำว่า การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกอาจจะไม่จำเป็นที่จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ของมุมข้อสะโพกและข้อเข่าในระนาบ frontal เสมอไป จากข้อมูลที่สรุปถึงความสัมพันธ์นี้มีอยู่น้อย ดังนั้นมันจึงยากที่จะอธิบายว่า ผู้ป่วยจะแสดงการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและความผิดปกติของแนวร่างกายเกิดขึ้นก่อนที่มีอาการ PFP ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ผู้ร่วมวิจัยอาจจะเกิดอาการ PFP จากปัจจัยอื่น เช่น โครงสร้างของกระดูกหรือการจำกัดของ soft tissue จนในที่สุดส่งผลให้เกิดการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อสะโพกตามมาได้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งต่อไปจึงควรจะศึกษาในรูปแบบของ prospective study เพื่อให้เข้าใจถึงอิทธิพลเหล่านี้ได้ดีขึ้น

สรุปและอภิปรายผล

ในผู้ที่มีอาการ Patellofemoral pain (PFP) และกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกอย่างเห็นได้ชัด โดยผู้ที่มีอาการ Patellofemoral pain (PFP) จะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกน้อยกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างของมุม knee valgus และ hip adduction ระหว่างผู้ที่มีและไม่มีความผิดปกติ Patellofemoral pain (PFP)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fukuda, T.Y.; et al. (2010, November). Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 40(11): 736-742.
- [2] Ireland, M.L.; et al. (2003, November). Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 33(11): 671-676.
- [3] Powers, C.M.; et al. (2003, November). Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 33(11): 677-685.
- [4] Olson, T.J.; et al. (2010, February). Comparison of 2D and 3D kinematic changes during a single leg step down following neuromuscular training. *Phys Ther Sport.* 12(2): 93-99.
- [5] Powers, C.M. (2003, November). The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 33(11): 639-646.
- [6] Robinson, R.L.; & Nee, R.J. (2007, May). Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 37(5): 232-238.
- [7] Mascal, C.L.; Landel, R.; & Powers, C. (2003, November). Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther.* 33(11): 647-660.
- [8] Tyler, T.F.; et al. (2006, April). The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *Am J Sports Med.* 34(4): 630-636.

- [9] Dolak, K.L.; et al. (2011, August). Hip strengthening prior to functional exercises reduces pain sooner than quadriceps strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 41(8): 560-570.
- [10] Nakagawa, T.H.; et al. (2008, December). The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 22(12): 1051-1060.
- [11] Souza, R.B.; & Powers, C.M. (2009, January). Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 39(1): 12-19.
- [12] Bazett-Jones, D.M.; et al. (2011, January). Normalizing hip muscle strength: establishing body-size-independent measurements. *Arch Phys Med Rehabil.* 92(1): 76-82.
- [13] Nguyen, A.D.; & Shultz, S.J. (2007, July). Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 37(7): 389-398.
- [14] Bolgia, L.A.; et al. (2008, January). Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 38(1): 12-18.

SWU6-1092: ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 จากสารสกัด น้ำและสารสกัดเอทานอลของเถาเอ็นอ่อน

ANTI-HIV-1 REVERSE TRANSCRIPTASE ACTIVITY BY AQUEOUS AND ETHANOL EXTRACTS FROM *Cryptolepis buchanani*.

บุศรินทร์ บุญมี¹, นุจรี ตันจพัฒน์กุล¹, จันท์เพ็ญ วิวัฒน์^{2*}, วีณา จิรัจฉิยากุล³

Butsarin Boonme¹, Nujaree Tanjapatkul¹, Chanpen Wiwat^{2*}, Weena Jiratchariyakul³

¹ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

²Department of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Thailand.

³ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

³Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: pycww@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อ HIV-1 reverse transcriptase ของพืชสมุนไพรไทย โดยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้มีการนำสารสกัดหยาบ 12 ชนิดที่ผ่านการทดสอบฤทธิ์ต้าน HIV-1 โดยเทคนิค syncytium reduction assay มาแล้วและมีฤทธิ์ที่ดีมาทำการทดสอบปฏิกิริยาแทนนิน โดยผลการทดลองพบว่ามีสารสกัด 5 ชนิด ที่ไม่มีแทนนินเป็นส่วนประกอบ จึงได้เลือกนำมาศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อ HIV-1 reverse transcriptase ต่อไป การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้เลือกพืชเถาเอ็นอ่อนนำมาใช้ในการศึกษา เพราะเป็นพืชที่พบได้โดยทั่วทุกภาคในประเทศไทย มีสรรพคุณมากมาย และสามารถหาได้จากมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จังหวัดนครปฐม โดยนำส่วนของก้านและใบมาสกัดกับน้ำ และเอทานอล 95% และ 50% ตามลำดับ หลังจากนั้นนำสารสกัดที่เป็นสารสกัดหยาบมาทดสอบฤทธิ์ต้านเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 แบบวิธี *in vitro* non-radioactive assay ซึ่งผลการทดลองพบว่า สารสกัดน้ำจากเถาเอ็นอ่อนมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าวหรือที่เรียกว่า percentage of inhibition ratio ในส่วนของก้านมีค่าดังนี้ 91.8, 73.85, 62.6, 45.8% ตามความเข้มข้นที่ 10, 5, 2.5, 1.25 µg/ml ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง inhibition ratio(%IR) ในส่วนของใบมีดังนี้ 92.5, 81.5, 64.3, 61.55% ตามความเข้มข้นที่ 10, 5, 2.5, 1.25 µg/ml ตามลำดับ หลังจากนั้นนำสารสกัดน้ำจากเถาเอ็นอ่อนในส่วนของก้านและใบมาทำให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนกับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 30% และ 30-80% ตามลำดับ และนำสารสกัดที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมาแยกโปรตีนโดยใช้วิธีโซเดียมดิวตีสัลเฟตอะครีลาไมด์เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (SDS-PHAGE gel electrophoresis) หลังจากนั้นนำโปรตีนที่ตกตะกอนมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 โดยทดสอบที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 50 µg/ml ทั้งในส่วนของก้านและใบ ผลการทดลองพบว่า ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง inhibition ratio (%IR) เท่ากับ 90 และ 65% ในส่วนของก้านและใบตามลำดับ ตัดแถบโปรตีนที่สนใจ โดยในการศึกษาค้นคว้านี้จะตัดทุกแถบแบนโปรตีนและนำมา elute โปรตีน และทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 โดยทดสอบที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 10 µg/ml ของโปรตีน

แต่ละชนิด ซึ่งพบว่าโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 21.5 กิโลดัลตัน และ 31.0 กิโลดัลตัน จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ทั้งในส่วนของก้านและใบ จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสารสกัดจากเถาเอ็นอ่อนมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาสำหรับการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นยาเพื่อใช้รักษาผู้ที่ติดเชื้อเอชไอวีได้ในอนาคต

คำสำคัญ: เถาเอ็นอ่อน เชื้อเอชไอวี1 เอนไซม์ reverse transcriptase

Abstract

The purpose of this study was to investigate traditional Thai medicinal plants for anti-human immunodeficiency virus type -1 reverse transcriptase (HIV-1RT). In this study crude extracts of the 12 Thai medicinal plants were tested anti-HIV-1 by syncytium reduction assay and have a good effect to test reaction tannin. The results showed that the extracts are five types of not found tannin components. Therefore, this extracts were selected for the study effect of anti- HIV-1 reverse transcriptase. This study selected *Cryptolepis buchanani* because this plant is found in all regions of Thailand. There are many benefits and can be obtained from Mahidol University at Salaya Campus. By the stem and leaves were extracted with water and ethanol 95% and 50% respectively. Then the crude extracts were tested for their inhibitory effects on the HIV-1 reverse transcriptase by *in vitro* non-radiometric method. The results of this study showed that water extracts exhibited the anti-HIV-1 reverse transcriptase activities. They exhibited a percentage of inhibition ratio (%IR) of parts stem 91.8, 73.85, 62.6, 45.8 at four concentration 10, 5, 2.5, 1.25 µg/ml respectively. And inhibition ratio (%IR) of leave 92.5, 81.6, 64.3, 61.55 at four concentration 10, 5, 2.5, 1.25 µg/ml respectively. Then the water extracts of the leaves and stem were purifine proteins by precipitation with ammonium sulfate at 30% and 30-80% saturation. The proteins were separate by sodium dodecyl sulfate acrylamide gel electrophoresis. After the precipitated proteins were tested for their inhibitory effect on the HIV-1 reverse transcriptase at the final concentration of 50 µg / ml in both the stem and leaves. The results showed that the percentage of inhibition ratio (% IR) of 90 and 65 in the stems and leaves, respectively. The interesting protein band was cut off ,this study were cut off all the band, eluted proteins and tested anti-HIV-1 reverse transcriptase at the final concentration of 10 µg/ml each type of the proteins. The molecular weight of the protein were found to be 21.5 kDa and 31.0 kDa exhibited the anti-HIV-1 reverse transcriptase both the stem and leaves. The results of this study showed that extracts of the *Cryptolepis buchanani* have an inhibitory effects on the HIV-1 reverse transcriptase. And can be used in the study and development of drugs to treat people infected with HIV continue to be in the future.

Keywords: *Cryptolepis buchanani*, HIV-1, HIV-1reverse transcriptase

บทนำ

เอดส์คือ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อเอชไอวี (Human immunodeficiency virus) เป็นผลทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายบกพร่องได้รับเชื้อโรคฉวยโอกาสได้ง่ายขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันยาที่ใช้การต้านไวรัสเอชไอวีจะยังคงมีอยู่และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่โรคเอดส์ก็ยังแพร่กระจายไปทั่วโลกและส่งผลข้างเคียงที่รุนแรงกับผู้ป่วยเอดส์ จึงได้มีการพยายามค้นคว้าหายาตัวใหม่ที่มีฤทธิ์ในการต้านเอชไอวี 1 และไม่ส่งผลข้างเคียงที่รุนแรงต่อคนไข้ จึง

ได้มีการค้นคว้าวิจัยหาสารต้านไวรัสชนิดนี้จากแหล่งธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพืช และได้มีการวิจัยพร้อมพัฒนาปรับปรุงเป็นยารักษาโรคเอดส์ในเวลาต่อมา

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับสารประกอบที่ได้จากพืชสมุนไพรที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการจำลองตัวเองของเชื้อ HIV และมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ HIV ตัวอย่างเช่น Alkaloids ที่พบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งกระบวนการของเชื้อเอชไอวี 1 Coumarins ตัวอย่างเช่น calanolides และ inophyllums substances ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1, (+)-calanolide A, (-)-calanolide และ dihydro-derivative,(-)-7,8dihydrocalanolide B มีฤทธิ์ในการยับยั้ง cytopathic effects ของเชื้อ HIV-1 ใน T-cell lines Polyphenols จะมีหน้าที่ร่วมกับโปรตีนของอนุภาคไวรัสและบนพื้นผิวของ host cells มีผลทำให้ป้องกันการดูดซึมของเชื้อไวรัส Xanthone พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 Sulphated polysaccharide พบว่ามีหน้าที่ในการยับยั้งเชื้อ HIV สลายส่วนของ glycoprotein complex ของเชื้อ HIV และยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase Peptides และ Protein มีฤทธิ์ในการยับยั้งการจำลองตัวเองของเชื้อ HIV ในเซลล์ lymphocyte ที่ได้ infected เชื้อ HIV เข้าไปทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง [1-2]

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคต่างๆมีมากมาย เช่น จากส้ม (*Garcinia gambugia*) ที่ใช้รักษาโรคบิด [3] ลูกใต้ใบ (*Phyllanthus niruri*) ได้มีการนำมาใช้ในการขับปัสสาวะและรักษาอาการตัวเหลือง [4] นอกจากนี้พืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคเอดส์ก็มีมากมาย เช่น สาหร่ายทะเลจากเกาหลีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase และ integrase ของเชื้อ HIV-1 [5] ส้มตระกูล *Garcinia* ที่มีฤทธิ์ในการเป็นพิษต่อเซลล์และมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ HIV [3] ฟ้าทะเลลายโจรที่เป็นสมุนไพรพื้นบ้านของไทยโดยสารสกัดน้ำของใบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase และ protease ของเชื้อ HIV-1 เห็ดหลินจือแดง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ HIV ในการ induced ทำให้เกิด cytopathic effects ใน MT- 4 cells ต้นฮอปส์ (*Humulus lupulus*) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ HIV-1 ยับยั้งเกิดการ cytopathic effects และยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase [6] กระชาย (*Boesenbergia pandurata*) มีฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 protease [7]

ประเทศไทยมีพืชสมุนไพรมากมายที่ใช้ในการรักษาโรคต่างๆเพราะประเทศไทยมีภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับเจริญเติบโตของพืช รวมไปถึงพืชเถาเอ็นอ่อนที่พบได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งพืชเถาเอ็นอ่อนอยู่ในวงศ์ ASCLEPIADACEAE [8] ในประเทศอินเดียได้นำพืชเถาเอ็นอ่อนมาใช้ในการรักษาโรคต่างๆ มากมาย เช่น รักษาโรคอุจจาระร่วง มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฟอกเลือด รักษาอาการไอ รักษาโรคกระดูกอ่อนในเด็ก และมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย [9] ส่วนในประเทศไทย ได้มีการนำส่วนของก้านเถาเอ็นอ่อนมาใช้ในการต้านการอักเสบ รักษาโรคไขข้อ คลายกล้ามเนื้อ และรักษาอาการปวดข้อ และได้มีการรายงานพบสารสกัดน้ำที่ได้จากใบของเถาเอ็นอ่อน มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย และได้มีการรายงานถึงสารประกอบที่พบในพืชในเถาเอ็นอ่อน ซึ่งประกอบด้วย nicotinoyl, glucoside, cryptosin และ b Buchananine (pyridine alkaloid) [10] สำหรับการรายงานการศึกษาฤทธิ์ในยับยั้งเชื้อ HIV ของเถาเอ็นอ่อนนั้นยังไม่เคยมีการรายงานการศึกษามาก่อน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จุดประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ก็เพื่อศึกษาวิจัยพืชสมุนไพรที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ HIV ก็คือ พืชเถาเอ็นอ่อน โดยศึกษาฤทธิ์ในยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV - 1 ในส่วนของก้านและใบและนำสารสกัดที่ให้ผลในดีในการยับยั้งมาทำให้บริสุทธิ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำมาพัฒนาเป็นยาในการรักษาผู้ติดเชื้อ HIV ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชที่นำมาใช้ในการศึกษา

พืชที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เก็บตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จังหวัดนครปฐม ได้แก่ พืชเถาเอ็นอ่อน โดยศึกษาในส่วนของก้านและใบของพืชชนิดนี้

2. การเตรียมสารสกัดจากพืช

นำพืชเถาเอ็นอ่อนมาล้างทำความสะอาด สับให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ ล้างให้สะอาดอีกครั้งหนึ่ง ตากให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปอบที่ 50°C โดยชั่งน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ หลังจากนั้นนำพืชที่อบแห้งมาดให้เป็นผงและนำมาสกัดโดยนำมาแช่กับน้ำและ 95%, 50%เอทานอลตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน และนำมากรองเอาตะกอนออกในส่วน of สารที่สกัดกับน้ำให้ใช้ผ้าขาวบางกรอง และนำส่วนที่กรองได้มาเก็บไว้ที่ -20°C ส่วนสารที่นำมาสกัดกับเอทานอล นำมาทำให้แห้งโดยวิธี evaporate เก็บไว้ที่ 4°C และเจือจางกับ Dimethyl sulfoxide เพื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ สำหรับนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase โดยทดสอบแบบ *in vitro* non-radioactive assay [5]

3. การทดสอบแทนนิน

ในการศึกษานี้ได้มีการนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรไทย 12 ชนิด ที่ได้ผ่านการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV โดยเทคนิค syncytium มาทดสอบปฏิกิริยาแทนนิน ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการตกตะกอนกับ gelatin-salt block test และทดสอบยืนยัน โดยการทดสอบการตกตะกอน ferric chloride test และติดตามการเปลี่ยนสี ถ้ามีแทนนินเป็นส่วนประกอบจะมีการเปลี่ยนสี เป็นสีฟ้า สีฟ้าเขียว สีฟ้าเข้ม หรือสีเขียวและเมื่อวางทิ้งไว้จะเกิดการตกตะกอน [11]

4. การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1

นำสารสกัดน้ำและสารสกัดเอทานอลทั้งในส่วนของก้านและใบมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 แบบวิธี *in vitro* non-radioactive assay ของ Roche ในการทดลองจะวัดปริมาณการสังเคราะห์ DNA สำหรับเอนไซม์ reverse transcriptase ซึ่งในทุกขั้นตอนจะบ่มที่ 37°C 1 ชั่วโมง โดยหลักการทดลองของชุดทดสอบนี้ ในขั้นตอนแรกนำ biotin และ digoxigenin ที่ถูกติดฉลากกับ DNA ไปเชื่อมจับกับ microplate ที่เคลือบด้วย streptavidine ในขั้นตอนต่อไปนำ antibody ที่จำเพาะต่อ digoxigenin คือ antibody digoxigenin นำมาเชื่อมกับ peroxidase (anti-DIG-POD) และนำไปเชื่อมกับ digoxigenin ที่ถูกติดฉลากกับ DNA ในขั้นตอนสุดท้ายเติม peroxidase substrate ABTS ซึ่ง peroxidase enzyme จะไปกระตุ้นการย่อยของ substrate และเกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด โดยใช้ microplate reader ที่ความยาวคลื่น 405 nm (reference wavelength 490 nm) ซึ่งค่าที่ได้จะบอกถึงฤทธิ์ของสารสกัดที่นำมาทดสอบที่ส่งผลต่อระดับของเอนไซม์ reverse transcriptase ว่าจะสามารถยับยั้งเอนไซม์ชนิดนี้ได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง หรือที่เรียกว่า inhibition ratio (%IR) การคำนวณ inhibition ratio สามารถคำนวณได้จาก

$$\% \text{ RT inhibition} = 1 - \left[\frac{\text{OD of the Sample/Drug-Negative reverse transcriptase}}{\text{OD of positive reverse transcriptase- Negative reverse transcriptase}} \right]$$

ในการทดลองจะใช้ 20 μ l (4ng/well) ของเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 นำมาเจือจางกับ lysis buffer ในอัตราส่วน 1:19 μ l ตามลำดับ และนำไปใส่ใน microplate ที่เคลือบด้วย streptavidine ส่วน negative control จะใช้ lysis buffer 20 μ l และ reaction mixture ที่รวมระหว่าง template และ nucleotide 20 μ l เดิมเข้าไปในแต่ละ well โดยไม่ใส่ เอนไซม์ reverse transcriptase แต่จะใส่ lysis buffer 14 μ l รวมกับ distil water หรือ dimethyl sulfoxide 6 μ l รวมปริมาณของสารในแต่ละ reaction จะได้เป็น 60 μ l ส่วน positive control

reverse transcriptase จะใช้ reaction mixture 20µl เอนไซม์ reverse transcriptase 20 µl และ lysis buffer 20µl ส่วนของ drug จะใช้ตัวยา doxorubicin ที่ความเข้มข้น 14.5 µg/ µl โดยจะใช้ 2.4 µl รวมกับ lysis buffer 17.6 µl นำมารวมกับ reaction mixture และเอนไซม์ reverse transcriptase อย่างละ 20 µl ส่วนสารสกัดที่นำมาใช้ในการทดสอบจะใช้ 6 µl รวมกับ lysis buffer 14 µl และนำมารวมกับ reaction mixture และเอนไซม์ reverse transcriptase อย่างละ 20 µl ในขั้นตอนแรกจะผสมสารใน tube ขนาด 0.5ml โดยทำบน ice box และนำไป incubation ที่ 37°C 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูดสารไปไว้ที่ microplate ปิดด้วย foil และนำไปบ่มที่ 37°C 1 ชั่วโมง ขั้นตอนต่อไปดูดสารละลายทิ้ง และนำมาล้างกับ washing buffer 250 µl/ well 30 วินาที 5 ครั้ง หลังจากนั้นเติม antibody- digoxigenin peroxidase (anti-DIG-POD) 200 µl/ well บ่มที่ 37°C 1 ชั่วโมง ดูดสารละลายทิ้ง และนำมาล้างกับ washing buffer 250 µl/well 30 วินาที 5 ครั้ง เติม ABTS substrate 200 µl/well บ่มที่ 15-25 °C จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีเขียว และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 405 nm (reference wavelength 490nm) [5,12]

ในการทดลองจะทำการทดสอบเบื้องต้นใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 10 µg/ml ทั้งส่วนของก้านและใบ มาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 และนำสารสกัดที่ให้ผลดีมาทำให้บริสุทธิ์ให้มากที่สุด และนำมาทดสอบฤทธิ์อีกครั้งหนึ่ง

5. การทำสารสกัดให้บริสุทธิ์

5.1 การทำโปรตีนให้บริสุทธิ์

นำสารสกัดที่ให้ผลการทดสอบการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 ที่ให้ผลดีมาทดสอบต่อเพื่อหาสารประกอบสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้ง ซึ่งสารสกัดที่ให้ผลดีคือสารสกัดที่มาจากน้ำ จึงคาดว่าสารประกอบที่สำคัญในการออกฤทธิ์น่าจะเป็นโปรตีน จึงนำโปรตีนจากสารสกัดมาทำให้บริสุทธิ์ โดยทำวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 30% และ 30-80% ตามลำดับ โดยค่อยๆ เติมเกลือลงในสารสกัดระหว่างที่ทำการกวนอย่างต่อเนื่องและกวนต่อที่ 4°C หลังจากนั้นนำโปรตีนที่ได้มา centrifuge ที่ 10,000 rpm 30 นาที เก็บส่วนที่เป็นตะกอนไว้ที่ -20°C และนำส่วนของ supernatant ที่ตกตะกอนที่ 30% นำมาทดสอบการตกตะกอนโปรตีนกับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 80% โดยทำตามขั้นตอนเดียวกันกับการตกตะกอนที่ 30% แต่ต่างกันตรงที่ปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งจะคิดตาม % ของการตกตะกอนเกลือคูณกับปริมาณของ supernatant นำส่วนที่ตกตะกอนของสารสกัดโปรตีนมาละลายด้วย 1mM EDTA และทำ dialysis เพื่อเป็นการเอาเกลือออก หลังจากนั้นเก็บสารสกัดไว้ที่ -20°C จนกระทั่งนำมาใช้ทดสอบฤทธิ์ของการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase

5.2 การแยกโปรตีนโดยใช้วิธีโซเดียมดิวตีสซัลเฟตอะครีลาไมด์เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (SDS-PAGE gel electrophoresis)

ก่อนที่จะนำสารสกัดมาทดสอบฤทธิ์ต้าน HIV-1 reverse transcriptase ให้นำมาตรวจดูโปรตีนโดยใช้วิธี SDS - PAGE gel electrophoresis โดยหลักการจะใช้วิธีการของ Laemmli และใช้เครื่องมือของ Mini protein II (Bio-Rad) ซึ่ง slab gel ที่ใช้มีขนาด (6×8 cm×0.75 mm) ซึ่งประกอบไปด้วย 12% acrylamide สำหรับ separate gel และ 3.75% acrylamide สำหรับ stacking gel นำสารสกัดมาผสมกับ sample buffer (10% SDS, 40% glycerol, 0.05% bromophenol blue, 10% of 2-mercaptoethanol in 1M Tris-HCl buffer (pH 8.8)) และต้ม 5 นาที ก่อนโหลด SDS-PAGE และใช้ electrode buffer (pH 8.3) (25mM Tris-base, 192mM glycine, 0.1% (w/v) SDS) ที่ 100 volt จนกระทั่ง tracking dye ไปจนถึงด้านล่างเจล ย้อมสีโปรตีน Coomassie brilliant blue (0.1% Coomassie brilliant blue R250, 40% methanol, 10% glacial acetic acid), โดยแช่แผ่นเจลประมาณ 2 ชั่วโมง และล้างสีส่วนเกินด้วยสารล้างสี destaining solution (15% methanol, 7% glacial acetic acid)

การทำโปรตีนให้บริสุทธิ์ทำได้โดยนำส่วนที่ตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตแล้วนำมาแยกด้วยกระแสไฟฟ้า แล้วตัดแถบโปรตีนที่สนใจมาຍ้อมกับสีและล้างสี จนเห็นแถบตำแหน่งโปรตีนที่ชัดเจน และนำมาเปรียบเทียบกับส่วนที่ไม่ได้ຍ้อม และตัดแถบโปรตีนตรงส่วนที่ไม่ได้ຍ้อมสีและนำไป elute โปรตีนด้วยเครื่อง Electro-Eluter (Bio-Rad, USA) กับ Tris-glycine buffer (Tris-base 3%+ glycine 14.4% ผสมกับน้ำ 1 ลิตร) 10 mA 3 ชั่วโมง เก็บโปรตีนทำ dialysis ที่ประกอบไปด้วย น้ำ และ 1mM EDTA เก็บไว้ที่ -20°C จนกระทั่งนำโปรตีนมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1

5.3 การตรวจสอบความเข้มข้นของโปรตีนในสารสกัด

การหาความเข้มข้นของโปรตีนจะใช้ dye -based assay (Bio-Rad, USA) และอธิบายโดยวิธีของ Bradford (1976) กราฟมาตรฐานจะพล็อตตามความเข้มข้น (0.2–1.0 µg/ml) ของ bovine serum albumin ที่ A₅₉₅

5.4 การกำหนดน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน

การหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนจะทำ SDS-PAGE โดยใช้ Mini ProteanII apparatus (Bio-Rad, USA) ส่วน marker (Bio-Rad, USA) ที่ใช้ในการหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนจะประกอบด้วย phosphorylase b (97.4 kDa), bovine serum albumin (66.2 kDa), ovalbumin (45.0 kDa), carbonic anhydrase (31.0 kDa), soybean trypsin inhibitor (21.5 kDa) and lysozyme (14.4 kDa) หลังจากทำ SDS-PAGE แล้วให้นำเจลมาຍ้อมกับสี และล้างออกด้วยสี จนเห็นแถบโปรตีนที่ชัดเจน

ผลการวิจัย

ในการทดสอบจะนำสารสกัดหยาบของสมุนไพรมะนาวที่ผ่านการทดสอบฤทธิ์ต้าน HIV-1 โดยเทคนิค syncytium reduction assay มาทดสอบปฏิกิริยาแทนนิน โดยสารสกัดที่มีแทนนินเป็นส่วนประกอบจะเกิดการตกตะกอนกับ gelatin salt reagent ใน gelatin-salt block test และเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีฟ้า - เขียว และเกิดการตกตะกอนกับ 10% ferric chloride ผลจะแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบปฏิกิริยาของแทนนินในสารสกัดหยาบของพืชสมุนไพรที่ผ่านการทดสอบฤทธิ์ต้าน HIV-1 โดยเทคนิค syncytium reduction assay 12 ชนิด

ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	Tannin	
			EtOH	H ₂ O
โกงกางใบใหญ่	<i>Rhizophora mucronata.</i>	Rhizophoraceae	-	-
โกงกางใบเล็ก	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.	Rhizophoraceae	+	+
ก้างปลา	<i>Phyllanthus reticulates.</i>	Euphorbiaceae	+	+
กระแต้ไต้ไม้	<i>Prynaria quercifolia.</i>	Polypodiaceae	+	ND
เจตภังคี	<i>Croton Crassifolius Giesel.</i>	Euphorbiaceae	ND	+
ตะบูนขาว	<i>Xylocarpus gruntum.</i>	Meliaceae	ND	+
ตะบูนดำ	<i>Xylocarpus moluccensis.</i>	Meliaceae	+	+
พลูควาว	<i>Houttaunynia cordata.</i>	Saururaceae	-	-
เถาเอ็นอ่อน	<i>Cryptolepis buchanani</i> Roem.&Schult.	Asclepiadaceae	-	-
เถาคันขาว	<i>Cissus Carnosa Roxb</i>	Ampelaceae	ND	-
รกฟ้า	<i>Terminalia alata Heyne ex</i> Rot.	Combretaceae	ND	+
หวายลิง	<i>Flagellaria indica Linn.</i>	Flagellariaceae	+	-

Note: - = Negative

+ = Positive

ND = not determination

จากตารางข้างต้นจะพบว่า มีสารสกัด 5 ชนิดที่ไม่มีแทนนินเป็นส่วนประกอบ จึงได้เลือกนำมาศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อ HIV-1 reverse transcriptase ต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพืชเถาเอ็นอ่อนนำมาใช้ในการศึกษา เพราะเป็นพืชที่พบได้โดยทั่วทุกภาคในประเทศไทย มีสรรพคุณมากมาย และสามารถหาได้จากมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จังหวัดนครปฐม

1. ฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase จากสารสกัดหยาบของเถาเอ็นอ่อน

หลังจากที่ได้นำสารสกัดของเถาเอ็นอ่อนมาสกัดกับน้ำและเอทานอล 95% และ 50% ตามลำดับ ก็นำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 แบบ *in vitro* non - radioactive assay ซึ่งจะใช้ poly(A) oligo(dT)₁₅ เป็น template - primer hybrid การคำนวณผลของการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase จะคำนวณเป็น inhibition ratio(%IR)ซึ่งแบ่งเป็น %IR > 90% = มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase มาก %IR > 50-90% = มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ปานกลาง %IR < 50% มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase น้อย [13]

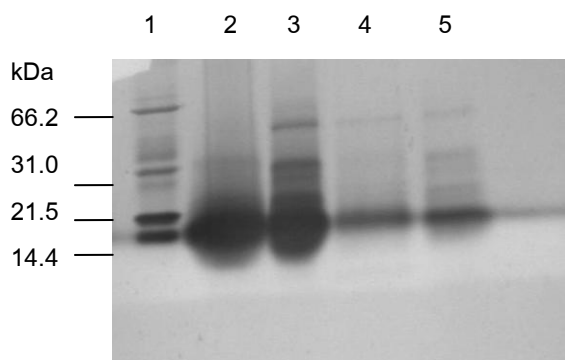
โดยในการทดลองการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของสารสกัดหยาบนั้นจะมีเพียงสารสกัดน้ำที่ให้ผลการยับยั้งส่วนสารสกัดจากเอทานอล 95% และ 50% ไม่มีผลในการยับยั้งจึงได้เลือกเฉพาะสารสกัดน้ำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป ซึ่งผลการทดลองของสารสกัดหยาบในส่วนของก้านและใบของเถาเอ็นอ่อนที่เป็นสารสกัดน้ำแสดงไว้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase จากสารสกัดหยาบของเถาเอ็นอ่อนในส่วนของก้านและใบที่เป็นสารสกัดน้ำ

ส่วนของสารสกัดเถาเอ็นอ่อน	ความเข้มข้นของสารสกัด (µg/ml)	%IR
ก้าน	10	91.8
	5	73.85
	2.5	62.5
	1.25	45.8
ใบ	10	92.5
	5	81.5
	2.5	64.3
	1.25	61.55
Drug (control)	14.5	94.15

2. ฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase ที่ได้ผ่านการแยกโปรตีนให้บริสุทธิ์จากสารสกัดน้ำของเถาเอ็นอ่อน

หลังจากที่ได้ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase ของสารสกัดหยาบไปแล้ว ก็นำสารสกัดหยาบมาทำการแยกโปรตีนให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนกับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 30% และ 30-80% ตามลำดับ และนำสารสกัดที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมาแยกโปรตีนโดยใช้วิธีโซเดียมดิวตีสัลเฟตอะครีลาไมด์ เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (SDS-PAGE gel electrophoresis) หลังจากนั้นนำโปรตีนที่ตกตะกอนมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 โดยทดสอบที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 50 µg/ml ทั้งในส่วนของก้านและใบ ผลการทดลองพบว่าให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง inhibition ratio(%IR) เท่ากับ 90 และ 65% ในส่วนของก้านและใบตามลำดับ ผลการแยกโปรตีน SDS-PAGE แสดงไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 SDS-PAGE ของโปรตีนที่แยกได้จากสารสกัดของเถาเอ็นอ่อนที่เป็นสารสกัดน้ำ 1 = molecular weight markers 2 = ส่วนของใบที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 30-80% 3 = ส่วนของก้านที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนด้วยด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 30-80% 4 = ส่วนของใบที่เป็นสารสกัดหยาบ 5 = ส่วนของก้านที่เป็นสารสกัดหยาบ

ตัดแถบโปรตีนที่สนใจ โดยในการศึกษาครั้งนี้จะตัดทุกแถบโปรตีนและนำมา elute โปรตีน และทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 โดยทดสอบที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 10 µg/ml ในแต่ละสารสกัด ซึ่งพบว่า โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 21.5 กิโลดัลตัน และ 31.0 กิโลดัลตัน จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ทั้งในส่วนของก้านและใบ

ตารางที่ 3 ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ทั้งในส่วนของก้านและใบของเถาเอ็นอ่อนที่ผ่านการ elute โปรตีนที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 10 µg/ml

ส่วนของสารสกัดเถาเอ็นอ่อน	ความเข้มข้นของสารสกัด(µg/ml)	% IR
ใบ 21.5 kDa	10	74
ใบ 31.0 kDa	10	16
ใบ 45.0 kDa	10	0
ใบ 66.2 kDa	10	0
ใบ 97.4 kDa	10	0
ก้าน 21.5 kDa	10	3
ก้าน 31.0 kDa	10	4
ก้าน 45.0 kDa	10	0
ก้าน 66.2 kDa	10	0
ก้าน 97.4 kDa	10	0
Doxorubicin (control)	0.5 mM	96.9

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองนำสารสกัดของเถาเอ็นอ่อนที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ของเชื้อ HIV-1 ด้วยวิธี *in vitro* non - radioactive assay พบว่า สารสกัดน้ำของเถาเอ็นอ่อนมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase จึงเลือกนำมาศึกษาต่อโดยการตกตะกอนโปรตีนด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต จากนั้นนำโปรตีนที่ผ่านการตกตะกอนมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase และแยกโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE จากนั้นตัดแถบโปรตีนที่สนใจมาทำการ elute protein โดยใช้เครื่อง Electro-eluter และนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ซึ่งพบว่า โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 21.5 กิโลดัลตัน และ 31.0 กิโลดัลตัน จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ทั้งในส่วนของก้านและใบ

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองแบบ *in vitro* non-radioactive assay ใช้สำหรับการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase เป็นวิธีการที่มีความรวดเร็วและจำเพาะเจาะจง ซึ่งการศึกษาของสารสกัดเถาเอ็นอ่อนที่ผ่านมาได้มีการนำเถาเอ็นอ่อนมาใช้ในการแก้ปวดเมื่อย ทำให้เส้นเอ็นหย่อน แก้เส้นเอ็นพิการ แก้กษัย แก้ปวดหลัง ใบแก้เมื่อยขบ เมล็ดขับลมในลำไส้ แก้ก้องอืดท้องเฟ้อ ไม่ระบุส่วนที่ใช้ บำรุงเส้นเอ็นให้แข็งแรง แก้เอ็นพิการ

แก้จุดเสียด ขับลม แก้แน่นอืดเฟ้อ นอกจากนี้พบกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เช่น asparagines, serine, argentine รวมทั้ง GABA มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคล้ายกลูตาเมต [14] และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ส่วนของลำต้นที่ได้จากเถาเอ็นอ่อนมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบทั้งแบบ *in vivo* และ *in vitro* [10] นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดน้ำที่ได้จากใบของเถาเอ็นอ่อนยังมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย [9] และได้มีการรายงานถึงสารประกอบที่พบในพืชในเถาเอ็นอ่อน ซึ่งประกอบด้วย nicotinoyl, glucoside, cryptosin และ b Buchananine (pyridine alkaloid) [10]

ส่วนการศึกษาแบบวิธี *in vitro* non-radioactive assay ได้มีการนำมาใช้กับพืชสมุนไพรหลายชนิด ตัวอย่างเช่น สารสกัดจากสาหร่ายทะเลของประเทศเกาหลี ที่ความเข้มข้นสุดท้ายที่ 200 µg/ml ซึ่งผลการทดลองพบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase นอกจากนี้ก็ยังมีทดสอบกับสารสกัดหยาบของพืชหลายชนิด เช่น *Terminalia sericea* และ *Zanthoxylum* พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase 94 Inhibition Ratio (IR) [5]

สำหรับการศึกษาดังนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้ง HIV-1 reverse transcriptase จากเถาเอ็นอ่อนเป็นครั้งแรก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สารที่ได้จากเถาเอ็นอ่อนเป็นโปรตีนที่สามารถมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ reverse transcriptase ในระดับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งถือว่าการศึกษาเบื้องต้นที่ให้ผลดี จึงคาดว่าถ้าได้มีการนำมาพัฒนาให้สารสกัดมีความบริสุทธิ์มากพอ น่าจะสามารถนำมาพัฒนาและปรับปรุงเป็นยารักษาโรคเอดส์ได้ เพื่อเป็นการทดแทนยาที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ส่งผลข้างเคียงที่รุนแรงต่อคนไข้ และเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยให้มีอายุยืนยาวขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Singh, I.P.; Bharate, S.B.; & Bhutani, K.K. (2005, July). Anti-HIV natural products. *Current science*. 89(2): 269-290.
- [2] Klos, M.; et al. (2009, July). *In vitro* anti-HIV activity of five selected South African medicinal plant extracts. *Journal of ethnopharmacology*. 124: 182-188.
- [3] Magadula, J.J.; & Suleimani, H.O. (2010, April). Cytotoxic and anti-HIV activities of some Tanzanian *Garcinia* species. *Tanzania Journal of Health Research*. 12(2): 1-7.
- [4] Ogata, T.; et al. (1992, November). HIV-1 Reverse Transcriptase Inhibitor from *Phyllanthus niruri*. *AIDS Research and Human Retroviruses*. 8: 1937-1944.
- [5] Ahn, M.J.; et al. (2002). Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and HIV-1 integrase and antiviral activity of Korean seaweed extracts. *Journal of Applied Phycology*. 14: 325-329.
- [6] Chinsembu, K.C.; & Hedimbi, M. (2011, January). Ethnomedicinal plants and other natural products with anti-HIV active compounds and their putative modes of action. *International Journal of Biotechnology*. 2(1): 175-193.
- [7] Tewtrakul, S.; Subhadhirasakul, S.; & Kummee, S. (2003). *HIV-1 protease inhibitory effects of medicinal plants used as self medication by AIDS patients*.
- [8] Paulo, A.; & Houghton, P.J. (2003, February). Chemotaxonomic analysis of the genus *Cryptolepis*. *Biochemical Systematics and Ecology*. 31(2): 155-166.
- [9] Sittiwet, C.; & Puangpronpitag, D. (2009). Anti-Bacterial Activity of *Cryptolepis buchmanii* Aqueous extract. *Journal of Biological Chemistry*. 3(2): 90-94.

- [10] Laupattaraksem, P.; et al. (2006). *In vitro* and *in vivo* anti-inflammatory potential of *Cryptolepis buchanani*. *Journal of ethnopharmacology*. 108: 349-354.
- [11] Martin, J.S.; & Martin, M.M. (1983). Tannin assays in ecological studies Precipitation of Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase by Tannic Acid, Quebracho, and Oak Foliage Extracts. *Journal of Chemical Ecology*. 9(2): 285-294.
- [12] Ng, T.B.; et al. (1997, August). Anti-human immunodeficiency Virus (anti-HIV-1) natural products with special emphasis on HIV reverse transcriptase inhibitors. *Life sciences*. 61: 933-949.
- [13] Woradulayapinij, W.; Soonthorncharoenon, N.; & Wiwat, C. (2005). In Vitro HIV type 1 Reverse transcriptase inhibitory activities of Thai medicinal plants an *Canna indica* L, rhizomes. *Journal of Ethnopharmacology*. 101: 84-89.
- [14] Ikengami, F.; et al. (1990). Chemical and biological studies on some Thai medicinal plants. *Journal of The Science Society of Thailand*. 16: 25-31.

SWU6-1094: การวัดระดับเหล็กอิสระในเม็ดเลือดแดงที่มีเหล็กระดับปกติและสูง โดยโฟลไซโตเมทรี

FLOW CYTOMETRIC MEASUREMENT OF LABILE IRON POOL IN NORMAL AND HIGH LEVEL OF INTRACELLULAR ERYTHROCYTIC IRON

บุญยง ชัชวานิชกุล¹, ปานทิพย์ วัฒนินบูลย์^{1*}, สุมนา มัสอูดี¹, เยาวลักษณ์ อุประัญญา², วันชัย วนะชีวานาวิน²
Boonyanuch Chutvanichkul¹, Phantip Vattanai boon^{1*}, Sumana Mas-oodi¹, Yaowalak U-Praty²,
Wancahi Wanachiwawin²

¹ภาควิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹Department of Clinical Microscopy, Faculty of Medical Technology, Mahidol University, Thailand.

²หน่วยโลหิตวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

²Division of Hematology, Department of Medicine, Faculty of medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: mtpvt@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ธาตุเหล็กเป็นสารที่มีความสำคัญในร่างกาย ประมาณร้อยละ 70 ของเหล็กทั้งหมด เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง และส่วนที่มีจำนวนน้อยที่สุดในร่างกายจะอยู่ในรูปของธาตุเหล็กอิสระ (labile iron) ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่จับกับโปรตีนอื่นๆ ได้แก่ nontransferrin-bound iron (NTBI) ในกระแสเลือด และ labile iron pool (LIP) ในเซลล์ ธาตุเหล็กในรูปแบบอิสระสามารถทำปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในปฏิกิริยา Fenton reaction เป็นผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกาย ทำให้เซลล์เนื้อเยื่อตายหรือเกิดพังผืด ดังนั้น การวัดปริมาณเหล็กอิสระดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ในการตรวจวินิจฉัยและติดตามระดับของเหล็กที่เป็นพิษได้ การวัดปริมาณเหล็กอิสระมีหลายวิธี ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องวิเคราะห์หัตถ์อัตโนมัติที่สามารถตรวจวัดระดับสารเรืองแสงได้ เครื่องวิเคราะห์บางชนิดมีวิธีการตรวจที่ยุ่งยากหรือมีราคาแพง ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำโฟลไซโตเมทรีที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการมาใช้ในการวัดปริมาณ LIP ในเม็ดเลือดแดงโดยปรับเปลี่ยนวิธีการบางขั้นตอนจากวิธีของ Febach และคณะ ซึ่งจะช่วยให้ระดับการเรืองแสงของสารเรืองแสง calcein (CA-MFI) เพิ่มขึ้นจากวิธีเดิมประมาณ 2 เท่า เมื่อใช้วิธีการที่ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการวิเคราะห์แล้วมาวัดปริมาณ LIP ในเม็ดเลือดแดงจากผู้มีสุขภาพดีที่มีระดับเหล็กปกติ และเซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีระดับเหล็กในเซลล์สูงกว่าปกติจากผู้ป่วยโรคโลหิตจางเบต้าธาลัสซีเมีย และเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดง K562 erythroleukemic cell line ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจจำแนกความแตกต่างระหว่างเม็ดเลือดแดงที่มีระดับเหล็กปกติจากเม็ดเลือดแดงที่มีระดับเหล็กสูงได้ดี การวัดปริมาณ LIP โดยโฟลไซโตเมทรีเป็นวิธีที่ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้ตรวจวัดระดับเหล็กเกินในเซลล์เม็ดเลือดแดง และอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการตรวจติดตามระดับเหล็กที่เป็นพิษในผู้ป่วยธาลัสซีเมียที่ต้องรับเลือดสม่ำเสมอ หรือใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของยาขับเหล็ก

คำสำคัญ: labile iron pool (LIP) โรคเบต้าธาลัสซีเมีย โฟลไซโตเมทรี

Abstract

Iron is an essential metal for living organisms. Approximately 70% of iron in human exists in hemoglobin of circulating erythrocytes. The small amount of iron is in labile form of iron, which does not bind to any dedicated proteins. Non-transferrin-bound iron (NTBI) in the plasma and labile iron pool (LIP) in cells are two major sources of labile iron. Both LIP and NTBI are able to promote Fenton reaction that results in generation of the deleterious hydroxyl radical, the most toxic reactive radical capable of damaging macromolecules, leading to cell death or fibrosis. Therefore, quantitative measurement of these toxic irons is helpful for detecting and monitoring the toxic iron status. Many methods for measurement labile iron are currently available but they require sophisticated or expensive laboratory instruments. In this present study, flow cytometric method described by Febach *et al* was modified to measure LIP in erythroid cells. The modified method could enhance the mean fluorescent intensity of calcein (CA-MFI) by 2-fold. Using normal and β -thalassemic erythrocytes, and K562 erythroleukemic cell line as cell models for measurement of LIP level, the results showed that the method could distinguish normal or high level of LIP. Thus, this modified LIP measurement might be useful for further monitoring iron overload status in transfusion dependent β -thalassemic patients and in patients treated with iron chelators.

Keywords: labile iron pool (LIP), β -thalassemia, fFlow cytometry

Introduction

Iron is an essential component in the body. Major amount of body iron (approximately 70%) is circulating in erythrocyte hemoglobin. Twenty five percent of the body iron is stored in the reticuloendothelial system in liver, spleen and bone marrow in the forms of ferritin or hemosiderin, and 0.1% of the body iron is circulating in plasma which binds to transferrin. There are smaller amounts in muscle myoglobin, cytochrome and iron-containing enzymes. The smallest amounts are in the forms of labile iron which do not bind to any dedicated proteins. These labile iron forms are toxic forms including excess iron that saturates the available complexed transferrin called nontransferrin-bound iron (NTBI) in the plasma and labile iron pool (LIP) which is the pool of labile iron within the cells [1]. These free form irons, LIP and NTBI, are able to involve in electron transfer reactions and thus, to catalyze free radical via Fenton reaction resulting in the generation of the hydroxyl radical, leading to proteins and lipid peroxidation and organelle damage which can lead to cell death or fibrosis respectively [1]. Iron is important for a wide variety of metabolic processes. The major metabolic pathway of iron involves in hemoglobin metabolism. Any abnormalities that affect the balance of iron metabolism or distribution lead to the pathogenesis such as iron deficiency anemia and iron overloading. Iron overload may result from two underlying mechanisms, non-transfusion iron overloading that includes various forms of genetic hemochromatosis and transfusional iron overloading that is found in chronic anemias such as thalassemic diseases, myelodysplasia (MDS), and other anaemias [2]. Since the body has no mechanism for clearing excess iron, this will lead to increase amounts of toxic form iron, LIP and NTBI. Especially in thalassemia with transfusion iron load, the excess iron will deposit the many organs such as

liver, heart and endocrine glands which cause their abnormal functions progressively. Cardiac failure, arrhythmias, myocarditis, pericarditis and myocardial infarction is the lead cause of death in thalassemia major [3]. Therefore, quantitative measurement of these toxic irons will be helpful for detecting and monitoring the toxic iron status especially in transfusional iron overloading in thalassemia.

Many methods for iron quantitation are performed, serum ferritin, liver iron concentration by liver biopsy, Cardiac T2*MRI and Superconducting quantum interference device (SQUID). However, there are some disadvantages of these methods; for example, serum ferritin level is influenced by many factors including nutrition, infection and inflammation; the patients have the risk of infection in invasive method of liver biopsy; the SQUID test is high cost. etc [3]. LIP, the intracellular labile iron pool, has been demonstrated to be quantified by difference in the cellular fluorescence before and after incubation with a high-affinity chelator desferoxamine [4]. LIP can also be measured by using cell-permeable chelators, such as calcein acetoxymethyl ester (CA-AM). CA-AM can be hydrolysed by cellular esterases to calcein (CA) and becomes fluorescent. The present fluorescence is quenched upon binding to cellular LIP [5-6]. Salicylaldehyde isonicotinoyl hydrazone (SIH), a non-fluorescent, high-affinity chelator, can remove iron from its complex with CA and then increases the fluorescence emitted by the cells [7-8]. However, these techniques require spectrofluorometry and are limited on measuring LIP in homogenous cell population such as cell line. Recently, Fibach E and Prus E have been applied flow cytometry for detecting LIP in heterogeneous hematopoietic cell population from peripheral blood and bone marrow and also various cell lines [9]. Determination of LIP is based on the ability of deferiprone (L1) to compete iron from CA and thereby increase the fluorescence emitted in the cells. Since the detection of LIP by flow cytometry was not complicated and the advantage is to identify intracellular iron in intact cell. So this method is useful to monitoring toxic iron at cellular level. Therefore, quantitative measurement of labile iron pool (LIP) by flow cytometry will be applied in this research in order to measure the LIP in peripheral erythrocytes and also in cell line.

Objectives

To establish the method for measuring labile iron pool in circulating erythrocytes for further studies of iron status in thalassemic patients.

Methods

Samples

The EDTA blood samples from normal individuals were used for normal LIP. High level of LIP were assayed from β -thalassemia/Hemoglobin E (β /E) blood samples and also K562 erythroleukemic cell line.

LIP measurement

Labile iron pool (LIP) was determined following Febach's method [10] with some modification. In brief, Cells, 1×10^6 /ml, were incubated with 0.5 μ mol/l calcein acetoxymethyl ester (CA-AM) (Sigma, St Louis, MO, USA) for 15 min at 37°C. Then, cells were washed twice with PBS. At this step we added

further incubation with PBS at 37°C for 15 min. before 1 h incubation with or without 100 µmol/l deferiprone (L1) (Apotex, Weston, ON, Canada). The cells were washed again with PBS, and then were analysed by flow cytometry (FACS-caliburR; Becton-Dickinson). Instrument calibration and setting were performed using CaliBRITETM-3 beads (Becton-Dickinson). The cells were passed at a rate of c. 1000 per second, using saline as the sheath fluid. A 488-nm argon and a 635-nm red diode laser were used for excitation. The sensitivity of the photomultiplying tubes (PMT) was adjusted for each set of experiments. The emission of 50,000 cells was analysed using logarithmic amplification for fluorescence signal height (FL-1, 2, 3, 4-H) and linear amplification for forward light scatter (FSC) and side light scatter (SSC). The threshold was set at FSC to exclude cell debris, microparticles and platelets. The geometric mean fluorescence intensity (MFI) was calculated using CellQuestR software (Becton-Dickinson). The LIP was calculated as the difference in CA-MFI of cells treated with or without L1.

Statistic analysis

The statistical significance was calculated using Mann-Whitney-U test. *P*-value < 0.05 was considered as statistically significant.

Results

Effect of incubation time on calcein fluorescence intensity

Thalassemic red blood cells were analyzed with various conditions in order to set the proper condition. Firstly, we analyzed the thalassemic red cell following the protocol described by Febach *et al.* As showed in Figure 1A, the representative fluorescence intensity of calcein after adding L1 (calcein + L1 MFI) could not be distinguished from the fluorescence intensity before L1 was added (calcein MFI). When the method was modified by further incubation for 15 min after removing excess CA-AM and before adding L1, the fluorescence intensity of calcein increased approximately 2 folds (calcein MFI from 66.06 in Figure 1A to 105.05 in Figure 1B). LIP could be measured from different fluorescence intensity between calcein + L1 MFI (180.76) and calcein MFI (105.05) (Figure 1B). Following the original protocol, the calcein + L1 MFI was the same as calcein MFI and sometime showed reverse position of MFI (Figure 1A).

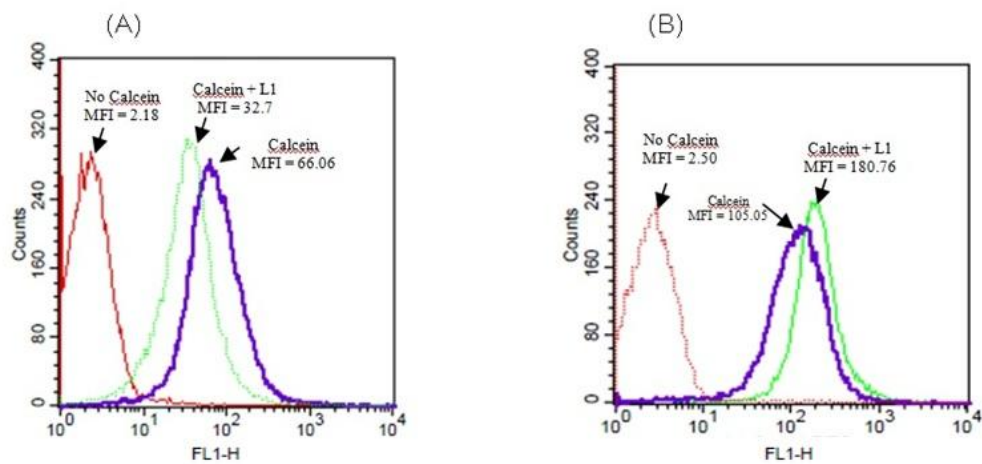


Figure 1 The effect of incubation time on calcein fluorescence intensity (CA-MFI) and measurement of labile iron pool (LIP) after adding L1 (calcein + L1 MFI). (A) CA-MFI from original procedure. (B) CA-MFI when adding further incubation (representative from three independent samples)

Effect of deferiprone (L1) concentration on fluorescence intensity

In this study, 10, 100 and 1,000 $\mu\text{mol/l}$ L1 was added into the reaction and processed with further 15 min incubation as mentioned above. The calcein fluorescent intensity (CA-MFI) was compared. The result showed that CA-MFI after adding 100 $\mu\text{mol/l}$ L1 (Figure 2B) could be better distinguishable for LIP measurement than 10 $\mu\text{mol/l}$ L1 (Figure 2A). Increased L1 concentration to 1000 $\mu\text{mol/l}$, CA-MFI is little increased. Therefore, 100 $\mu\text{mol/l}$ L1 was used to compete the LIP from calcein (CA).

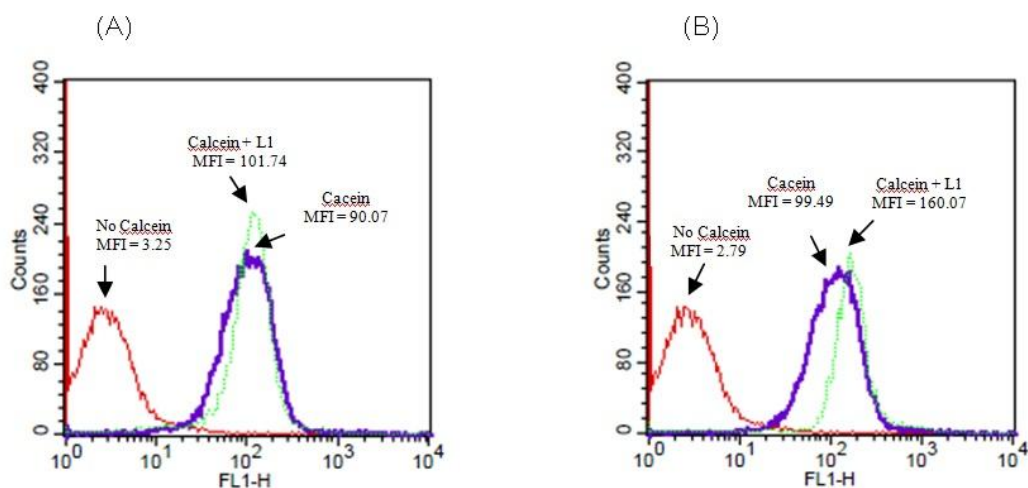


Figure 2 The effect of L1 concentration on calcein fluorescence and labile iron pool (LIP). (A) Effect of 10 $\mu\text{mol/l}$ L1 (B) Effect of 100 $\mu\text{mol/l}$ L1 (representative from three independent samples)

Effect of calcein acetoxymethyl ester (CA-AM) concentration on fluorescence intensity

To increase the calcein fluorescent intensity (CA-MFI), various CA-AM concentrations of 0.5, 1.0, 2.5, and 5.0 $\mu\text{mol/l}$ were used. The result showed that CA-MFI from 2.5 and 5.0 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM was too high to be measured the L1 treated signal (Figure 3). Although, 1.0 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM did not close to the end of the scale. But the background of CA-MFI was rather high so it might not sensitive enough to distinguish the low signal derived from low LIP. Therefore, 0.5 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM was used to saturate the red blood cell in the experiment.

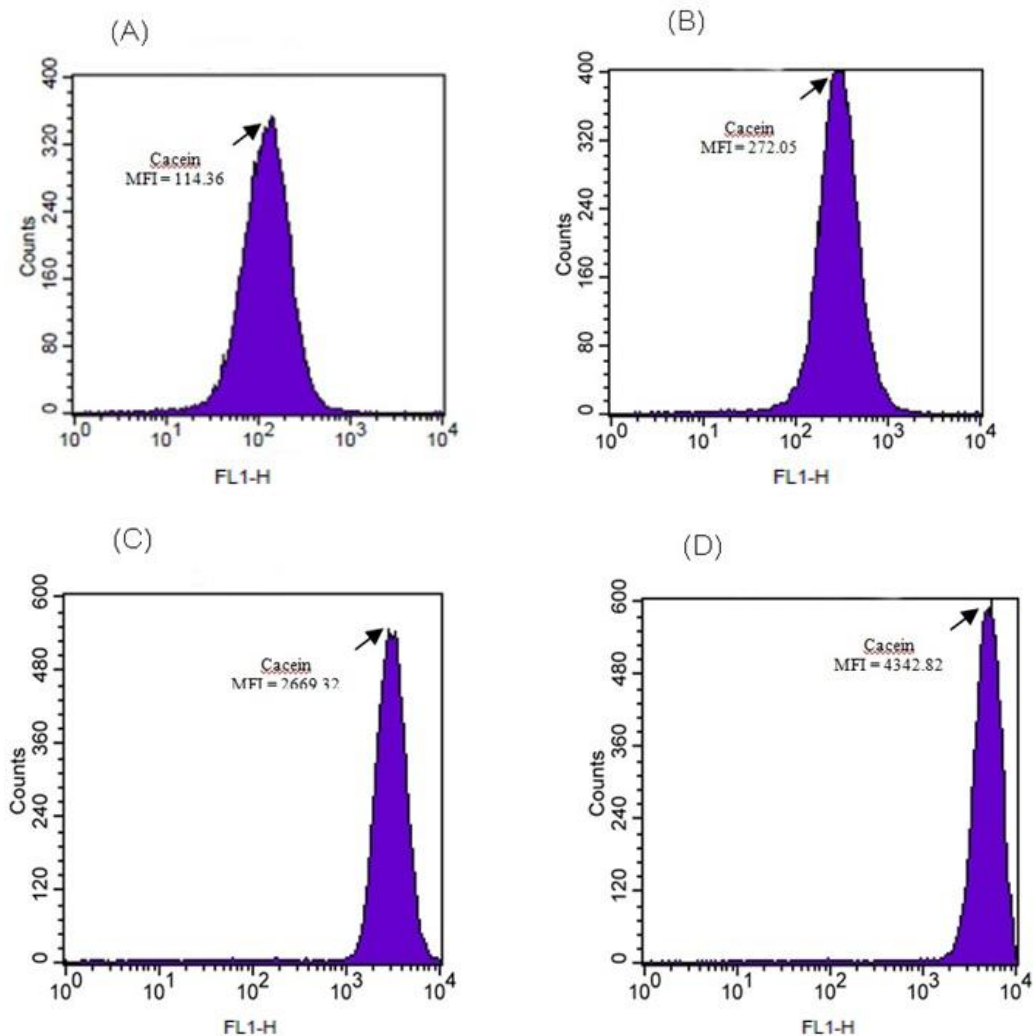


Figure 3 The effect of CA-AM concentration on calcein fluorescence and labile iron pool (LIP).
(A) 0.5 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM (B) 1.0 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM (C) 2.5 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM and (D) 5.0 $\mu\text{mol/l}$ CA-AM
(representative from three independent samples)

Labile iron pool (LIP) in normal and high level of intracellular iron

Further, the modified protocol was used to measure the LIP in normal and high level of intracellular iron including β -thalassemic red blood cell and K562 erythroleukemic cell line. The results

showed that this method could measure the LIP either normal or high level of intracellular iron ($P < 0.05$) ($P = 0.006$) and also could distinguish normal and high LIP level in the cells (Figure 4). In addition, LIP measurement in K562 erythroleukemic cell line by modified method was also in line with above finding. The modified LIP measurement enables to measure the LIP better than the original method (Figure 5).

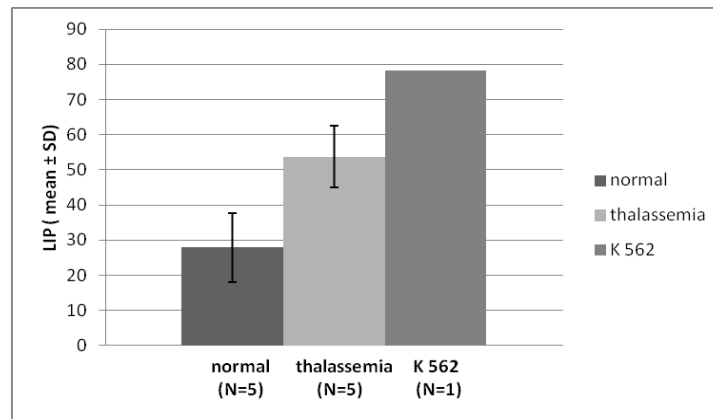


Figure 4 The LIP level of normal and high level of intracellular iron including β -thalassemic red blood cell and K562 erythroleukemic cell line measured by modified method

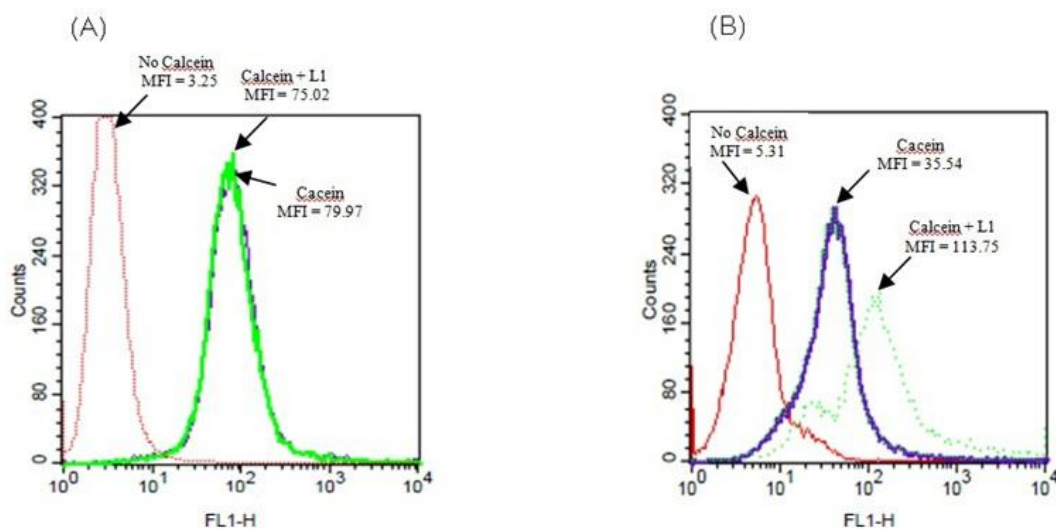


Figure 5 Labile iron pool (LIP) measurement in K562 erythroleukemic cell line.
 (A) By original method (B) By modified method

Conclusions and Discussion

Since LIP plays role in cellular iron toxicity. Measurement of LIP will be helpful for monitoring iron status in cellular level. Therefore, many techniques were applied for LIP detection. Physicochemical method involving extraction of cells or tissues with chelators, spectroscopic measurements of chelated

iron, or oxidative damage triggered by reactive oxygen species (ROS) used have required cell disruption and relatively large amounts of biological material because of low sensitivity. However, those methods require complex and expensive instruments. Flow cytometry was one of the instruments commonly used for cell analysis in clinical laboratory. There was prototype fluorescent probe, nitrobenz-furazan-desferrioxamine (NBD-DFO), for assessing LIP in living cell. The method was based on the capacity of NBD-DFO to enter cells and extract the chelatable iron without cell integrity. However, this method still had some disadvantage due to relatively low quantum yield of the probe, the poor cell tolerance of the probe, and the difficulty in assessing the amount of probe-bound iron due to its high binding affinity [4]. In addition, none of the existing methods has the capacity for dynamic monitoring of LIP. Therefore, the cytochemical calcein-AM (calcein-acetoxymethyl ester) is an established technique for the assay of the LIP. Calcein-AM is a non-fluorescent lipophilic ester that penetrates cellular membranes. It is then rapidly cleaved by unspecific cytosolic esterases which release free Calcein (CA) and become fluorescent in the cytosol. Its fluorescent is quenched upon stoichiometric binding to cellular LIP. The addition of a non-fluorescent, high-affinity chelator will remove iron from its complex with CA. The fluorescence then emitted by the cell, the difference in the cellular fluorescence before and after incubation with the high-affinity chelator reflects the amount of LIP [10]. Therefore, this CA method can serve as the dynamic monitoring of LIP in living cell. Moreover, CA has also relatively high fluorescence quantum yield [4]. LIP measurement by flow cytometry could be implemented because of its simplicity to be processed. Additional incubation time into the original method of Febach *et al*, result in more equilibrium of CA-AM between intracellular and extracellular. This can prevent the efflux of CA-AM which may cause reduction of cell fluorescent intensity after adding L1 (Figure 1A). Measuring LIP in 3 erythrocyte models in order to examine the ability in distinguish normal or high LIP level of the modified method; normal red blood cells for normal LIP level, β -thalassemic erythrocytes for iron overloaded status, and K562 erythroleukemic cell line for high iron; K562 cell line serves as a model system for the study of megakaryocytic and erythroid development which has the high cellular content iron in order to realized enhance cellular hemoglobinization during erythroid development K562 [11]. The results showed that the modified method could distinguish normal or high level of LIP. Thus, this modified LIP measurement might be useful for further monitoring iron overload status in massive transfusion β -thalassemic patients and in patients treated with iron chelators.

Acknowledgements

The Siriraj Development Scholarship

References

- [1] Porter J. (2005). Pathophysiology of iron overload. *Hematol Oncol Clinics*. 19(1):7-12.
- [2] Claus N. (n.d.). Metabolic liver diseases. *Hepatology. A clinical textbook*. 373-394
- [3] Prabhu, R.; Prabhu, V.; & Prabhu, R.S. (2009). Iron overload in Beta thalassemia - A Review. Raghuveer Prabhu et al. *J Biosci Tech*. 1(1): 20-31

- [4] Epsztejn, S.; et al. (1997). Fluorescence analysis of the labile iron pool of mammalian cells. *Anal Biochem.* 248: 31-40
- [5] Weston, S.A.; & Parish, C.R. (1990). New fluorescent dyes for lymphocyte migration studies. Analysis by flow cytometry and fluorescence microscopy. *J Immunol Methods.* 33: 87-97.
- [6] Weston, S.A.; & Parish, C.R. Calcein. (1992). A novel marker for lymphocytes which enter lymph nodes. *Cytometry.* 13: 739-749.
- [7] Baker, E.; et al. (1992). Evaluation of the iron chelation potential of hydrazones of pyridoxal, salicylaldehyde and 2-hydroxy-1-naphthylaldehyde using the hepatocyte in culture. *Hepatology.* 15: 492-501.
- [8] Crowe, W.E.; et al. (2004). Human cytomegalovirus-induced host cell enlargement is iron dependent. *Am J Physiol Cell Physiol.* 287: C1023-C1030.
- [9] Prus, E.; & Fibach, E. (2008). Flow Cytometry Measurement of the Labile Iron Pool in Human Hematopoietic Cells. *Cytometry Part A.* 73(1): 22-27.
- [10] ----- (2008). The labile iron pool in human erythroid cells. *Br J Haematol.* 142(2): 301-307.
- [11] Wandzik, K.; et al. (2009). Substantial changes of cellular iron homeostasis during megakaryocytic differentiation of K562 cells. *Develop. Growth Differ.* 51: 555-565.

SWU6-1096: ความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกร ผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม

KNOWLEDGE AND CARE TAKING AFTER SURGERY AND CHEMO THERAPY OF FARMERS WHO ARE BREAST CANCER PATIENTS

สุพัตรา ศรีสุวรรณ^{1*}, สิริวรรณ ศรีสุวรรณ²
Supattra Srisuwan^{1*}, Siriwan Srisuwan²

¹ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Thailand.

²ภาควิชาสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Obstetrics - Gynecology, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: agrstsw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม 2) เพื่อศึกษาความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม 3) เพื่อผลิตสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยต่อสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม ในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 140 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า 1)กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 51-63 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษา มีรายได้ต่อเดือน ระหว่าง 5,000-15,000 บาท จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน การได้รับข่าวสาร ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด โรคมะเร็งเต้านม ผ่านสื่อบุคคล จากพยาบาล/แพทย์ มากที่สุด ผ่านสื่อมวลชน จากสิ่งพิมพ์ มากที่สุด 2) ความรู้เกี่ยวกับการผ่าตัด ผลข้างเคียงของการผ่าตัด ด้านเคมีบำบัด ผลข้างเคียงของสารเคมีบำบัด และด้านอาหารสำหรับผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ระดับมาก และกลุ่มตัวอย่าง มีระดับการปฏิบัติกรดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัดและเคมีบำบัด โดยรวมอยู่ในระดับมาก 3) ได้สื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม 4) ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อเรื่องการบริหารร่างกายหลังการผ่าตัดเต้านม อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ความรู้ การดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด โรคมะเร็งเต้านม เคมีบำบัด

Abstract

The objectives of this research were: 1) to describe demographic characteristics of farmers who were breast cancer patients. 2) to study of knowledge and care taking after surgery and chemo for breast cancer patients. 3) to produce video media about self-management after breast surgery. 4) farmers 's the satisfaction toward videos about self-management after breast surgery. The sample

was 140 farmers in Pathum Thani province who were breast cancer patients selected by purposive sampling. The questionnaires were used to collect the data. The data were analyzed and presented through percentage, frequency and mean. The result revealed that; majority of the samples were 51-63 years old, of primary education, had a monthly incomes between 5,000-15,000 baht and number of households were 3-4 people. The information to receive through the media about the knowledge and care taking after surgery and chemo of breast cancer. Most of the information from person media was doctors/nurses, from mass media was printing media. The sample had the high level of knowledge and care taking practices. Farmers's the satisfaction toward videos about self-management after breast surgery had the high level.

Keywords: Knowledge, Care taking, After surgery, Breast cancer, Chemo therapy

บทนำ

ชีวิตของคนเรานับตั้งแต่เกิดจนถึงตายย่อมมีความต้องการ การดำรงชีวิตอย่างมีความสุข การมีอาหารบริโภคอย่างเพียงพอ มีเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มใช้ปกปิดร่างกาย และป้องกันความหนาวเย็น มีบ้านเรือนที่อยู่อาศัยและการได้รับการรักษาพยาบาล เมื่อตอนเจ็บป่วย ช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา โรคมะเร็งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น ในประเทศไทยโรคมะเร็งที่พบบ่อยในผู้หญิง ได้แก่ มะเร็งเต้านม [1]

มะเร็งเต้านมในประเทศไทย มะเร็งเต้านมจัดเป็นมะเร็งที่พบบ่อยในผู้หญิงไทย และมีแนวโน้มจำนวนผู้ป่วยสูงมากขึ้นทุกปีโดยพบบ่อยในผู้หญิงช่วงอายุ 40 ปี ขึ้นไป มะเร็งเต้านมเป็นโรคที่สามารถจัดการรักษาได้ในทุกระยะของการดำเนินโรค และสามารถรักษาให้หายขาดได้ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ หากตรวจพบและทำการรักษาตั้งแต่ระยะแรกๆที่เริ่มเป็น ผู้ป่วยสามารถดำเนินชีวิตในสังคมได้เช่นเดียวกับคนปกติและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ สำหรับประเทศทางซีกโลกตะวันตก ถึงแม้จะมีความเจริญก้าวหน้ามากกว่าประเทศไทย แต่กลับพบจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเต้านมสูงกว่าประเทศไทย ถึง 6-7 เท่า โดยพบผู้ป่วยมะเร็งเต้านมประมาณ 200 คนในประชากรหนึ่งแสนคน สำหรับประเทศไทยจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องมีการให้ความรู้และดำเนินการรณรงค์อย่างต่อเนื่องเป็นประจำ เพื่อให้หญิงไทยที่มีอายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไปหันมาให้ความใส่ใจดูแลสุขภาพและเข้าพบแพทย์เพื่อตรวจหามะเร็งเต้านมเป็นประจำทุกปี ในปัจจุบันมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของโรคมะเร็งบางอย่างได้ เช่น โรคมะเร็งปากมดลูกมีแนวโน้มที่จะลดลง ในขณะที่มะเร็งเต้านมมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก และในอนาคตมีการคาดการณ์กันว่าอุบัติการณ์จะเป็นอันดับหนึ่งแทนที่มะเร็งปากมดลูก [2]

การรักษามะเร็งเต้านมในปัจจุบัน จะมีการรักษาหลายวิธี ได้แก่ การผ่าตัด, การฉายแสง, การให้ยาเคมีบำบัด, การให้ยาด้านฮอร์โมนและการรักษาที่เป้าหมายของการเกิดมะเร็ง สำหรับวิธีการผ่าตัดคือ การผ่าตัดเต้านมและผ่าตัดเต้านมต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ จะมี 2 แบบในปัจจุบัน คือ การผ่าตัดแบบตัดเต้านมออกทั้งหมด ซึ่งถ้าทำในผู้ป่วยที่อายุน้อยไม่มาก อาจมีผลกระทบต่อจิตใจได้ อีกกรณีหนึ่ง คือการผ่าตัดเต้านมต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ ซึ่งข้อเสียคือ มักเกิดอาการแขนขวมและผู้ป่วยห้ามเจาะเลือดวัดความดัน ห้ามฉีดยา ห้ามยกของหนักหรือโดนของมีคม และมีข้อควรระวังอีกหลายอย่าง เพราะฉะนั้น หลังการรักษาด้วยทางการแพทย์แล้ว ผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมจึงจำเป็นที่จะต้องดูแลรักษาตนเอง เพราะการดูแลตนเองย่อมส่งผลทำให้สุขภาพร่างกายและจิตใจดีขึ้น [3]

รับประทานอาหารของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม จำเป็นต้องทานอาหารให้ครบหลัก 5 หมู่ และไม่ควรงดอาหารประเภทโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ การรับประทานอาหารผักผลไม้จะต้องล้างให้สะอาด และบริโภคสารอาหารที่มีประโยชน์อย่างครบถ้วน เพราะสารอาหารเหล่านี้จะช่วยให้เซลล์ที่ดีเพิ่มจำนวนมากขึ้น หลังจากที่ผู้ป่วยได้รับยาเคมีบำบัดในการรักษามาแล้ว สำหรับผู้ป่วยที่อาการอยู่ในช่วงปลายของโรค ผู้ป่วยจะมีการเบื่ออาหาร ดังนั้นผู้ดูแล ควร

ทำอาหารให้มีสีส่นและมีรสชาติน่ารับประทาน เพื่อดึงดูดใจผู้ป่วยให้รับประทานให้ได้มากที่สุด [4] นอกจากนี้ ยังพบว่า ศักยภาพของตำลึง ดอกแค ตะไคร้ และคะน้า ในการต้าน Clastogenicity ในหนูเม้าส์พบว่า ผักและผลไม้ไม่มีสารเคมีที่สามารถป้องกันโรคมะเร็งได้ จากการวิจัยของสถาบันมะเร็งแห่งชาติที่ผ่านมาพบว่า ผักหลายชนิดในประเทศไทย เช่น ตำลึง แค ตะไคร้ และ คะน้า มีสารต้านฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของ aflatoxin B1 (AFB1) และสารก่อมะเร็ง Benz(a)pyrene (B(a)P) [5]

อาชีพภาคการเกษตร จากงานวิจัยที่ผ่านมา ประชาชนที่ทำอาชีพเกษตรกร จะได้รับการศึกษาน้อย ส่วนใหญ่จะจบการศึกษาระดับประถมศึกษา รวมทั้งเกษตรกรต่างมีความแตกต่างระหว่างบุคคล มีพื้นฐานทางวัฒนธรรม สังคม เศรษฐกิจ ความเชื่อ ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ทำให้ความรู้ การดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด เคมีบำบัด โรคมะเร็งเต้านม ย่อมแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม เพื่อจะได้ทราบถึงความรู้ การดูแลรักษาตนเอง และเป็นแนวทางในการให้ความรู้แก่ผู้ป่วย การดูแลรักษาตนเองได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนผู้ดูแล และผู้เกี่ยวข้อง สามารถใช้เป็นแนวทางวางแผนการดูแลสุขภาพให้กับผู้ป่วยได้ ทำให้ประชาชนได้ทราบถึงประโยชน์ในการดูแลและรักษาสุขภาพตนเอง หน่วยงานของรัฐบาลและเอกชนที่เกี่ยวข้อง จะสามารถนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางในการส่งเสริมความรู้ การดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และการให้ยาเคมีบำบัด ในโรคมะเร็งเต้านมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ การรับรู้ข้อมูล ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม
2. เพื่อศึกษาความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม
3. เพื่อผลิตสื่อวีดิทัศน์ส่งเสริมการดูแลตนเอง เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม ต่อสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็น การศึกษาเชิงสำรวจ (survey research) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา ดังนี้ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือ เกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม จังหวัดปทุมธานี ที่เข้ามารักษา ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553-2554 ใน โรงพยาบาลปทุมธานี และโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม ในจังหวัดปทุมธานี ที่เข้ามารักษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2554 ในโรงพยาบาลปทุมธานี และโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช จำนวน 140 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา เป็นแบบสอบถามมีลักษณะแบบปลายปิด (closed- questionnaire) และปลายเปิด (Opened-closed questionnaire) โดยแบ่งแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ การรับรู้ข้อมูล ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม

ตอนที่ 2 ความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมต่อสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม

ความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม เมื่อสร้างเสร็จแล้วได้นำไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงและความถูกต้องของด้านเนื้อหา (content validity)

ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถามไปทดสอบ (pre - test) กับกลุ่มเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน (30 ราย) และทดสอบความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ตามวิธีของCronbach (Cronbach's reliability coefficient alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ในเรื่องความรู้เท่ากับ 0.898 การปฏิบัติการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัดและเคมีบำบัด เท่ากับ 0.779 และความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยต่อสื่อวีดิทัศน์ เท่ากับ 0.941

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ ใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 51-63 ปี ร้อยละ 33.6 รองลงมาคือ อายุ 38-50 ปี ร้อยละ 31.4 อายุ 64 ปีขึ้นไป ร้อยละ 27.1 และ อายุ 25-37 ปี ร้อยละ 7.9 มีระดับการศึกษาคือ ประถมศึกษา ร้อยละ 43.5 รองลงมาคือ ปริญญาตรี ร้อยละ 20.0 มัธยมศึกษา ร้อยละ 18.6 ปวส. ร้อยละ 6.4 สูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 4.3 ปวช. และ อนุปริญญา ร้อยละ 2.9 ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนคือ 5,000-15,000 บาท ร้อยละ 61.4 รองลงมาคือ 15,001-30,000 บาท ร้อยละ 23.6 45,001 บาทขึ้นไป ร้อยละ 9.3 และ 30,001-45,000 บาท ร้อยละ 5.7 ส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนคือ 3-4 คน ร้อยละ 47.9 รองลงมาคือ 5-6 คน ร้อยละ 24.3 1-2 คน ร้อยละ 16.4 และ 7 คนขึ้นไป ร้อยละ 11.4 ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ผ่านสื่อบุคคล จากพยาบาล/แพทย์ มากที่สุด ร้อยละ 77.8 และผ่านเจ้าหน้าที่/นักวิชาการและผู้นำชุมชน น้อยและน้อยที่สุด ร้อยละ 2.9 และ 0.0 ตามลำดับ และมีผู้ตอบแบบสอบถามไม่ได้รับข่าวสารและรู้เลย คิดเป็นร้อยละ 2.9 ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมผ่านสื่อมวลชน จากสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ แผ่นพับ โปสเตอร์ วารสาร นิตยสาร ร้อยละ 43.6 และผ่าน วีซีดี/วีดิทัศน์ น้อยที่สุด ร้อยละ 0.7 ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ผ่านสื่อกิจกรรม จากการสาธิต มากที่สุด ร้อยละ 23.6 และจากการดูงาน น้อยที่สุด ร้อยละ 0.7

กลุ่มตัวอย่างมีระดับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ในทุกด้านคือ ความรู้เกี่ยวกับการผ่าตัด ผลข้างเคียงของการผ่าตัด ความรู้ด้านเคมีบำบัด ผลข้างเคียงของสารเคมีบำบัด ความรู้ด้านอาหารสำหรับผู้ป่วย มีระดับความรู้โดยรวมอยู่ในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย 0.81) และส่วนใหญ่มีระดับการปฏิบัติการดูแลรักษาตนเองหลังการผ่าตัดและเคมีบำบัด โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 0.90)

กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อสื่อเรื่องการบริหารร่างกายหลังการผ่าตัดเต้านม ในทุกด้านคือ ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพของสื่อ ด้านประโยชน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.37) ประกอบด้วย

เนื้อหา มีความชัดเจน ระดับมาก ร้อยละ 51.4 การนำเข้าสู่เนื้อหา มีความเหมาะสม ระดับมาก ร้อยละ 52.1 การดำเนินเรื่องมีความเหมาะสม ระดับมาก ร้อยละ 70.0 การลำดับเนื้อหา มีความเหมาะสม ระดับมาก ร้อยละ 52.1 การสรุปเนื้อหา มีความเหมาะสม ระดับมาก ร้อยละ 57.1 และเนื้อหา น่าสนใจและเข้าใจง่าย ระดับมากที่สุด ร้อยละ 52.9

ภาพ มีความชัดเจน ระดับมากที่สุด ร้อยละ 57.9 เสียง มีความชัดเจน ระดับมาก ร้อยละ 50.7 เสียงผู้บรรยายมีความเหมาะสม ระดับมากที่สุด ร้อยละ 50.0 และความยาวในการนำเสนอมีความเหมาะสม ระดับมาก ร้อยละ 56.4

การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์กับตนเอง ระดับมากที่สุด ร้อยละ 55.7 นำความรู้ไปถ่ายทอดและเผยแพร่กับผู้อื่นได้ ระดับมากที่สุด และระดับมาก เท่ากัน ร้อยละ 47.1 และเป็นสื่อที่ให้ประโยชน์กับคนที่สนใจ และสังคม ระดับมากที่สุด ร้อยละ 56.4

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ การรับรู้ข้อมูล ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม 2) เพื่อศึกษาความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด ของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม 3) เพื่อผลิตสื่อวีดิทัศน์ส่งเสริมการดูแลตนเอง เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมต่อสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารตนเอง หลังการผ่าตัดเต้านม กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม ในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 140 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 51-63 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษา มีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 5,000-15,000 บาท จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน การได้รับข้อมูลข่าวสาร ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด โรคมะเร็งเต้านม ผ่านสื่อบุคคล จากพยาบาล/แพทย์ มากที่สุด ผ่านสื่อมวลชน จากสิ่งพิมพ์ มากที่สุด 2) ความรู้เกี่ยวกับการผ่าตัด ผลข้างเคียงของการผ่าตัด ด้านเคมีบำบัด ผลข้างเคียงของสารเคมีบำบัด และด้านอาหารสำหรับผู้ป่วย มีความรู้ระดับมาก และกลุ่มตัวอย่าง มีระดับการปฏิบัติการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัดและเคมีบำบัด โดยรวมอยู่ในระดับมาก 3) ได้สื่อวีดิทัศน์ส่งเสริมการดูแลตนเอง เรื่องการบริหารตนเองหลังการผ่าตัดเต้านม 4) ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมต่อสื่อวีดิทัศน์เรื่องการบริหารร่างกายหลังการผ่าตัดเต้านม อยู่ในระดับมาก

การได้รับข้อมูลข่าวสาร ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับความรู้และการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัด และเคมีบำบัด โรคมะเร็งเต้านม ผ่านสื่อบุคคล จากพยาบาล/แพทย์ มากที่สุด อาจเป็นเพราะทั้งแพทย์และพยาบาล ให้การดูแลอย่างใกล้ชิด และให้ความรู้กับผู้ป่วยเป็นอย่างดี จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างได้รับข้อมูลข่าวสารจากแพทย์และพยาบาล มากที่สุด และผ่านสื่อมวลชน จากสิ่งพิมพ์ มากที่สุดอาจเป็นเพราะสื่อสิ่งพิมพ์มีความหลากหลายไม่ว่าจะเป็นหนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร หนังสือ ซึ่งสื่อเหล่านี้ มีมากในท้องตลาด และหาซื้อได้ง่าย ทำให้สามารถ พบเห็นข้อมูล ข่าวสารต่าง จากสื่อสิ่งพิมพ์ได้มากที่สุด ความรู้เกี่ยวกับการผ่าตัด ผลข้างเคียงของการผ่าตัด ด้านเคมีบำบัด ผลข้างเคียงของสารเคมีบำบัด และ ด้านอาหารสำหรับผู้ป่วย และระดับการปฏิบัติการดูแลรักษาตนเอง หลังการผ่าตัดและเคมีบำบัด โดยรวมอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะทั้งแพทย์ พยาบาล และกลุ่มตัวอย่าง มาเข้ารับการรักษาอย่างต่อเนื่อง มาตามกำหนดที่แพทย์นัด มีความเข้าใจซึ่งกันและกัน การได้พบกันอยู่เสมอ ก็จะส่งผลให้ได้รับความรู้ และการปฏิบัติได้ถูกต้อง ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมต่อสื่อวีดิทัศน์ เรื่องการบริหารร่างกายหลังการผ่าตัดเต้านม อยู่ในระดับมาก อาจเป็นเพราะ การผลิตสื่อวีดิทัศน์ได้ผลิตขึ้นตามหลักการวิชาการ ทั้งด้านเนื้อหา คุณภาพของสื่อ และประโยชน์ที่ได้รับ และสื่อที่ผลิตขึ้น สามารถปฏิบัติตามได้ รวมทั้ง มีขั้นตอนที่สามารถปฏิบัติไปพร้อมกันได้ ถ้าไม่เข้าใจก็สามารถดูซ้ำได้อีก จึงทำให้มีความพึงพอใจในระดับมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. (2554). รายงานทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2555, จาก <http://www.nci.go.th>
- [2] สมศรี รัตนวิจิตราศิลป์; สุพัตรา แสงรุจิ; และ วิสุทธิ์ วุฒิพฤษภ์. (2005). โรคมะเร็งที่พบบ่อยในประเทศไทย. สารศิริราช. 57(6). สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2554, จาก <http://www.sirirajmedj.com>
- [3] ชมรมฟื้นฟูสุขภาพผู้ป่วยโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย. (2554). มะเร็งเต้านม. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2554, จาก <http://www.siamca.com>
- [4] สุรพงษ์ สุภาภรณ์. (2547). มะเร็งเต้านม. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลพระมงกุฎ
- [5] เพียงใจ คูประดินันท์. (2551). ศักยภาพของตำลึง ดอกแค ตะไคร้ และกะน้า ในการต้าน Clastogenicity ในหนูเมาส์. วารสารพิษวิทยาไทย. 23(1). สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2554, จาก <http://www.nci.go.th>

**SWU6-1111: การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางพันธุกรรมของยีน TUMOR
NECROSIS FACTOR กับภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิตในผู้ป่วยเด็กไทย
GENETIC ASSOCIATION OF TNF-ALPHA, POLYMORPHISM AND SEPSIS / SEPTIC
SHOCK IN PEDIATRIC POPULATION IN THAILAND**

หนันทวุฒิ ฉัตรอุทัย^{1*}, สุวรรณณี ผู้มีธรรม², มนุชธรรม มานวรงค์ชัย³, วิปรี วิประภษิต²

Chat-uthai Nunthawut^{1*}, Phumeetham Suwannee², Manavathongchai Manutham³, Viprakasit Vip²

¹ภาควิชาวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

¹Department of immunology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Thailand.

²ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

²Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University, Thailand.

³ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์กรุงเทพมหานครและวชิรพยาบาล

³Department of Pediatrics, Bangkok Metropolitan Administration Medical College and Vajira Hospital, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: TNF308@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในกลุ่มประชากรคอเคเซียนพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยทางพันธุกรรมของยีน ทัมเมอร์ เนคโครซิส แฟกเตอร์-แอลฟา (TNF-a) กับภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิต มีผลกระทบกับต่อความไวของการเกิด Sepsis และ Septic shock แต่การค้นพบในข้างต้นยังเป็นที่โต้แย้งกันอยู่ตลอดในวงการวิชาการ วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาความหลากหลายของยีน TNF-a ในตำแหน่ง -863(C→A), -857(C→T), -308(G→A) และ -238(G→A) ของประชากรไทยที่มีภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิตในหออภิบาลผู้ป่วยเด็ก เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 207 คน โดยใช้การศึกษาแบบ population-based case-control โดยรวบรวมผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิต 83 คน (แบ่งเป็น sepsis 44 คน และเป็น septic shock 39 คน) ใช้วิธี PCR-RFLP หารูปแบบของความหลากหลายห้าตำแหน่งในยีน TNF-a ผลการศึกษาพบว่า จีโนไทป์ -863A/A และ -238G/A ของยีน TNF-a พบในผู้ป่วยที่เกิดภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิตทั้งหมดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.018$ and $P = 0.039$, ตามลำดับ) โดยสรุปคือ ความหลากหลายด้านพันธุกรรมของยีน TNF-a มีความสัมพันธ์กับภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิตในผู้ป่วยเด็กไทย

คำสำคัญ: ทัมเมอร์ เนคโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา ภาวะติดเชื้ออย่างรุนแรงในกระแสโลหิต หออภิบาลผู้ป่วยเด็ก

Abstract

Although possible roles of genetic polymorphisms (SNPs) of Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF-a) on disease susceptibility and severity of severe sepsis and septic shock have been demonstrated through genetic association studies, however there is conflicting data in literature because the results were not always reproduced in the same populations. Moreover, any significant SNPs in one

population might not be prevalent in others. Therefore, it is important to reconfirm such association in a population-specific manner.

To investigate the clinical impact of TNF- α SNPs in sepsis, we set up the first Thailand Pediatric Sepsis Study Group comprised of three major tertiary-care hospitals in Bangkok. Prospective data about pediatric patients (age < 18 yrs) with clinical sepsis or septic shock was collected by pediatric intensive care experts and genetic analyses were performed at a central laboratory. Four single nucleotide SNPs located in the 5'-promoter region of the TNF- α gene, -863(C→A), -857(C→T), -308(G→A) and -238(G→A) were analyzed using Polymerase chain reaction (PCR) -based methods. For this report, 300 Thai individuals were investigated, 83 of whom were pediatric patients with sepsis. Allelic frequency of each individual SNP was compared between cases and healthy controls. Interestingly, we could not identify an association of -308(G→A), which was previously demonstrated to be a major SNP associated with sepsis in several populations, since there was no frequency difference between cases and controls. However, the TNF -863A/A and -238G/A genotypes appeared to be significantly higher when compared to healthy controls ($P = 0.018$ and $P = 0.039$, respectively). Since the frequency of subjects who carried at least one variant allele in TNF -863 and -238 was higher in sepsis patients than in healthy subjects, TNF -863 and -238 SNPs appear to play an important role in the pathogenesis of sepsis in Thailand's pediatric population.

Keywords: TNF, Polymorphisms, Sepsis, PICU

Introduction

Sepsis is a dreadful medical condition result of uncontrolled activation of the inflammatory response to pathogens, considerably healthcare difficulty worldwide. Every year, sepsis affects an estimated 750,000 people in USA and more than 210,000 of them die [1-2]. Additionally, for the last 20 years, the incidence rate of severe sepsis in USA rising by around 75%. The latest study exhibited the hospitalization rate of severe sepsis from 1993 to 2003 has increase almost two times [3]. Susceptibility to sepsis is an interpersonal variable, the same treatment may not have the same outcome when applied to the different person. Most patients will be rescue but the other will develop severe sepsis, multiple organ system failure and eventually die from refractory hypotension. Susceptibility to sepsis includes environmental factors and host genetics. Host genetic factors, which influence immune, inflammatory and coagulation response, resulting in notable interpersonal differences.

Genetic analysis may explain the wide variation in the individual responses to infection [4-7]. Interpersonal diversity of Tumor necrosis factor - α (TNF- α) (GenBank accession no. X02910) producing has been elucidated by population and family based study [2, 8-9]. Single nucleotide polymorphism (SNP) at the promoter region of TNF- α gene affect the rate of transcription and have the capacity to increasing or decreasing gene expression [2, 10]. A number of studies have investigated the substitution polymorphism at position -308 (rs1800629), upstream from the transcription initiation site in the promoter of TNF- α designated as alleles TNF -308G and TNF -308A. A number of studies have assessed the increasing of TNF- α production in TNF -308A [5, 11-14]. In contrast, many studies have

failed to prove a significant effect in transcription rate of TNF-a with the TNF -308A [15, 16]. The effects of TNF-a SNP on sepsis remain unresolved due to the conflicting finding across studies. Until now, four SNPs have been known to affect the transcriptional activities of -863C/A (rs1800630), -857C/T (rs1799724), -308G/A (rs1800629) and -238G/A (rs361525). Therefore, the aim of this study is to examine the association between sepsis and severe sepsis in Thailand and the four SNPs in the promoter region of TNF-a gene using PCR-based restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP).

Objectives

To investigate clinical impact of TNF-a SNPs in Thai pediatric patients with sepsis and septic shock. To evaluate diagnostic markers of septic shock, and outcome comparing clinical factors and genetic polymorphism. Determination of such genetic risk might be of clinical interest to early detect future cases or predict clinical respond to novel therapy such as anti-TNF therapy.

Methods

Patients and healthy controls

After approval of the local ethics committee and written informed consent of the patient or a legal guardian had been obtained. A total of 83 Thai pediatric patients (age < 18 yrs) with the diagnosis of sepsis/septic shock according to the consensus conference [17], hospitalized at three university hospitals in Thailand (Siriraj hospital, Vajira hospital and Chulalongkorn hospital) were included in the study. The basic demographic data, severity of illness scores, and clinical information including source of infection were recorded until discharge from the pediatric intensive care unit (PICU) or died. Blood samples for genotypic analysis were collected within the first 24 hrs of meeting sepsis criteria. The healthy control group consisted of approx. 207 unrelated healthy volunteers.

Polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP)

A 3.0 ml of whole blood were collected from each individual. For the genotyping of the TNF-a SNPs were determined by using the polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) assay as shown in Table 1.

Table 1 Outline of PCR-RFLP analysis used in this study

Locus	Primer sequence (5' to 3')	Prod(bp)	Annealing temp. (°C)	Endonuclease	Allele
-863	F: ATGTAGCGGCTCTGAGGAATGGGTTACA	132	54.3	<i>Sty I</i>	108 + 24 bp
	R: CTACATGGCCCTGTCTTCGCCAAG				intact
-857	F: AAGTCGAGTATGGGGACCCCCGTTAA	133	54.3	<i>Hinc II</i>	108 + 25 bp
	R: CCCAGTGTGTGGCCATATCTTCTT				intact
-308	F: TGGAGGCAATAGGTTTTGAGG	142	54.3	<i>NcoI</i>	42 + 100 bp
	R: ACAAGCATCAAGGATACCCCT				intact
-238	F: CCCAGAAGACCCCCTCGGAACC	126	60	<i>HpaII</i>	22 + 104 bp
	R: ACCTTCTGTCTCGGTTTCTTCTCCATCGC				intact

In short, Genomic DNA was extracted using Phenol-Chloroform extraction method. The 1xPCR reaction were as follows: 1xPCR buffer (Invitrogen), 0.375-1.5 mM MgCl₂ (Invitrogen), 20 mM of each dNTP (ATP, GTP, TTP, and CTP) , 1 uM of Each Forward and Reverse primer, 2.0 ul of template DNA, 1 U of Taq DNA Polymerase (Invitrogen) and Distilled water was added to the final volume of 25 ul . PCR was performed in an MJ mini cycler (Bio-Rad, CA, USA). All four polymorphism were detected using a modification of a method described previously [18-19]. An outline of PCR-RFLP analysis used in this study is shown in Table 1.

Statistic analysis

Descriptive data were expressed as frequencies (%) or as mean \pm standard deviation. A two tailed Student's t-test was used for comparisons of continuous variables with normal distribution and the Mann-Whiney U-test was used for continuous variables without normal distribution. A *P* value of less than 0.05 was considered statistically significant. The difference in genotypic, allelic frequencies, dominant and recessive model at each polymorphic locus between the sepsis or septic shock and healthy control was examined by chi-square test and fisher exact test.

Results

The distribution of TNF-a alleles, genotypes, dominant and recessive models among four TNF-a promoter SNPs in sepsis or septic shock and healthy controls is depicted in Table 2 and Table 3.

Table 2 Genetic association analysis for TNF-a SNPs comparing between patients with sepsis and septic shock and normal individual.

Position	Genotype	Control (n = 207)		Sepsis (n = 83)		Odd ratio(95% CI)	P value
		f	N %	f	N %		
-238	G/G	201	97.1	76	91.6	3.08(1.00-9.40)	0.039
	G/A	6	2.9	7	8.4		
	A/A	0		0			
-308	G/G	169	81.6	73	88	0.70(0.32-1.49)	0.358
	G/A	33	15.9	10	12		
	A/A	5	2.4	0			
-857	C/C	166	80.2	74	89.2	0.51(0.22-1.15)	0.104
	C/T	35	16.9	8	9.6		
	T/T	6	2.9	1	1.2		
-863	C/C	132	63.8	48	57.8	0.96(0.53-1.74)	0.900
	C/A	60	29	21	25.3		
	A/A	15	7.2	14	16.9		

When comparing the distribution of TNF-a genotypes and alleles of the healthy control with those of sepsis or septic shock Table 2. The allele and genotype frequencies of the SNPs at -308 and -857 were not significantly different. However, the allele or genotype frequencies of the TNF -238 and

-863 SNPs were significantly associated with susceptibility to sepsis or septic shock. The frequency of the A allele of TNF-a at -238 position was significantly higher in sepsis or septic shock patients (4.2% and 2.4%, respectively) than in healthy control subjects (data not shown). In particular, The -238 A/G genotypes was more frequent in sepsis or septic shock patients (8.4% and 2.9%, respectively) than in healthy control subjects ($P = 0.039$; OR = 3.08; 95% CI = 1.00–9.40), together with the frequency of the A allele of TNF-a at -863 position was significantly higher in sepsis or septic shock (29.5% and 21.7%, respectively) than in healthy control subjects (data not shown). In addition, the patients with -863 A/A in the sepsis or septic shock patients was clearly higher (16.9% and 7.2%, respectively) than that in the healthy control subjects ($P = 0.018$; OR = 2.56; 95% CI = 1.15–5.71).

Table 3 Genetic association analysis for TNF-a SNPs comparing between survived and non-survived.

Position	Genotype	Survive (n=66)		Non-survived (n=17)		Odd ratio(95% CI)	P value
		f	N %	f	N %		
-238	G/G	61	92.4%	15	88.2%	1.62(0.28-9.21)	0.579
	G/A	5	7.6%	2	11.8%		
	A/A	0		0			
-308	G/G	60	90.9%	13	76.5%	3.07(0.75-12.47)	0.103
	G/A	6	9.1%	4	23.5%		
	A/A	0		0			
-857	C/C	59	89.4%	15	88.2%	1.31(0.24-7.16)	0.754
	C/T	6	9.1%	2	11.8%		
	T/T	1	1.5%	0			
-863	C/C	38	57.6%	10	58.8%	0.63(0.15-2.58)	0.522
	C/A	18	27.3%	3	17.6%		
	A/A	10	15.2%	4	23.5%		

Next, the TNF-a gene was examined to establish whether it was associated with susceptibility to septic shock. Overall, there were no differences in allele, genotype, dominant and recessive models frequencies between sepsis and septic shock (data not shown). We further analysed the alleles frequency and genotypes distribution of the TNF-a promoter SNPs between those who died and survived. However, there were no significant differences in the alleles frequency and genotypes distribution between survivors and nonsurvivors Table 3. Interestingly, the frequency of the G/A of TNF - 308 position in the death patient was slightly more frequent than in healthy control subjects (23.5% and 9.1%, respectively) with the odd ratio of 3.07. A trend toward significance was observed but this SNP failed to achieve the significance threshold ($P = 0.103$).

Conclusions and Discussion

Sepsis is difficult to define, diagnose and treat. In the past two decade, the genetic influence on the susceptibility to sepsis has been investigated. TNF-a plays a essential roles in the regulation of host immune response especially associated with several immunopathogenesis and infectious diseases. The

analysis of SNPs is becoming increasingly important. Some SNPs can alter biochemical properties of a protein and may change its expression patterns. Therefore, it undoubtedly is a crucial variable accounting for differences in fundamental molecules among humans and can potentially affect how our bodies react to the disease. Likewise, differences in nucleotide sequences in critical positions in immune regulatory genes may alter an individual's susceptibility to polygenetically diseases like sepsis.

In our analysis, the A allele of TNF -238 variant increased the odds of sepsis or septic shock by three fold in the populations studied. Interestingly, this is not the first report linking TNF -238 with immunopathogenesis. Psoriasis is an immunologically-mediated disease. Psoriasis is known to be associated with several immune genes including TNF- α [20]. In the remarkable study, Kaluza *et al.* [21] indicated the functional significance of the TNF -238. The study observed reduction of transcription activity in the cell lines carrying A allele of TNF -238 by using reporter assays. Moreover, a report in 1995 by Fong *et al.* [22] revealed that the DNA region between nucleotides -230 and -254 is known to contain TNF- α gene transcription repressor binding sites. As shown above, TNF -238A seem to strengthen the binding affinity of repressor protein to regulatory elements within TNF- α gene promoter, thus reducing the expression of TNF- α gene. Unfortunately, our present study as well as that of Gordon *et al.* [23], could not find any association between TNF -238A and sepsis mortality and severity, which is a contradiction with the finding of previous study [21-22].

In this study results also indicated that individuals carrying A allele of TNF-863 are genetically predisposed to susceptibility to sepsis or septic shock. Inconsistent results obtained from several functional studies of TNF-863 C/A has created a confusing pattern. Higuchi *et al.* [24] reported that the rare A allele of the TNF- α in position -863 response to ConA two times higher than C allele of the TNF- α in position -863 as demonstrated through a Luciferase reporter assay. Furthermore, PBMCs of the donors carrying A allele of the TNF- α in position -863 response to ConA is 1.8 times higher than the donors carrying C allele of the TNF- α in position -863. In 2000, Udalova *et al.* [25] discovered that the polymorphism TNF-863C/A in the regulatory region of TNF- α gene could influence gene expression levels through the alteration in binding affinity of NF- κ B complex. The observed up-regulation of TNF- α gene in cells with TNF-863A is due to decreased the binding affinity of NF- κ B p50/p50 homodimer to its recognition site on cognate DNA sequence around adenine nucleotide at position -863. The decreased binding of NF- κ B p50/p50 homodimer that required for transcriptional repression resulting in poor down regulation response [25].

One of the most extensively studied TNF- α SNPs is the polymorphism at position -308 that located in the promoter region. It was previously known to influence susceptibility to severe sepsis and septic shock and enhancement of TNF- α production [5, 13, 26-28]. In 1997, Wilson *et al.* [12] proposed that the presence of G allele at position -308 could potentially decrease gene function by an unknown mechanism. Wilson *et al.* also speculated that G allele altered the secondary structure of DNA at that position, leading to the interference of transcriptional activity. In vitro studies from other group have reported decreased TNF- α production in the carrier of G allele at position -308 [11, 29] but, unfortunately, these results cannot be replicated in larger or different cohort [23].

Up to this point, there are several TNF-a snp that has an effect on interindividual response to inflammation [5, 15, 29-30]. However, the limitation of our study, this study did not include the measurement of the levels of TNF-a molecules. Thus, the involvement of such SNP on the production of TNF-a has yet to be clarified. In the investigation of the effect of TNF-a SNPs on various chronic inflammatory diseases, including systemic lupus erythematosus, bronchial asthma and burn injury has yielded conflicting and confusing results. [29-33]. It should be emphasized that the dissimilar clinical situations can influence different immune responses and produced variable results. However, until now it was not possible to obtain information on how each TNF-a genotype exert their effect on sepsis susceptibility and mortality. Our study revealed that TNF-308 genotypes is not related with either predisposition to sepsis or the occurrence of septic shock. On the other hand, A allele of TNF -308 was increased but statistically non-significant risk of PICU mortality. At this point, almost all of the studies, including our own suffered from the relatively small number of ICU patients, the lack of homogeneity concerning underlying disease. The important limitation of our present study, the experimental were unable to control adequately for such confounding variables.

Numerous other genetic SNPs have also been clearly shown to be associated with severity and outcome of sepsis patients including, toll-like receptor, plasminogen activator inhibitor 1(PAI-I), IL-10 and CXCL2 chemokine. Therefore, it is important to keep in mind that other confounding genetic factors which were not included in the present study might also influence sepsis susceptibility and morality. Furthermore, combining genetic and clinical factors such as age and body weight may enable us to better assess and predict the severity and outcome of sepsis instead of PRISM score alone [34]. In conclusion, these results possibly reveal the the functional significant of the TNF-a SNP. This study also demonstrated significant interplay between those SNPs that exist in linkage disequilibrium. It also possible that our significant haplotype may not represent causative SNP but rather be in linkage disequilibrium with the true disease susceptibility SNP. However, it should emphasized that the significant haplotype is found only very low frequency among sepsis patient. Therefore, in order to precisely demonstrate the effects of such haplotype, we need to increase sample quantities. TNF-a and LTA gene are in linkage disequilibrium and also with the extensive HLA locus. Inevitably, The problem of high linkage disequilibrium within HLA class III region make it more difficult to detect the true effect of such genotype and haplotype. While the genetic association in this study is clear-cut, we need to take into account that still strongly influence by other immune-related genes in the HLA class III [35].

This is the first prospective study of genetic risk in Thai patients with sepsis and septic shock exploring the possibility of TNF-a SNP. The preliminary data has identified a less significant effect of the major SNP -308 compared to previous findings in Caucasian population. This finding is not truly unexpected since it confirmed that in each population might have their own specific SNP association. Therefore a more comprehensive SNPs set must be considered when any research group will embark for such study in new population. However, a further study with higher cases enrolled is warranted to validate this pilot finding.

References

- [1] Angus, D.C.; & Wax, R.S. (2001). Epidemiology of sepsis: an update. *Crit Care Med.* 29(7 Suppl): S109-116.
- [2] O'Dwyer, M.J.; et al. (2008). Characterization of tumour necrosis factor-alpha genetic variants and mRNA expression in patients with severe sepsis. *Int J Immunogenet.* 35(4-5): 279-285.
- [3] Dombrovskiy, V.Y.; et al. (2007). Rapid increase in hospitalization and mortality rates for severe sepsis in the United States: a trend analysis from 1993 to 2003. *Crit Care Med.* 35(5): 1244-1250.
- [4] Burgner, D.; & Levin, M. (2003). Genetic susceptibility to infectious diseases. *Pediatr Infect Dis J.* 22(1): 1-6.
- [5] Mira, J.P.; et al. (1999). Association of TNF2, a TNF-alpha promoter polymorphism, with septic shock susceptibility and mortality: a multicenter study. *JAMA.* 282(6): 561-568.
- [6] Strunk, T.; & Burgner, D. (2006). Genetic susceptibility to neonatal infection. *Curr Opin Infect Dis.* 19(3): 259-263.
- [7] Read, R.C.; et al. (2001). A functional polymorphism of toll-like receptor 4 is not associated with likelihood or severity of meningococcal disease. *J Infect Dis.* 184(5): 640-642.
- [8] van Dissel, J.T.; et al. (1998). Anti-inflammatory cytokine profile and mortality in febrile patients. *Lancet.* 351(9107): 950-953.
- [9] Molvig, J.; et al. (1991). Dietary supplementation with omega-3-polyunsaturated fatty acids decreases mononuclear cell proliferation and interleukin-1 beta content but not monokine secretion in healthy and insulin-dependent diabetic individuals. *Scand J Immunol.* 34(4): 399-410.
- [10] Wjst, M. (2004). Target SNP selection in complex disease association studies. *BMC Bioinformatics.* 5(92): 1-6.
- [11] Louis, E.; et al. (1998). Tumour necrosis factor (TNF) gene polymorphism influences TNF-alpha production in lipopolysaccharide (LPS)-stimulated whole blood cell culture in healthy humans. *Clin Exp Immunol.* 113(3): 401-406.
- [12] Wilson, A.G.; et al. (1997). Effects of a polymorphism in the human tumor necrosis factor alpha promoter on transcriptional activation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 94(7): 3195-3199.
- [13] Nadel, S.; et al. (1996). Variation in the tumor necrosis factor-alpha gene promoter region may be associated with death from meningococcal disease. *J Infect Dis.* 174(4): 878-880.
- [14] Tang, G.J.; et al. (2000). Tumor necrosis factor gene polymorphism and septic shock in surgical infection. *Crit Care Med.* 28(8): 2733-2736.
- [15] Brinkman, B.M.; et al. (1995). Relevance of the tumor necrosis factor alpha (TNF alpha) -308 promoter polymorphism in TNF alpha gene regulation. *J Inflamm.* 46(1): 32-41.
- [16] Stuber, F.; et al. (1995). -308 tumor necrosis factor (TNF) polymorphism is not associated with survival in severe sepsis and is unrelated to lipopolysaccharide inducibility of the human TNF promoter. *J Inflamm.* 46(1): 42-50.

- [17] Levy, M.M.; et al. (2003). 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. *Intensive Care Med.* 29(4): 530-538.
- [18] Soga, Y.; et al. (2003). Tumor necrosis factor-alpha gene (TNF-alpha) -1031/-863, -857 single-nucleotide polymorphisms (SNPs) are associated with severe adult periodontitis in Japanese. *J Clin Periodontol.* 30(6): 524-531.
- [19] Kato, T.; et al. (1999). Novel polymorphism in the promoter region of the tumor necrosis factor alpha gene: No association with narcolepsy. *Am J Med Genet.* 88(4): 301-304.
- [20] Rahman, P.; et al. (2006). TNFalpha polymorphisms and risk of psoriatic arthritis. *Ann Rheum Dis.* 65(7): 919-923.
- [21] Kaluza, W.; et al. (2000). Different transcriptional activity and in vitro TNF-alpha production in psoriasis patients carrying the TNF-alpha 238A promoter polymorphism. *J Invest Dermatol.* 114(6): 1180-1183.
- [22] Fong, C.L.; & Mark, D.F. (1995). The NF-kappa B-like site in the TNF-alpha repressor element is essential for its repressor function. *Biochem Biophys Res Commun.* 212(3): 879-886.
- [23] Gordon, A.C.; et al. (2004). TNF and TNFR polymorphisms in severe sepsis and septic shock: a prospective multicentre study. *Genes Immun.* 5(8): 631-640.
- [24] Higuchi, T.; et al. (1998). Polymorphism of the 5'-flanking region of the human tumor necrosis factor (TNF)-alpha gene in Japanese. *Tissue Antigens.* 51(6): 605-612.
- [25] Udalova, I.A.; et al. (2000). Functional consequences of a polymorphism affecting NF-kappaB p50-p50 binding to the TNF promoter region. *Mol Cell Biol.* 20(24): 9113-9119.
- [26] McGuire, W.; et al. (1994). Variation in the TNF-alpha promoter region associated with susceptibility to cerebral malaria. *Nature.* 371(6497): 508-510.
- [27] Cabrera, M.; et al. (1995). Polymorphism in tumor necrosis factor genes associated with mucocutaneous leishmaniasis. *J Exp Med.* 182(5): 1259-1264.
- [28] Majetschak, M.; et al. (1999). Relation of a TNF gene polymorphism to severe sepsis in trauma patients. *Ann Surg.* 230(2): 207-214.
- [29] Heesen, M.; et al. (2003). Linkage disequilibrium between tumor necrosis factor (TNF)-alpha-308 G/A promoter and TNF-beta NcoI polymorphisms: Association with TNF-alpha response of granulocytes to endotoxin stimulation. *Crit Care Med.* 31(1): 211-214.
- [30] Hedberg, C.L.; et al. (2004). Tumor necrosis factor alpha -- 308 polymorphism associated with increased sepsis mortality in ventilated very low birth weight infants. *Pediatr Infect Dis J.* 23(5): 424-428.
- [31] Heesen, M.; et al. (2004). Rapid genotyping for tumor necrosis factor-alpha (TNF-alpha)-863C/A promoter polymorphism that determines TNF-alpha response. *Clin Chem.* 50(1): 226-228.
- [32] Lee, S.H.; et al. (1997). Decreased tumour necrosis factor-beta production in TNFB*2 homozygote: an important predisposing factor of lupus nephritis in Koreans. *Lupus.* 6(7): 603-609.
- [33] Barber, R.C.; et al. (2004). TLR4 and TNF-alpha polymorphisms are associated with an increased risk for severe sepsis following burn injury. *J Med Genet.* 41(11): 808-813.

- [34] Shimada, T.; et al. (2011). Outcome prediction in sepsis combined use of genetic polymorphisms - A study in Japanese population. *Cytokine*. 54(1): 79-84.
- [35] Pappachan, J.V.; et al. (2009). Mortality in adult intensive care patients with severe systemic inflammatory response syndromes is strongly associated with the hypo-immune TNF -238A polymorphism. *Immunogenetics*. 61(10): 657-662.

SWU6-1140: ดัชนีความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงที่มารับการรักษา ที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

WORK ABILITY INDEX OF FEMALE PATIENTS WITH BREAST CANCER IN NATIONAL CANCER INSTITUTE OF THAILAND

ธีระศิษฐ์ เชนบำรุง¹, ศุภพร แสงกระจ่าง², ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล^{3*}

Theerasit Chernbamrung¹, Suleeporn Sangrajrang², Chatchai Ekpanyaskul^{3*}

¹กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี

¹Occupational and Environmental Medicine Center, Nopparat Rajthanee Hospital, Thailand.

²กลุ่มงานวิจัย สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

²Research Division, National Cancer Institute, Thailand.

³ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: swuocmed@gmail.com

บทคัดย่อ

มะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่พบมากที่สุดในผู้หญิงไทย ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงานและต้องกลับเข้าทำงานหลังการรักษามะเร็งเต้านมเสร็จสิ้นแล้ว การศึกษาภาคตัดขวางนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงอายุระหว่าง 18-60 ปี จำนวน 480 คน ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเต้านมปฐมภูมิภายใน 3 ปี และมารับการให้บริการทางการแพทย์ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2554 มีตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 385 คนที่เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ คิดเป็นอัตราเข้าร่วมการศึกษาเท่ากับร้อยละ 80.21 เฉพาะตัวอย่างจำนวน 335 คน (ร้อยละ 87.21) ที่มีงานทำในขณะที่ได้รับการวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมนำเข้าสู่อการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมานโดยใช้ความถดถอยลอจิสติก ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่กลับเข้าทำงานแล้วมีคะแนนเฉลี่ยการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่กลับเข้าทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value<0.001) กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถในการทำงานดีเลิศ กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถในการทำงานดี และกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถในการทำงานปานกลางมีโอกาสกลับเข้าทำงานมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถในการทำงานต่ำ 10.83 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.35-87.25) 3.31 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.63-6.71) และ 1.94 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.04-3.60) ตามลำดับ โดยสรุปจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าคะแนนจากการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานมีความเกี่ยวข้องกับ การกลับเข้าทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม ควรนำดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานไปใช้กับประชากรกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันต่อไป

คำสำคัญ: ดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงาน การกลับเข้าทำงาน มะเร็งเต้านม ผู้รอดชีวิตจากมะเร็ง

Abstract

Breast cancer is the most common cancer among Thai women. Many female breast cancer patients were at working age and had to return to work after treatment for breast cancer. This cross sectional study aimed at determining the work ability of female patients with breast cancer in National Cancer Institute of Thailand. The study samples were 480 female breast cancer patients, aged between 18 and 60 years. They were diagnosed primary breast cancer within 3 years and came for medical service. The data were collected by face to face interview from August to October, 2011. Totally 385 recruited subjects were participated in the study, yielding the participation rate of 80.21 %. Only 335 participants (87.01 %) who had been working prior to cancer diagnosis were entered into the analysis. The data were analyzed by using descriptive and inferential statistics with logistic regression. The results showed that those who already returned to work had higher average work ability index score than those who did not returned (p -value <0.001). Excellent, good and fair work ability index group had higher the probability of return to work when compared with poor work ability index group (OR = 10.83; 95% CI = 1.35-87.25, OR = 3.31; 95% CI = 1.63-6.71 and OR = 1.94; 95% CI = 1.04-3.60, respectively). In conclusion, this study showed that the work ability index score was associated with return to work of the female breast cancer patients. Work ability index should be widely used to evaluate the work ability in many other populations.

Keywords: Work ability index, Return to work, Breast cancer, Cancer survivors

บทนำ

มะเร็งเต้านมเป็นโรคมะเร็งที่พบได้มากที่สุดในประเทศหญิงของประเทศไทย ในแต่ละปีจะมีผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงรายใหม่หลายพันรายทั่วประเทศ โดยใน พ.ศ. 2544-2546 พบอุบัติการณ์ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมรายใหม่ 20.9 รายต่อหนึ่งแสนคนประชากรต่อปี [1] อุบัติการณ์ของมะเร็งเต้านมที่สูงขึ้นอาจเนื่องมาจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ในผู้หญิงไทยเช่น ช่วงอายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป ดัชนีมวลกายที่สูง การเริ่มมีประจำเดือนเร็วในวัยเด็ก การหมดประจำเดือนช้า การมีบุตรคนแรกเมื่อมีอายุมากแล้ว การใช้ยาคุมกำเนิด การใช้ยาฮอร์โมนสำหรับหญิงหมดประจำเดือน การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ประวัติมะเร็งเต้านมของบุคคลในครอบครัว การสัมผัสสารเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และลักษณะการทำงานของบางอาชีพ [2-5] นอกจากนี้จะเป็นโรคมะเร็งที่พบได้มากแล้ว มะเร็งเต้านมยังมีอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยที่สูง [6-9] ในแต่ละปีจึงมีผู้ป่วยมะเร็งเต้านมรอดชีวิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ผู้รอดชีวิตจะยังอยู่ในวัยทำงานและมีความจำเป็นในการกลับเข้าทำงานเพื่อหารายได้ เลี้ยงดูตนเอง และครอบครัวต่อไป

มะเร็งเต้านม และการรักษามะเร็งเต้านมต่างๆ เช่น การผ่าตัดรักษา การรับยาเคมีบำบัด และการฉายรังสีรักษา ทำให้ร่างกายของผู้ป่วยอ่อนแอลงและทำให้ผู้ป่วยบางรายไม่สามารถกลับเข้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนอกจากตัวโรคมะเร็ง และการรักษาแล้ว แพทย์ควรทำการประเมินความสามารถในการกลับเข้าทำงานโดยดูลักษณะการทำงานของผู้ป่วยประกอบด้วย การประเมินแบ่งออกเป็นการประเมินความเสี่ยงของผู้ป่วย (Risk) หมายถึงโอกาสที่ผู้ป่วย และบุคคลรอบข้างจะเป็นอันตรายทั้งต่อสุขภาพ และความปลอดภัย หากผู้ป่วยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานนั้น และการประเมินความสามารถของผู้ป่วย (Capacity) หมายถึงความสามารถทางร่างกาย และทางจิตใจของผู้ป่วยในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแพทย์อาจ

พิจารณาการตรวจร่างกาย (Physical examination) ทำการประเมินโดยใช้เครื่องมือ (Functional capacity evaluation) หรืออาจทำการประเมินโดยใช้ดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานร่วมด้วย

ดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงาน หรือดัชนีความสามารถในการทำงาน (Work ability index, WAI) เป็นเครื่องมือทางอาชีพอนามัยที่สถาบันอาชีพอนามัยของประเทศฟินแลนด์พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ป่วยว่ามีความสามารถในการทำงานมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะงาน และภาวะสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและทรัพยากรอื่นมาพิจารณา และทำการประเมินให้คะแนนที่บ่งบอกถึงความสามารถการทำงานของคนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ [10] ดัชนีความสามารถในการทำงานได้ถูกแปลเป็นภาษาต่างๆรวมทั้งภาษาไทย และนำไปใช้ในงานอาชีพอนามัยในหลายประเทศโดยมีกลุ่มผู้ปฏิบัติงานหลากหลายสาขาอาชีพเช่น ผู้ปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ คนงานในฟาร์ม บุคลากรทางการแพทย์ต่างๆ [11-14] ดัชนีความสามารถในการทำงานได้รับการทดสอบแล้วหลายครั้งว่าเป็นเครื่องมือสำหรับการวัดความสามารถในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานที่มีความเที่ยงตรง และมีความเชื่อถือได้ [15-17]

แพทย์สามารถนำข้อมูลของผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมที่ให้ข้อมูลแต่ละรายมาใช้ในการติดตามเพื่อวัดผลการฟื้นฟู การปรับปรุง และการสนับสนุนความสามารถในการทำงานต่อไปได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยโดยตรง นอกจากนี้ยังสามารถนำดัชนีความสามารถการทำงานมาใช้ทำนายการลาป่วยในปีถัดไป และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยได้อีกด้วย [18-19]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมเพศหญิงที่มารับการรักษาที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ และเปรียบเทียบคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานระหว่างผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงกลุ่มที่กลับเข้าทำงานและกลุ่มที่ไม่กลับเข้าทำงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานก่อนได้รับการวินิจฉัยมะเร็งเต้านม ข้อมูลการกลับเข้าทำงานในปัจจุบัน และข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานโดยใช้ดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงที่มารับการตรวจรักษาที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ในระหว่างวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2554 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2554 โดยจัดทำหนังสือขอความร่วมมือการเข้าร่วมการศึกษาวิจัยจากภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปยังผู้อำนวยการสถาบันมะเร็งแห่งชาติ เพื่อขอรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรม และดำเนินการวิจัย และทำการประสานงานขอความร่วมมือไปยังคลินิกมะเร็งเต้านมที่จะทำการศึกษาวิจัยในการใช้พื้นที่เพื่อทำการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ รายการที่ทำการประเมินในดัชนีความสามารถในการทำงานประกอบไปด้วย ความสามารถในการทำงานปัจจุบันโดยให้เทียบกับความสามารถสูงสุดในชีวิตการทำงานที่ผ่านมา ความสามารถในการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะงาน จำนวนโรคที่เป็นอยู่ในปัจจุบันซึ่งเป็นโรคที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ การคาดประมาณความสามารถในการทำงานที่ลดลงเนื่องจากการเจ็บป่วยด้วยโรคต่างๆ จำนวนวันลาป่วยในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา การพยากรณ์ความสามารถการทำงานของตัวเองไปอีก 2 ปีข้างหน้า และแหล่งสนับสนุนทางด้านจิตใจ โดยมีค่าคะแนนผลการประเมินรวมทุกรายการแล้วอยู่ระหว่าง 7-49 คะแนน ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ระดับความสามารถการทำงานดังนี้

1. ระดับความสามารถในการทำงานต่ำ (7-27 คะแนน) ควรได้รับการฟื้นฟูความสามารถในการทำงาน โดยการค้นหาปัจจัยที่เป็นอันตรายต่อความสามารถในการทำงาน และทำการปรับแก้เพื่อให้กลับเข้าสู่ภาวะปกติโดยเร็ว

2. ระดับความสามารถในการทำงานปานกลาง (28-36 คะแนน) ควรให้ความช่วยเหลือในการปรับปรุงความสามารถในการทำงาน โดยให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมวางแผนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการทำงานของตนเอง อาจต้องได้รับการฟื้นฟูทางการแพทย์ นอกจากนี้ในบางรายอาจต้องมีการพัฒนาทักษะทางวิชาชีพ และการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม

3. ระดับความสามารถในการทำงานดี (37-43 คะแนน) ควรให้การสนับสนุนความสามารถในการทำงานให้ดีขึ้นไปอีก

4. ระดับความสามารถในการทำงานดีเลิศ (44-49 คะแนน) ควรให้คงไว้ซึ่งความสามารถในการทำงาน โดยให้คำแนะนำว่าปัจจัยในการทำงานและรูปแบบการดำรงชีวิตแบบใดที่ช่วยให้คงสภาพการทำงานที่ดี และปัจจัยใดที่ทำให้ความสามารถในการทำงานลดลงเพื่อกระตุ้นเตือนให้หลีกเลี่ยงหรือลดปัจจัยลบดังกล่าว

วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลโดยใช้ความถี่และร้อยละหาสัดส่วนของผู้ป่วยที่กลับเข้าทำงานได้ และข้อมูลเชิงคุณภาพต่างๆ เช่น ลักษณะการทำงาน ระดับความสามารถในการทำงานที่ลดลง และการพยากรณ์ความสามารถในการทำงานของตัวเองไปอีก 2 ปีข้างหน้า ใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหาข้อมูลเชิงปริมาณต่างๆ เช่น ผลรวมคะแนนการประเมินดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงาน ความสามารถในการทำงานปัจจุบันเทียบกับความสามารถสูงสุดในชีวิตการทำงานที่ผ่านมา และความสามารถในการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะงาน ใช้สถิติ t-test เปรียบเทียบคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานระหว่างกลุ่มที่กลับเข้าทำงานแล้วกับกลุ่มที่ยังไม่กลับเข้าทำงาน และวิเคราะห์หาความเกี่ยวข้องระหว่างการกลับเข้าทำงานกับระดับความสามารถในการทำงานโดยใช้การทดสอบ binary logistic regression โดยแสดงค่าขนาดความสัมพันธ์ด้วย crude odds ratio และค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ด้วยวิธี univariate analysis

ผลการวิจัย/

ประชากรตัวอย่างในสถาบันมะเร็งแห่งชาติที่เข้าร่วมในการศึกษาและตอบแบบสัมภาษณ์ครบมีจำนวน 385 คน กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 47.33 ± 8.23 ปี กลุ่มตัวอย่างมีสถานภาพสมรสแล้วมากที่สุดจำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 47.01 รองลงมาคือสถานภาพหม้ายหรือหย่าร้าง และรองลงมาคือสถานภาพโสดตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างมีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่ามากที่สุดจำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 47.01 รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า และรองลงมาคือระดับสูงกว่ามัธยมศึกษาตามลำดับ และโรคมะเร็งเต้านมของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระยะเริ่มแรกจำนวน 281 คน คิดเป็นร้อยละ 72.99 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

	ข้อมูลทั่วไป, n= 385	จำนวน(ร้อยละ)
อายุ(ปี)		
น้อยกว่า 45		138(35.84)
45-49		104(27.02)
50-54		66(17.14)
55 ปีขึ้นไป		77(20.00)
	ค่าเฉลี่ย=47.33, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=8.23, ค่าต่ำสุด=22, ค่าสูงสุด=60	
สถานภาพสมรส		
สมรส		181(47.01)
โสด		100(25.98)
หม้าย/หย่าร้าง		104(27.01)
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า		181(47.01)
มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า		103(26.75)
สูงกว่ามัธยมศึกษา		101(26.24)
ระยะของมะเร็งเต้านม		
ระยะเริ่มแรก		281(72.99)
ระยะลุกลาม		104(27.01)

คะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 33.23 ± 7.06 คะแนน หลังจากแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามระดับความสามารถในการทำงานแล้วกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการทำงานปานกลาง รองลงมาคือระดับความสามารถในการทำงานดี รองลงมาคือระดับความสามารถในการทำงานต่ำ และรองลงมาคือระดับความสามารถในการทำงานดีเลิศตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลความสามารถในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

รายการที่ทำการประเมิน, n= 385	จำนวน(ร้อยละ)
ความสามารถในการทำงานปัจจุบันเทียบกับความสามารถสูงสุดในชีวิตการทำงานที่ผ่านมา(คะแนน)	
ค่าเฉลี่ย=6.66 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=2.44 , ค่าต่ำสุด=0 ,ค่าสูงสุด=10	
ลักษณะการทำงาน	
ลักษณะงานใช้ความคิด/จิตใจเป็นหลัก	108(28.05)
ลักษณะงานใช้กำลังกายเป็นหลัก	128(33.24)
ลักษณะงานใช้ความคิดและกำลังกายพอกัน	129(33.51)
ความสามารถในการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะงาน(คะแนน)	
ค่าเฉลี่ย=7.10 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=1.81 , ค่าต่ำสุด=2 ,ค่าสูงสุด=10	
จำนวนโรคที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน(รวมมะเร็งเต้านม)	
1 โรค(โรคมะเร็งเต้านม)	253(65.71)
2 โรค	94(24.42)
3 โรค	26(6.75)
4 โรค	12(3.12)
ความสามารถในการทำงานที่ลดลง	
ทำงานได้ตามปกติ	123(31.95)
ต้องทำงานช้าลงหรือเปลี่ยนวิธีการทำงาน	190(49.35)
ทำได้เฉพาะงานพิเศษเนื่องจากปัญหาทางสุขภาพ	28(7.27)
ไม่สามารถทำงานได้เลย	17(4.43)
จำนวนวันที่หยุดงานเต็มวันจากปัญหาสุขภาพในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา	
ไม่เคยหยุดเลย	14(3.63)
1 – 9 วัน	84(21.82)
10 – 24วัน	83(21.57)
25 – 99 วัน	102(26.49)
100 – 365 วัน	102(26.49)

การพยากรณ์ความสามารถการทำงานของตัวเองไปอีก 2 ปีข้างหน้า

ทำได้เหมือนเดิมแน่นอน	235(61.04)
ไม่ค่อยแน่ใจว่าจะทำได้เหมือนเดิมหรือไม่	106(27.53)
ทำไม่ได้เหมือนเดิมแน่นอน	44(11.43)

แหล่งสนับสนุนทางด้านจิตใจ(ความสุข ความกระตือรือร้น และความหวัง)

ความสุขกับชีวิตประจำวัน(คะแนน)

ค่าเฉลี่ย=3.10 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.999 , ค่าต่ำสุด=0 ,ค่าสูงสุด=4

ความกระตือรือร้นและตื่นตากับงานและชีวิต(คะแนน)

ค่าเฉลี่ย=3.01 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=1.107 , ค่าต่ำสุด=0 ,ค่าสูงสุด=4

ความรู้สึกมีความหวังเต็มเปี่ยมกับอนาคต(คะแนน)

ค่าเฉลี่ย=2.88 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=1.157 , ค่าต่ำสุด=0 ,ค่าสูงสุด=4

ผลรวมคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงาน(คะแนน)

ค่าเฉลี่ย=33.23 ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=7.057 , ค่าต่ำสุด=12 ,ค่าสูงสุด=46

ระดับความสามารถในการทำงาน

ระดับความสามารถในการทำงานต่ำ (7-27 คะแนน)	77(20.00)
ระดับความสามารถในการทำงานปานกลาง (28-36 คะแนน)	178(46.23)
ระดับความสามารถในการทำงานดี (37-43 คะแนน)	115(29.87)
ระดับความสามารถในการทำงานดีเลิศ (44-49 คะแนน)	15(3.90)

จากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสัมภาษณ์ทั้งหมด 385 คน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีงานทำในขณะนี้ได้รับการวินิจฉัยมะเร็งเต้านมจำนวน 335 คนเพื่อนำมาศึกษาการกลับเข้าทำงาน โดยพบว่าในกลุ่มตัวอย่างที่กลับเข้าทำงานแล้วทั้งหมด 248 คนคิดเป็นร้อยละ 74.03 โดยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่กลับเข้าทำงานแล้วมีคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 34.68 \pm 6.63 คะแนน และกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ยังไม่กลับเข้าทำงานมีคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.25 \pm 7.25 คะแนน

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี univariate analysis พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่กลับเข้าทำงานแล้วมีคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่กลับเข้าทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value<0.001) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานในกลุ่มที่กลับเข้าทำงานแล้ว และยังไม่กลับเข้าทำงาน

คะแนนการประเมินโดยดัชนีชี้วัด		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน	
ความสามารถในการทำงาน(คะแนน)	จำนวน(ร้อยละ)	(คะแนน)	มาตรฐาน	p-value
การกลับเข้าทำงาน				
กลับเข้าทำงานแล้ว	248(74.03)	34.68	6.63	<0.001
ยังไม่กลับเข้าทำงาน	87(25.97)	30.25	7.25	
รวม	335(100.00)	33.53	7.05	

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี univariate analysis พบว่าระดับความสามารถในการทำงานเกี่ยวข้องกับ การกลับเข้าทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value=0.002) โดยพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับ ความสามารถดีเลิศมีโอกาสในการกลับเข้าทำงานมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถต่ำ 10.83 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.35-87.25) กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถดีมีโอกา สในการกลับเข้าทำงานมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถต่ำ 3.31 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.63- 6.71) และกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถปานกลางมีโอกาสในการกลับเข้าทำงานมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มี ระดับความสามารถต่ำ 1.94 เท่า (ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 1.04-3.60) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเกี่ยวข้องระหว่างระดับความสามารถในการทำงานกับการกลับเข้าทำงาน ด้วยวิธี univariate analysis

ระดับความสามารถ ในการทำงาน	กลับเข้า ทำงานแล้ว	ยังไม่กลับ เข้าทำงาน	crude odds ratio(95%CI)	p-value
ต่ำ (7-27 คะแนน)	36	26	1	0.002
ปานกลาง (28-36 คะแนน)	110	41	1.94(1.04-3.60)	
ดี (37-43 คะแนน)	87	19	3.31(1.63-6.71)	
ดีเลิศ (44-49 คะแนน)	15	1	10.83(1.35-87.25)	

สรุปและอภิปรายผล

ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมส่วนใหญ่มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 33.23 ซึ่งน้อยกว่าผลจากการศึกษาใน ประชากรอื่นของประเทศไทยและของต่างประเทศ [14, 20-21] นอกจากนี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีระดับความสามารถใน การทำงานอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับดีซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาในประชากรของต่างประเทศที่ส่วนใหญ่มี ระดับความสามารถในการทำงานอยู่ในระดับดีถึงระดับดีมาก [13-14, 22] ความสามารถในการทำงานที่น้อยกว่า ประชากรกลุ่มอื่นๆ อาจเป็นผลจากตัวโรคมะเร็งและการรักษา หรืออาจเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำในผู้ป่วยหญิง เท่านั้น ซึ่งเพศหญิงมีความสามารถในการทำงานน้อยกว่าเพศชาย [13] หรืออาจเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างใน การศึกษานี้มีอายุเฉลี่ยมากกว่าประชากรวัยทำงานทั่วไป ซึ่งอายุที่มากขึ้นทำให้ความสามารถในการทำงานลดลง ได้ [20, 23-26] ผู้ป่วยส่วนใหญ่สามารถกลับเข้าทำงานได้จริงหลังการรักษา มะเร็งเต้านมเหมือนกับผลจาก การศึกษาในต่างประเทศ [27-30] เนื่องจากใช้แนวทางการรักษาและมีมาตรฐานการรักษา ระดับเดียวกัน ผู้ป่วย

กลุ่มที่กลับเข้าทำงานได้แล้วมีคะแนนความสามารถในการทำงานเฉลี่ยสูงกว่าผู้ป่วยกลุ่มที่ยังไม่กลับเข้าทำงาน เนื่องจากการกลับเข้าทำงานทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าและการกลับเข้าทำงานยังอาจทำให้ความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นด้วย [31] อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่าคะแนนความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงมีความเกี่ยวข้องกับการกลับเข้าทำงานของผู้ป่วยเป็นประเด็นที่ควรนำมาทำการศึกษาต่อยอดต่อไปทั้งในรูปแบบการศึกษาแบบไปข้างหน้าในประชากรกลุ่มเดิมเนื่องจากระดับความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาโดยอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ซึ่งอาจส่งผลต่อการกลับเข้าทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ป่วย และการศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างคะแนนจากดัชนีชี้วัดความสามารถในการทำงานกับการกลับเข้าทำงานจริงในประชากรที่หลากหลายต่อไป โดยแนวทางการศึกษาต่อไปควรคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากเพศและอายุที่อาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำงานเช่น เศรษฐฐานะ การลาหยุดหรือลาป่วย อาชีพ ปริมาณงาน ความพึงพอใจในงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ประสบการณ์การทำงาน วิถีชีวิต การสนับสนุนทางสังคม สถานภาพสมรส จำนวนของเด็กในครอบครัว ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ [12, 19, 22-24, 26, 32-36]

การเก็บข้อมูลดัชนีความสามารถในการทำงานของผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมในงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิง เพื่อให้แพทย์นำไปใช้เป็นแนวทางในการประเมินว่าผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแต่ละคนที่ทำการรักษาอยู่นั้นมีความสามารถในการทำงานแตกต่างจากกลุ่มอ้างอิงอย่างไร และมีผู้ป่วยรายใดบ้างที่มีความสามารถการทำงานอยู่ในระดับต่ำซึ่งต้องการความช่วยเหลืออย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้อาการป่วยกลายเป็นผู้ไร้สมรรถภาพในการทำงาน

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษานี้ คณะผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณแพทย์ พยาบาล และบุคลากรของสถาบันมะเร็งทุกท่านที่ได้ประสานงานในการสัมภาษณ์ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิง และขอขอบคุณผู้ป่วยมะเร็งเต้านมหญิงทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kluhnaprema, T.; et al. (2010). *Cancer in Thailand vol. V 2001-2003*. Bangkok: Bangkok medical publisher.
- [2] Ekpanyaskul, C.; et al. (2010). Case-control study of occupational categories and breast cancer risk in Thailand. *Asian Pac J Cancer Prev*. 11(3): 793-797.
- [3] Key, T.J.; Verkasalo, P.K.; & Banks, E. (2001). Epidemiology of breast cancer. *Lancet Oncol*. 2(3): 133-140.
- [4] Sasco, A.J. (2001). Epidemiology of breast cancer: an environmental disease? *APMIS*. 109(5): 321-332.
- [5] Lichtenstein, P.; et al. (2000). Environmental and heritable factors in the causation of cancer--analyses of cohorts of twins from Sweden, Denmark, and Finland. *N Engl J Med*. 343(2): 78-85.
- [6] Sarikapan, W. (2009, June). Epidemiologic report of gynecologic cancer in Thailand. *J Gynecol Oncol*. 20(2): 81-83.

- [7] Aphinives, P.; et al. (2010). Breast cancer: five-year survival in Srinagarind Hospital, Thailand. *J Med Assoc Thai.* 93(Suppl 3): S25-S29.
- [8] Sriamporn, S.; et al. (1995). Cancer survival in Khon Kaen Province, Thailand. *Int J Cancer.* 61(3): 296-300.
- [9] Suwanrungruang, K.; et al. (2011). Cancer survival in Khon Kaen, Thailand, 1993-1997. *IARC Sci Publ.* (162): 211-216.
- [10] Ilmarinen, J. (2007, March). The Work Ability Index: a brief history. *Occup Med (Lond).* 57: 160.
- [11] Pranjic, N.; et al. (2006). Mobbing, stress, and work ability index among physicians in Bosnia and Herzegovina: survey study. *Croat Med J.* 47(5): 750-758.
- [12] Karttunen, J.P.; & Rautiainen, R.H. (2009). Work Ability Index among Finnish dairy farmers. *J Agric Saf Health.* 15(4): 353-364.
- [13] Costal, G.; et al. (2005). The Work Ability Index in hospital workers. *G Ital Med Lav Ergon.* 27(3): 355-358.
- [14] Costa, A.F.; Puga-Leal, R.; & Nunes, I.L. (2011). An exploratory study of the Work Ability Index (WAI) and its components in a group of computer workers. *Work.* 39(4): 357-367.
- [15] da Silva Junior, S.H.; et al. (2011). Validity and reliability of the work ability index (WAI) in nurses' work. *Cad Saude Publica.* 27(6): 1077-1087.
- [16] de Zwart, B.C.; Frings-Dresen, M.H.; & van Duivenbooden, J.C. (2002). Test-retest reliability of the Work Ability Index questionnaire. *Occup Med (Lond).* 52(4): 177-181.
- [17] Martinez, M.C.; Latorre Mdo, R.; & Fischer, F.M. (2009). Validity and reliability of the Brazilian version of the Work Ability Index questionnaire. *Rev Saude Publica.* 43(3): 525-532.
- [18] Ahlstrom, L.; et al. (2010). The work ability index and single-item question: associations with sick leave, symptoms, and health--a prospective study of women on long-term sick leave. *Scand J Work Environ Health.* 36(5): 404-412.
- [19] Kujala, V.; et al. (2006). Work ability index of young employees and their sickness absence during the following year. *Scand J Work Environ Health.* 32(1): 75-84.
- [20] Kaewboonchoo, O.; Saleekul, S.; & Usathaporn, S. (2011). Factors related to work ability among Thai workers. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 42(1): 225-230.
- [21] Kujala, V.; et al. (2005). Classification of Work Ability Index among young employees. *Occup Med (Lond).* 55(5): 399-401.
- [22] Kaleta, D.; Makowiec-Dabrowska, T.; & Jegier, A. (2006). Lifestyle index and work ability. *Int J Occup Med Environ Health.* 19(3): 170-177.
- [23] Lin, S.; Wang, Z.; & Wang, M. (2006). Work ability of workers in western China: reference data. *Occup Med (Lond).* 56(2): 89-93.
- [24] Lindberg, P.; et al. (2006). Retaining the ability to work-associated factors at work. *Eur J Public Health.* 16(5): 470-475.
- [25] Monteiro, M.S.; Ilmarinen, J.; & Corraa Filho, H.R. (2006). Work ability of workers in different age groups in a public health institution in Brazil. *Int J Occup Saf Ergon.* 12(4): 417-427.

- [26] Ghaddar, A.; Ronda, E.; & Nolasco, A. (2011). Work ability, psychosocial hazards and work experience in prison environments. *Occup Med (Lond)*. 61(7): 503-508.
- [27] Roelen, C.A.; et al. (2009). Sickness absence and return to work rates in women with breast cancer. *Int Arch Occup Environ Health*. 82(4): 543-546.
- [28] Bouknight, R.R.; Bradley, C.J.; & Luo, Z. (2006). Correlates of return to work for breast cancer survivors. *J Clin Oncol*. 24(3): 345-353.
- [29] Ahn, E.; et al. (2009). Impact of breast cancer diagnosis and treatment on work-related life and factors affecting them. *Breast Cancer Res Treat*. 116(3): 609-616.
- [30] Fantoni, S.Q.; et al. (2010). Factors related to return to work by women with breast cancer in northern France. *J Occup Rehabil*. 20(1): 49-58.
- [31] Arandelovic, M.; Nikolic, M.; & Stamenkovic, S. (2010). Relationship between burnout, quality of life, and work ability index--directions in prevention. *ScientificWorldJournal*. 10: 766-777.
- [32] Aittomaki, A.; Lahelma, E.; & Roos, E. (2003). Work conditions and socioeconomic inequalities in work ability. *Scand J Work Environ Health*. 29(2): 159-165.
- [33] Alavinia, S.M.; et al. (2009). Impact of work-related factors, lifestyle, and work ability on sickness absence among Dutch construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 35(5): 325-333.
- [34] Alavinia, S.M.; van Duivenbooden, C.; & Burdorf, A. (2007). Influence of work-related factors and individual characteristics on work ability among Dutch construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 33(5): 351-357.
- [35] Laitinen, J.; Nayha, S.; & Kujala, V. (2005). Body mass index and weight change from adolescence into adulthood, waist-to-hip ratio and perceived work ability among young adults. *Int J Obes (Lond)*. 29(6): 697-702.
- [36] Lindberg, P.; et al. (2006). Promoting excellent work ability and preventing poor work ability: the same determinants? Results from the Swedish HAKuL study. *Occup Environ Med*. 63(2): 113-120.

SWU6-1155: ผลของสารสกัดน้ำจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae ต่อการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว ฟิวซาเรียมในมะเขือเทศ

EFFECT OF WATER-EXTRACTS OF THE ACANTHACEAE LEAVES ON A PATHOGENIC FUNGUS CAUSING *Fusarium* WILT IN TOMATO

ขจรพรรณ รักผล, เฉลิมชัย วงศ์วัฒน์, สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ*

Khajonphan Rakphol, Chalermchai Wongwattana, Somkiat Phonphisutthimas

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: somkiatp@swu.ac.th, phsomkiat@hotmail.com

บทคัดย่อ

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* เป็นราก่อโรคเหี่ยวฟิวซาเรียม (*Fusarium wilt*) บนต้นมะเขือเทศที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีในการยับยั้งการเจริญของรา ด้วยวิธีวัตร้อยละการเจริญของรา จากการทดสอบการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* บนอาหารวุ้นแข็ง PDA โดยคัดเลือกสารสกัดจากใบพืชในวงศ์ Acanthaceae อัตราส่วนความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 mg/ml พบว่า สารสกัดที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* ดีที่สุด 3 ชนิด ได้แก่ รวงจืด (77.89 ± 3.26) สร้อยอินทนิล (76.95 ± 4.20) และทองพันชั่ง (76.27 ± 4.65) และเมื่อนำไปทดสอบบนผลมะเขือเทศประเมินความรุนแรงของรอยโรคบนผลมะเขือเทศด้วยวิธีดัดแปลงจาก Moralejo พบว่า ทองพันชั่ง (0.20 ± 0.21) ช้องนาง (0.57 ± 0.71) ขาไก่ต่าง (0.73 ± 0.68) และใบเงิน (0.75 ± 0.72) มีความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด ($p < .05$) และให้ผลยับยั้งดีกว่าสารแคปแทน ($p \geq .05$) และความเข้มข้นของสารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์นี้ให้ผลแตกต่างจากระดับห้องปฏิบัติการ โดยความเข้มข้นของสารสกัดหยาบตั้งแต่ 200 – 500 mg/mL ให้ผลไม่แตกต่างกัน ($p < .05$)

คำสำคัญ: การยับยั้งการเจริญ โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม ต้นมะเขือเทศ พืชวงศ์ Acanthaceae แคปแทน

Abstract

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* is an important pathogen that causes *Fusarium wilt* in tomato in Thailand and other regions. This research aimed to reduce the use of chemicals that inhibit the fungal growths in tomato by four bio-extracts from Acanthaceae leaves: *Thunbergia laurifolia* Lindl., *T. grandiflora* (Roxb. ex Rottler) Roxb., *T. erecta* (Benth.) Anderson., and *Rhinacanthus nasutus* Kurz. The ratios of each plant leaf to distilled water were 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, and 5:1. The percentages of fungal growth inhibition on PDA were investigated comparing with Captan, a widely used chemical to eliminate this pathogen. The result showed that *T. laurifolia* (82.09 ± 1.73) and *T. grandiflora* (81.20 ± 0.86) in a ratio of 5:1 had the highest inhibition to the fungus ($p < .05$), following *T. erecta* (84.66 ± 0.00) and *R. nasutus* ($83.12.16 \pm 2.61$), respectively. When tested on “Seeda” tomato fruits by using the fungal spore concentration of 5×10^4 spore/mL and evaluating the degree of disease incidence by a modified

method from Morajo *et al.* (2006), all four bio-extracts gave the high efficiency to control the disease lesion ($p < .05$), and its results did not differ significantly from the Captan ($p < .05$).

Keywords: Growth inhibition, Fusarium wilt, Tomato, Acanthaceae, Captan

บทนำ

มะเขือเทศเป็นพืชที่นิยมปลูกกันอย่างกว้างขวางในเกือบทุกทวีปของโลก โดยมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม จากสถิติการปลูกพืชผักรายปีของกรมส่งเสริมการเกษตร แสดงให้เห็นว่า มีการปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยประมาณปีละ 40,000 ไร่ โดยปี พ.ศ. 2532-พ.ศ. 2533 เป็นช่วงที่มีการขยายพื้นที่ปลูกมะเขือเทศมากที่สุดถึง 90,000 ไร่ แล้วค่อยๆ ลดลงในระยะต่อมาจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะพื้นที่ปลูกมะเขือเทศส่วนใหญ่ 80-90% เป็นการปลูกสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งปริมาณการผลิตขึ้นกับภาวะความต้องการของตลาดโลก มีผลให้พื้นที่ปลูกในประเทศไทยลดลงด้วย สำหรับพื้นที่ปลูกมะเขือเทศเพื่อบริโภคคาดว่ายังมีเพียงประมาณปีละ 8,000-9,000 ไร่ จึงนับได้ว่ามะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของประเทศไทย [1]

แม้ว่าจะมีการเพาะปลูกมะเขือเทศกันอย่างแพร่หลายในปริมาณมาก แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบกับปัญหาที่ทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศลดลง ซึ่งปัญหาที่สำคัญที่สุดคือ การระบาดของโรคไหม้มะเขือเทศ โดยเฉพาะโรคที่มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียและรา เช่น โรคเน่าเละ (bacterial soft rot) โรคใบจุดตากบ (frog-eye leaf spot) โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม (*Fusarium wilt*) เป็นต้น [2-3] ด้วยเหตุนี้การควบคุมโดยชีววิธี (biological control) มาใช้ในการควบคุมโรคพืช เนื่องจากไม่ทำให้เกิดสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม แต่ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคไหม้มะเขือเทศขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มของแสง ความชื้น ความเป็นกรด-เบสของดินปลูก และการกลายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ควบคุมโรคพืช [4-5] นอกจากการควบคุมโดยชีววิธีที่ใช้จุลินทรีย์ชนิดอื่นมาควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคแล้ว [6-7] ยังมีวิธีการควบคุมโดยชีววิธีอีกแบบหนึ่งที่ไม่ต้องใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคพืช คือการใช้สารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ มาฉีดพ่นเพื่อควบคุมโรคพืชไม่ให้แพร่กระจายออกไป [8-9] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงผลของสารสกัดจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae ในการยับยั้งโรคราเหี่ยวฟิวซาเรียมจาก *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* ในระดับห้องปฏิบัติการและบนผลมะเขือเทศ เพื่อคัดเลือกสำหรับนำไปใช้ในระดับแปลงปลูกต่อไป ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและลดอันตรายของสารพิษปนเปื้อนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในวงศ์ Acanthaceae ต่อการยับยั้งรา *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* ของโรคราเหี่ยวฟิวซาเรียมในมะเขือเทศในระดับห้องปฏิบัติการและผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมราและสปอร์รา *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*

นำรา *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* ที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากกลุ่มงานวิทยาไมโค กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร มาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงยูนแข็ง Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-15 วัน

นำหลอดที่มีรา *F. oxysporum* เจริญแล้ว มาเติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ส่องแสงฟลูออเรสเซนซ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นให้คอนิเดีย (conidia) กระจายออกมา และปรับความเข้มข้นของคอนิเดีย (conidia suspension) ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ให้มีความเข้มข้น 5×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

2. การเตรียมสารสกัดจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae

พืชวงศ์ Acanthaceae ที่ใช้ในการทดลองนี้มีจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ รวงจืด (*Thunbergia laurifolia* L.) สร้อยอินทนิล (*Thunbergia grandiflora* Roxb.) เสลดพังพอนตัวผู้ (*Barleria lupulina* Lindl.) เสลดพังพอนตัวเมีย (*Clinacanthus nutans* (Burm.f) Lindau.) ต้อยติ่ง (*Ruellia tuberosa* L.) สังกะสี (*Barleria strigosa* Willd.) ใบทอง (*Graptophyllum pictum* Griff.) ใบเงิน (*Graptophyllum pictum* Griff.) ทองพันชั่ง (*Rhinacanthus nasutus* Kurz.) ช้องนาง (*Thunbergia erecta* (Benth.) Anderson.) และขาไก่ต่าง (*Justicia fragilis* Wall. var. *variegata*)

นำใบพืชล้างด้วยน้ำสะอาดและแช่แอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 3 นาที และตากให้แห้งสนิท จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งให้ละเอียดผสมกับน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ให้มีความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 mg/mL และกรองผ่านแผ่นกรองแบคทีเรียขนาดรูพรุน 0.45 μm นำสารสกัดหยาบที่กรองได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้งาน

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae ในการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* บนอาหารวุ้นแข็ง PDA

เทอาหารเลี้ยงวุ้นแข็ง PDA ที่นิ่งมาเชื้อที่อุณหภูมิ 121 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ผสมกับสารสกัดหยาบด้วยน้ำความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 mg/mL ปริมาตร 300 มิลลิเมตร โดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมให้ผลบวก (positive control) 2 ชนิด ได้แก่ แคปแทน (captan, N-trichloromethylthio-4-cyclohexene-1, 2-dicarboximide) เข้มข้น 2 mg/mL และเมทาแลกซิล (metalaxyl, methyl N-(2-methoxyacetyl)-N-(2, 6-xylyl)-DL-alaninate) เข้มข้น 1 mg/mL และตัวควบคุมให้ผลลบ (negative control) ได้แก่ น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ

นำคอนิเดียแขวนลอยของรา *F. oxysporum* ปริมาตร 10 ไมโครลิตร มาหยดตรงกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงวุ้นแข็ง PDA ที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-72 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และตรวจสอบการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* โดยการวัดความกว้างของโคโลนีราที่เจริญบนอาหารผสมสารสกัดหยาบด้วยน้ำเปรียบเทียบกับความกว้างของโคโลนีราที่เจริญบนอาหารผสมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ และคำนวณร้อยละการยับยั้งการเจริญของราโดยใช้สูตรคำนวณ [10] ดังนี้

$$P = \frac{C-T}{C} \times 100$$

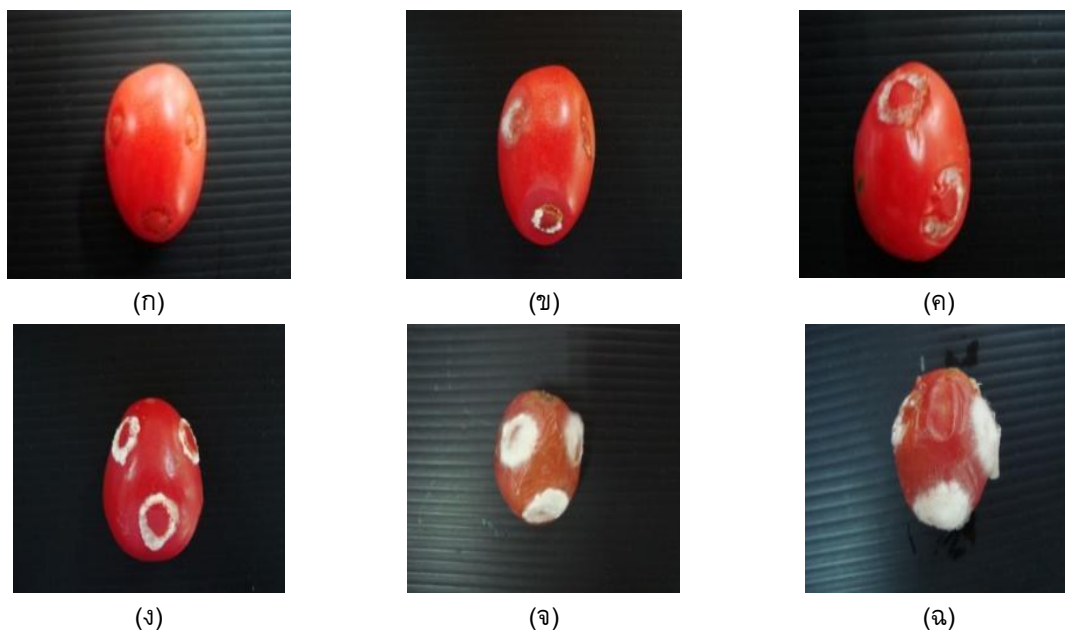
โดยที่ P หมายถึง ร้อยละการยับยั้งการเจริญของรา C หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหารวุ้นแข็ง PDA ผสมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ และ T หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหารวุ้นแข็ง PDA ผสมสารสกัดหยาบด้วยน้ำของใบพืชวงศ์ Acanthaceae

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบด้วยน้ำของใบพืชวงศ์ Acanthaceae ในการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* บนผลมะเขือเทศ

นำผลมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) พันธุ์สีดา ที่ซื้อจากตลาดสะพานใหม่ โดยควบคุมให้มีเส้นรอบวงตรงกลางผลมะเขือเทศใกล้เคียงกัน มาเจาะด้วยที่เปิดจุกคอร์ก (cork borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ให้เป็นรอย 3 รอยต่อหนึ่งผล จากนั้นหยดสารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชที่เตรียมไว้ ปริมาณ 100 ไมโครลิตร ลงบนรอยโรค และทิ้งไว้ให้แห้ง ประมาณ 30 นาที หยดคอนิเดียแขวนลอยของรา *F. oxysporum* ปริมาตร 5 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-72 ชั่วโมง

5. การประเมินความรุนแรงของโรค (disease severity) ที่เกิดจากรา *F. oxysporum* บนผลมะเขือเทศ

การประเมินความรุนแรงของโรคที่เกิดจากรา *F. oxysporum* บนผลมะเขือเทศ ทำได้โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก Mayee and Datar [11] และให้ระดับความรุนแรงของโรคบนผลมะเขือเทศดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระดับความรุนแรงของโรคเหี่ยวพืชาวาเรียบบนผลมะเขือเทศ

- (ก) ระดับ 0 หมายถึง ไม่แสดงอาการของโรค
- (ข) ระดับ 1 หมายถึง แสดงอาการเล็กน้อย โดยมีรอยโรคเกิดขึ้นไม่เกินร้อยละ 1 ของพื้นที่ติดเชื้อทั้งหมด
- (ค) ระดับ 2 หมายถึง แสดงอาการของโรคนปานกลาง โดยมีรอยโรคเกิดขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1-10 ของพื้นที่ติดเชื้อทั้งหมด
- (ง) ระดับ 3 หมายถึง แสดงอาการของโรครุนแรง โดยมีรอยโรคเกิดขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 11-25 ของพื้นที่ติดเชื้อทั้งหมด
- (จ) ระดับ 4 หมายถึง แสดงอาการของโรครุนแรงมาก โดยมีรอยโรคเกิดขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 26-50 ของพื้นที่ติดเชื้อทั้งหมด
- (ฉ) ระดับ 5 หมายถึง แสดงอาการของโรครุนแรงมากที่สุด โดยมีรอยโรคเกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ติดเชื้อทั้งหมด

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลร้อยละการยับยั้งรา *F. oxysporum* โดยใช้แผนการทดลองแบบ factorial design in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS of Windows รุ่น 19.0

ผลการวิจัย

จากการทดสอบสารสกัดหยาบด้วยน้ำกลั่นจากพืชในวงศ์ Acanthaceae จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ รวงจืด สร้อยอินทนิล เสดดพังพอนตัวผู้ เสดดพังพอนตัวเมีย ต้อยติ่ง สังกรณี ไบทอง ไบเงิน ทองพันชั่ง ช้องนาง และ ขาไก่ต่าง ทำให้ปราศจากเชื้อโดยผ่านแผ่นกรองแบคทีเรียรูพรุนขนาด 0.45 μm แปรผันความเข้มข้นเป็น 100, 200, 300, 400 และ 500 mg/ml และนำมาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของรา *F. oxysporum* f.sp. *lycopercisi* บนอาหารวุ้นแข็ง PDA เปรียบเทียบกับน้ำ แคลเพน และเมทาแลกซิด (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

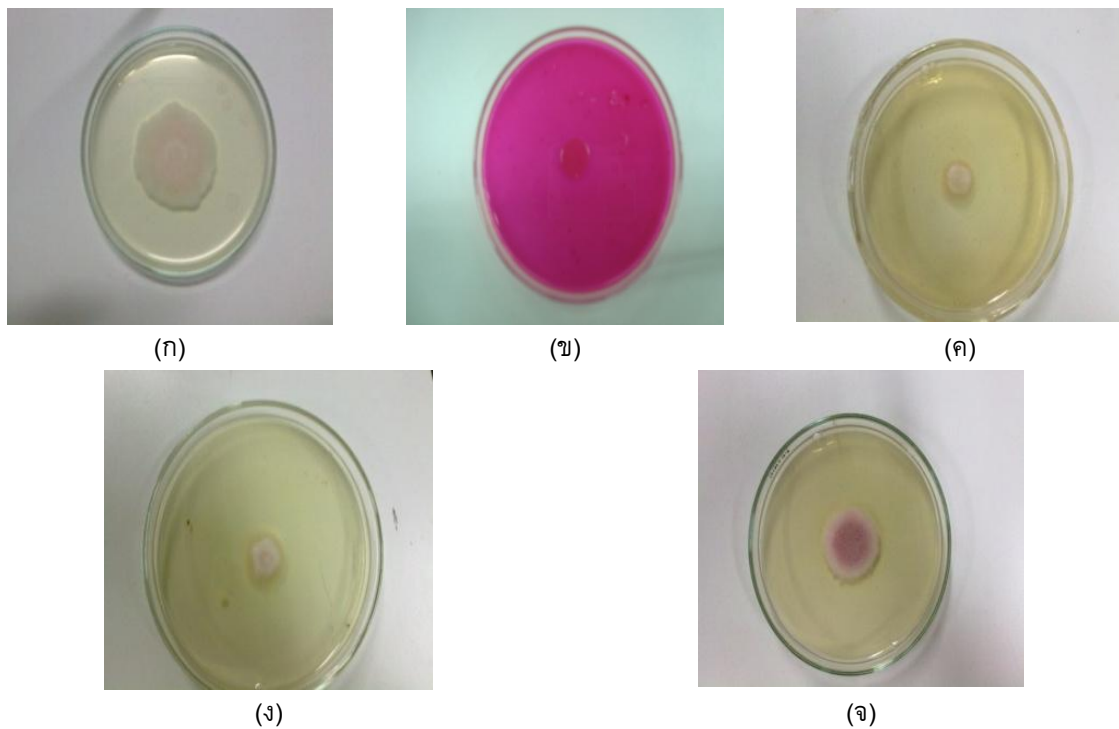
พบว่า รวงจีต (77.89±3.26) สร้อยอินทนิล (76.95±4.20) และทองพันชั่ง (76.27±4.65) สามารถยับยั้งการเจริญของรานี้ได้มากที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมา ได้แก่ ช้องนาง (74.71±8.51) ไบทอง (66.53±5.26) ข่าไก่ต่าง (61.40±4.81) ต้อยติ่ง (59.01±5.02) เสลดพังพอนตัวเมีย (55.70±6.23) ไบเงิน (52.61±4.48) เสลดพังพอนตัวผู้ (51.26±4.49) และสังกรณี (42.31±5.53) ให้ผลยับยั้งการเจริญของรานี้ได้ดีกว่าแคปแทนซึ่งเป็นสารที่นิยมใช้กำจัดราชนิดนี้ในปัจจุบัน ($p < .05$) แต่ให้ผลการยับยั้งน้อยกว่าเมทาแลกซิล ซึ่งตกค้างอยู่ในผลผลิตปริมาณมาก และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารสกัดหยาบของไบฟิซวงศ์ Acanthaceae ด้วยน้ำพบว่า ความเข้มข้น 500 mg/mL ให้ผลการยับยั้งรา *F. oxysporum* มากที่สุด ($p < 0.05$) ส่วนความเข้มข้น 100 และ 200 mg/mL ให้ผลการยับยั้งรานี้ต่ำที่สุด แต่เนื่องจากสารสกัดหยาบแต่ละชนิดแสดงผลการยับยั้งราในห้องปฏิบัติการและในสิ่งมีชีวิต (*in vivo*) แตกต่างกัน [11] จึงนำสารสกัดหยาบด้วยน้ำทุกชนิดและความเข้มข้นไปทดสอบเบื้องต้นบนผลมะเขือเทศในขั้นตอนนี้

ตารางที่ 1 ร้อยละการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* ด้วยสารสกัดหยาบไบฟิซวงศ์ Acanthaceae ด้วยน้ำ

สารสกัดหยาบ	ร้อยละการยับยั้งการเจริญของรา				
	100 mg/mL	200 mg/mL	300 mg/mL	400 mg/mL	500 mg/mL
รวงจีต	74.55 ± 0.00	74.55 ± 0.00	79.13 ± 1.46	79.13 ± 2.17	82.09 ^a ±1.73
สร้อยอินทนิล	73.57 ± 0.86	73.87 ± 0.86	73.87 ± 0.86	81.20 ± 5.36	81.20 ^{a,b} ±0.86
เสลดพังพอนตัวผู้	44.49 ± 0.54	48.45 ± 0.53	48.45 ± 0.53	54.98 ± 0.79	56.16 ^h ±1.11
เสลดพังพอนตัวเมีย	47.06 ± 1.81	50.35 ± 1.93	50.35 ± 1.93	59.68 ± 0.62	62.50 ^g ±0.00
ต้อยติ่ง	58.48 ± 4.81	51.63 ± 1.23	51.63 ± 1.23	61.45 ± 1.57	64.61 ^f ±1.23
สังกรณี	38.44 ± 1.23	37.72 ± 2.14	37.72 ± 2.14	45.90 ± 2.78	50.73 ⁱ ±0.62
ไบทอง	63.28 ± 7.27	62.88 ± 0.53	62.88 ± 0.53	67.07 ± 3.83	73.82 ^d ±1.54
ไบเงิน	45.29 ± 1.24	51.02 ± 1.07	51.02 ± 1.07	56.13 ± 0.00	57.15 ^h ±1.07
ทองพันชั่ง	71.47 ± 3.61	74.22 ± 3.53	74.22 ± 3.53	77.29 ± 0.53	83.12 ^{a,b} ±2.61
ช้องนาง	64.00 ± 1.57	66.66 ± 3.00	66.66 ± 3.00	80.67 ± 1.88	84.66 ^b ±0.00
ข่าไก่ต่าง	57.15 ± 1.99	58.89 ± 2.20	58.89 ± 2.20	64.71 ± 0.53	68.09 ^e ±2.21

หมายเหตุ แคปแทนเข้มข้น 2 mg/mL ให้ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 69.48 ± 0.93 ส่วนเมทาแลกซิลเข้มข้น 1 mg/mL ให้ร้อยละการยับยั้งรานี้ได้ทั้งหมด



ภาพที่ 2 การเจริญของโคโลนีราบนอาหารวุ้นแข็ง PDA ผสมกับ (ก) แคปแทนเข้มข้น 2 mg/mL
(ข) เมทาแลกซิลเข้มข้น 1 mg/mL (ค) สารสกัดหยาบจากใบรางจืดเข้มข้น 500 mg/mL
(ง) สารสกัดหยาบจากใบสร้อยอินทนิลเข้มข้น 500 mg/mL
และ (จ) สารสกัดหยาบจากทองพันชั่งเข้มข้น 500 mg/mL

เมื่อสารสกัดหยาบด้วยน้ำของใบพืชวงศ์ Acanthaceae ที่ทดสอบการยับยั้งในระดับห้องปฏิบัติการมาทดสอบบนผลมะเขือเทศพันธุ์สีดา และเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของโรค (ตารางที่ 2) พบว่า ทองพันชั่ง (0.20 ± 0.21) ช้องนาง (0.57 ± 0.71) ขาไก่ดำ (0.73 ± 0.68) และใบเงิน (0.75 ± 0.72) มีความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด ($p < .05$) และให้ผลการยับยั้งดีกว่าสารแคปแทน ($p \geq 0.05$) และความเข้มข้นของสารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์นี้ให้ผลแตกต่างจากในระดับห้องปฏิบัติการ โดยความเข้มข้นของสารสกัดหยาบตั้งแต่ 200-500 mg/mL ให้ผลไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 การทดสอบสารสกัดหยาบด้วยน้ำของใบพืชวงศ์ Acanthaceae บนผลมะเขือเทศที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

สารสกัดหยาบ	ความรุนแรงของโรค				
	100 mg/mL	200 mg/mL	300 mg/mL	400 mg/mL	500 mg/mL
รางจืด	1.55±1.39	1.33±1.76	1.00±1.20	0.56±0.51	0.56 ^{b-e} ±0.51
สร้อยอินทนิล	1.30±1.53	0.67±0.58	0.89±1.02	0.89±0.84	0.56 ^{b-e} ±0.51
สเลดพังพอนตัวผู้	1.78±1.68	1.67±1.53	1.22±1.35	1.11±1.02	0.55 ^{c-e} ±0.69
สเลดพังพอนตัวเมีย	2.22±2.04	2.11±1.90	1.33±1.15	1.11±1.39	1.00 ^{d,e} ±1.46
ต้อยติ่ง	1.67±2.08	1.22±1.83	1.11±1.65	0.44±0.77	0.44 ^{b-e} ±0.77
สังกรณี	1.22±2.12	1.11±1.92	1.00±1.73	1.00±1.73	0.89 ^{c-e} ±1.54
ใบทอง	1.78±1.54	1.33±1.20	1.00±1.20	0.89±0.77	0.78 ^{c-e} ±0.84
ทองพันชั่ง	0.33±0.34	0.22±0.19	0.22±0.19	0.11±0.19	0.11 ^{a,b} ±0.19
ใบเงิน	1.00±1.20	0.55±0.69	0.56±0.96	0.44±0.51	0.11 ^{a-d} ±0.19
ช้องนาง	1.00±1.00	0.89±0.84	0.67±0.88	0.67±0.58	0.46 ^{a-c} ±0.39
ขาไก่ต่าง	1.00±1.20	0.89±0.84	0.67±0.67	0.67±0.67	0.55 ^{a-c} ±0.69

หมายเหตุ แคปแทนเข้มข้น 2 mg/mL ให้ความรุนแรงของโรคเท่ากับ 0.45 ± 0.93 ส่วนเมทาแลกซิลเข้มข้น 1 mg/mL ไม่พบราน้ำใจรณบนผลมะเขือเทศ และน้ำกลั่นให้ความรุนแรงของโรคเท่ากับ 3.44 ± 1.50

สรุปและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ใช้สารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae และทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการบนอาหารร่วนแข็ง PDA และบนผลมะเขือเทศ ซึ่งจากข้อมูลการใช้สารเมทาแลกซิลและแคปแทนเพื่อกำจัดรา *F. oxysporum* พบว่า สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดรานี้เป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทาแลกซิลจะตกค้างในผลผลิตทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ จากผลการทดลองพบว่า รางจืด สร้อยอินทนิล และทองพันชั่งให้ผลยับยั้งรานี้ได้มากที่สุดระดับห้องปฏิบัติการ และเมื่อนำมาทดสอบกับผลมะเขือเทศพบว่า ทองพันชั่ง ช้องนาง ขาไก่ต่าง และใบเงิน ผลการทดลองบนผลมะเขือเทศจากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ ซึ่งรายงานว่ สารสกัดจากช้องนางสามารถลดระดับความรุนแรงของโรคเหี่ยวพืชาวรียมบนมะเขือเทศได้ดี [13] และสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงกมล ซึ่งรายงานว่ ทองพันชั่งสามารถควบคุมการเกิดโรคเหี่ยวพืชาวรียมได้ดี และทำให้มะเขือเทศมีอัตราการตายของมะเขือเทศร้อยละ 30 [4] การลดระดับความรุนแรงของโรคราเหี่ยวพืชาวรียมโดยใช้สารสกัดหยาบด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae นี้แตกต่างกันไป เนื่องจากสารทุติยภูมิของพืชที่เป็นส่วนประกอบของสารออกฤทธิ์ต่อรา *F. oxysporum* แตกต่างกันไป เช่น สารสกัดจากช้องนางมีสารประกอบพวกกรดไขมันที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา โดยไปเพิ่มความเป็นกรดบริเวณรอบผนังเซลล์และเยื่อหุ้มให้มากขึ้น [15] สารสกัดจากรางจืดมีสารพวก apigenin และ cusmosin ที่เป็นองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของรา ที่สามารถระเหยได้ง่ายในธรรมชาติ จึงไม่คงทนเมื่อนำไปทดสอบรอยโรคบนผลมะเขือเทศ [16] และสารสกัดจากทองพันชั่งมีสารออกฤทธิ์กลุ่มแอลคาลอยด์อิสระ (free based alkaloid) ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก [17] จึงคงทนในธรรมชาติมากกว่าและเมื่อนำสารสกัดทองพันชั่งไปทดสอบรอยโรคบนผลมะเขือเทศจึงให้ความรุนแรงของโรคต่ำ จากผลการทดลองคาดว่า สารสกัดจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae น่าจะลดการสร้างเส้นใย sporodichium และ phialospore ได้ นอกจากนี้ยังไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการนำสารสกัดจากใบพืชชนิดนี้ไปทดสอบกับต้นมะเขือเทศในแปลงปลูกและรากอโรคในพืชชนิดอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เลขที่สัญญา 101/2554) ภายใต้แผนงานวิจัย เรื่อง ศักยภาพทางอัลลีโลพาตีของพืชวงศ์ **Acanthaceae** บางชนิด (เลขที่สัญญา 99/2554)

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). แบบรายงาน 50.2.1 : สถิติการปลูกพืชตามชนิด. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2554, จาก <http://pst.doae.go.th/ROR%2554>
- [2] ชวลา บุรณศิริ. (2531). โรคของพืชสวน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] Dixon, G.R. (1981). *Vegetable Crop Diseases and The Scientific and Medical Division*. Hong Kong: n.p.
- [4] ดวงกมล ยิ้มแย้ม. (2548). การจัดการโรคเหี่ยวของมะเขือเทศโดยวิธีผสมผสานภายใต้ภาวะโรงเรือน. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] Devi, L.R.; Menon, M.R.; & Aiyer, R.S. (1981). Survival of *Pseudomonas solanacearum* in soil. *Plant Soil*. 62(2): 167-182.
- [6] Alwathnani, H.A.; & Perveen, K. (2012). Biological Control of *Fusarium* wilt of tomato by antagonist fungi and cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*. 11(5): 1100-1105.
- [7] Shishido, M.; et al. (2005). Biological Control Efficiency of *Fusarium* Wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo-B2. *Phytopathology*. 95(9): 1072-1080.
- [8] Oyelana, O.A.; et al. (2011). Antimicrobial activity of *Ficus* leaf extract on some fungal and bacterial pathogens of *Dioscorea rotundata* from Southwest Nigeria. *Journal of Biological Sciences*. 11(5): 359-366.
- [9] จิระเดช แจ่มสว่าง. (2547). การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดินภายในโรงเรือน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [10] Kumar, D.P.; et al. (2011). Selection of potential antagonistic *Bacillus* and *Trichoderma* isolates from tomato rhizospheric soil against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercisi*. *Research Journal of Biological Sciences*. 6(10): 523-531.
- [11] Mayee, C.D.; & Datar, V.V. (1986). *Phytopathometry*. Technical Bulletin-1 (Special Bulletin 3). Parbhani: Marathwada Agricultural University.
- [12] สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ; ขจรพรรณ รักผล; และ สมฤทัย หอมชื่น. (2552, มีนาคม). ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของราก่อโรคใบร่วงบนต้นยางพารา. ใน *การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [13] อุไรวรรณ ดวงสิน. (2544). การศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [14] Hayes, M.L.; & Berkovitz, B.K.B. (1979). The reduction of fissure caries in Wistar rats by a soluble salt of nonanoic acid. *Arch Oral Biol*. 24: 663-666.

- [15] Babayi, H.; et al. (2004). The antimicrobial activities of methanolic extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* against some pathogenic microorganism. *BIOKEMISTRI*. 16(2): 106-111.
- [16] Adesina, K.S. (2005). The Nigerian Zanthoxylum; Chemical and biological. *Africa Journal Tradition. Complementary and Alternative Medicines*. 2(3): 282-301.

SWU6-1160: การประเมินความรวดเร็วในการตรวจคัดกรองแบคทีเรียปนเปื้อนในเกล็ดเลือด ด้วยชุดตรวจ Pall eBDS, pH meter และ urine dipstick

ขจรศรี นามลีลา*, ศศิจิต เวชแพศย์, วิโรจน์ จงกลวัฒนา,

Khajohnsri Namleela*, Sasijit Vejbaesya, Viroje Chongkolwatana

ภาควิชาเวชศาสตร์ธนาคารเลือด คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

*Corresponding author, Email: olif20@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความไวและความจำเพาะของชุดตรวจ Pall eBDS, pH meter และ urine dip strip ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ : นำ LPPC 1 ถุง มาแบ่งเป็น 6 ถุง ถุงละ 55 ml (LPPC ที่ใช้ทั้งหมด 15 ถุง โดยแต่ละถุงนำมาแบ่งเป็น 6 ถุงเล็ก ทำให้ได้ตัวอย่างทั้งหมด 90 ถุง สำหรับฉีดเชื้อมาตรฐานเชื้อละ 15 ถุง และ negative control 15 ถุง) จากนั้นฉีดเชื้อแบคทีเรียมาตรฐาน 5 เชื้อ ได้แก่ *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus epidermidis* (ATCC 49134), *Staphylococcus aureus* (ATCC 2721), *Bacillus cereus* (ATCC 7064), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรีย 60 CFU/ml โดยฉีดถุงละ 1 เชื้อ ส่วนถุงที่ 6 ไม่ต้องฉีดเชื้อ เก็บไว้ทำ negative control หลังจากฉีดเชื้อเสร็จแล้วเก็บไว้ที่ตู้เก็บเกล็ดเลือด ประมาณ 30 นาที จึงแบ่งเกล็ดเลือด 3 ml ใส่ชุดตรวจ Pall eBDS อ่านผล 24 ชั่วโมงหลังจากเก็บที่ตู้เก็บเกล็ดเลือด ส่วนถุงเกล็ดเลือดนั้นให้ตัดสายปล้องถุงเลือดเพื่อเพาะเชื้อด้วย blood agar พร้อมทั้งวัดค่า pH ด้วย pH meter และ Urine dipstick ทุกวัน จนกว่าจะได้ผลบวกหรือจนกว่า เกล็ดเลือดจะหมดอายุ จากผลการศึกษาพบว่า ชุดตรวจ Pall eBDS ให้ผลบวกกับเกล็ดเลือดที่ฉีดเชื้อทั้ง 75 ถุง และให้ผลลบกับเกล็ดเลือดที่ไม่ได้ฉีดเชื้อทั้ง 15 ถุง (negative control) ในขณะที่ pH meter และ urine dip strip ให้ผลบวกหลังฉีดเชื้อ 72 ชั่วโมง ทั้ง 75 ถุง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ชุดตรวจ Pall eBDS มี sensitivity และ specificity 100% ต่อเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* ในกรณีนี้ที่เชื้อปนเปื้อน 60 CFU/ml ขึ้นไป ในขณะที่ pH meter และ urine dipstick สามารถตรวจพบเชื้อได้เมื่อเชื้อมีปริมาณมากกว่า 1×10^{10} CFU/ml (*Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*)

คำสำคัญ: เกล็ดเลือด แบคทีเรีย

Abstract

The objective of this study was to evaluate the sensitivity and specificity of the Pall eBDS kit, pH meter, and urine dip strip. This study divided 1 bag of Leukocyte poor Platelet Concentrates (LPPC) into 6 small bags (55 ml/small bag). We used 15 bags of LPPC, which was divided into six small bags so that we had 90 small sample bags. The preselected five standard bacteria were *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus epidermidis* (ATCC 49134), *Staphylococcus aureus* (ATCC 27217), *Bacillus cereus* (ATCC 7064), and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). Each type of standard bacterial was injected into the 15 small bags. There was also an additional 15 small bags with no bacteria for the

negative control group. The concentration of standard bacterial that we used was 60 CFU/ml. After the inoculate incubated in the platelet incubator for 30 minutes it was then divided into 3 ml segments for the Pall eBDS test. It was then incubated in a platelet incubator for 24 hours before testing. As for the LPPC bag, we cut the bag segment for the plate blood agar smear and, pH measurements using a space pH meter and urine dip strip everyday until it gave positive results or until the expiration date. The Pall eBDS kit gave positive results in every inoculate sample (75 bags). It also gave negative results for the negative controls (15 bags). The pH meter and urine dip strip gave positive results for every inoculate sample (75 bags) after 72 hours of incubation. The Pall eBDS kit has 100% sensitivity and specificity for *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Pseudomonas aeruginosa* for LPPC is contaminated with a bacteria content of 60 CFU/ml or more. The pH meter and urine dip strip can detect contamination when the bacterial concentrate is more than 1×10^{10} CFU/ml of (*Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Pseudomonas aeruginosa*).

Keywords: LPPC, Bacterial Contamination, PALL EBDS, Urine dip strip, Platelet concentrate

บทนำ

แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในส่วนประกอบเลือดเป็นปัญหาที่สำคัญในการให้เลือดผู้ป่วย ซึ่งปัญหานี้มีมากกว่า 60 ปีแล้ว แต่ 30 ปี ที่ผ่านมา เราให้ความสำคัญกับ virus transmission จากการให้ส่วนประกอบเลือดมากกว่า แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ศูนย์บริการโลหิตทั่วโลกพบว่าปัญหาที่สำคัญในการให้เลือดไม่ใช่เชื้อไวรัสแต่แท้ที่จริงแล้วคือเชื้อแบคทีเรีย อัตราการติดเชื้อแบคทีเรียในส่วนประกอบเลือด 14 % พบในส่วนประกอบเลือดที่เป็นเม็ดเลือดแดง ในขณะที่ 86% พบในเกล็ดเลือด และเมื่อเปรียบเทียบกับ การติดเชื้อไวรัสพบว่า อัตราการติดเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือด เท่ากับ 1 ใน 2000 ถึง 1 ใน 500 unit ในขณะที่อัตราการติดเชื้อ HIV และ HCV เท่ากับ 1 ใน 12 ล้าน unit ส่วน HBV เท่ากับ 1 ใน 5 ล้าน unit [1-2]

จากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้ศูนย์บริการโลหิตทั่วโลกให้ความสนใจกับการตรวจแบคทีเรียในเกล็ดเลือดก่อนให้คนไข้ อาทิเช่น สหรัฐอเมริกา สวีเดน เดนมาร์ก ฯลฯ แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มี การเก็บข้อมูลผู้ป่วยที่ติดเชื้อแบคทีเรียจากการรับเลือด และยังไม่มีข้อมูลการตรวจแบคทีเรียในเกล็ดเลือดก่อนให้คนไข้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาค่า sensitivity และ specificity ของชุดตรวจ Pall eBDS, pH meter และ urine dipstick เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของการตรวจแบคทีเรียในเกล็ดเลือดที่เหมาะสมกับงาน routine มากที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้เลือดจากผู้ป่วยบริจาคโลหิตที่ปั่นแยกเอาส่วนของ buffy coat แล้วนำมารวมกันเพื่อปั่นแยกเอาเฉพาะเกล็ดเลือด (platelet) จะได้เป็น Leukocyte poor platelet concentrate (LPPC) เลือกใช้เฉพาะที่ปริมาตร ไม่น้อยกว่า 340 มิลลิลิตร และตรวจไม่พบเชื้อ HBV, HCV, HIV, syphilis โดยใช้ LPPC ทั้งหมด 15 ถุง โดยแต่ละถุง ให้นำมาแบ่งใส่ถุงเก็บเกล็ดเลือด 6 ถุง ถุงละ 50 ซีซี 5 ถุง ให้ฉีดเชื้อแบคทีเรียถุงละ 1 เชื้อ ส่วน 1 ถุง ที่เหลือให้เก็บไว้เป็น negative control

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นเชื้อมาตรฐาน 5 เชื้อ ได้แก่ *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus epidermidis* (ATCC 49134), *Staphylococcus aureus* (ATCC 27217), *Bacillus cereus* (ATCC 7064),

Pseudomonas aeruginosa (ATCC 27853) โดยฉีดเชื้อแบคทีเรียเข้าไปในถุงให้ได้ความเข้มข้น 60 CFU/ml โดยเชื้อแต่ละชนิดให้ฉีดเข้าถุงเกล็ดเลือดเชื้อละ 15 ถุง ที่เหลือ 15 ถุง ไม่ต้องฉีดเชื้อ เก็บไว้เป็น negative control

นำเกล็ดเลือดที่ฉีดและไม่ฉีดเชื้อ เก็บไว้ที่เครื่องเก็บเกล็ดเลือด หลังจากนั้น 30 นาที ตัดสายปล้องถุงเลือด เพื่อนำไปวัดค่า pH ด้วย urine dip strip และเครื่อง pH meter พร้อมทั้งเพาะเชื้อลง plate เพื่อนับปริมาณเชื้อ แบ่งเกล็ดเลือด 3 ml ใส่ชุดตรวจ Pall eBDS ด้วยเครื่องเชื่อมสายถุงเลือดระบบปิด แล้วนำไปเก็บไว้ที่ตู้เก็บเกล็ดเลือด ทั้งชุดตรวจ Pall eBDS และ ถุงเก็บเกล็ดเลือด เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำไปอ่านผล และตัดสายปล้องถุงเกล็ดเลือด เพื่อนำไปวัดค่า pH ด้วย urine dip strip และเครื่อง pH meter พร้อมทั้งเพาะเชื้อลง plate เพื่อนับปริมาณเชื้อ ทำเช่นนี้ทุกวันจนกว่าเกล็ดเลือดจะหมดอายุ แต่สำหรับชุดตรวจ Pall eBDS วัดครั้งเดียวคือหลังฉีดเชื้อ 24 ชั่วโมง เท่านั้น

ชุดตรวจ Pall eBDS อ่านผลด้วยการวัดปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในชุดตรวจ โดยการใช้เครื่อง Pall eBDS oxygen analyzer ซึ่งค่าที่วัดออกมาจะบอกเป็น %O₂ ถ้า %O₂ ที่วัดได้น้อยกว่า 9.4% อ่านผลเป็น positive หมายถึงตรวจพบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น ถ้าค่าที่วัดได้มากกว่า 9.4% อ่านผล เป็น negative หมายถึงตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น

urine dip strip อ่านผลด้วยเครื่องอ่าน โดยการหยด เกล็ดเลือดลงบน urine dip strip จากนั้น นำไปอ่านด้วยเครื่องอ่าน โดยแปลผล ดังนี้ ถ้า pH น้อยกว่า 7.0 อ่านผล เป็น positive หมายถึงตรวจพบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น ถ้า pH มากกว่า หรือ เท่ากับ 7.0 อ่านผล เป็น negative หมายถึงตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น

การอ่าน pH ด้วยเครื่อง pH meter ถ้า pH น้อยกว่า 7.0 อ่านผล เป็น positive หมายถึงตรวจพบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น ถ้า pH มากกว่า หรือ เท่ากับ 7.0 อ่านผล เป็น negative หมายถึงตรวจไม่พบเชื้อแบคทีเรียในเกล็ดเลือดถุงนั้น

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการตรวจแบคทีเรียใน LPPC โดยชุดตรวจ Pall eBDS ที่ 24 ชั่วโมงหลังฉีดเชื้อ

Sample inoculated with	Sample Positive (PalleBDS/total) [*]
<i>S. aureus</i>	15/15
<i>S. epidermidis</i>	15/15
<i>B. cereus</i>	15/15
<i>E. coli</i>	15/15
<i>P. aeruginosa</i>	15/15
negative control	0/15

^{*}Cut off for Pall eBDS, % O₂< 9.4% were positive

ตารางที่ 2 ผลการตรวจแบคทีเรีย ใน LPPC โดย pH meter และ Urine dip strip

Sample inoculated with	0 hour		
	Colony count (CFU/ml)	Positive by /total	
		pH meter measurement*	Urine dip strip*
<i>S. aureus</i>	50-70	0/15	0/15
<i>S. epidermidis</i>	50-70	0/15	0/15
<i>B. cereus</i>	50-70	0/15	0/15
<i>E. coli</i>	50-70	0/15	0/15
<i>P. aeruginosa</i>	50-70	0/15	0/15
negative control	0	0/15	0/15

Sample inoculated with	24 hours		
	Colony count (CFU/ml)	Positive by /total	
		pH meter measurement*	Urine dip strip*
<i>S. aureus</i>	$1-7 \times 10^5$	1/15	0/15
<i>S. epidermidis</i>	$2-8 \times 10^5$	0/15	0/15
<i>B. cereus</i>	$2-6 \times 10^8$	0/15	0/15
<i>E. coli</i>	$1-4 \times 10^8$	0/15	0/15
<i>P. aeruginosa</i>	$2-8 \times 10^9$	0/15	0/15
negative control	0	0/15	0/15

Sample inoculated with	48 hours		
	Colony count (CFU/ml)	Positive by /total	
		pH meter measurement*	Urine dip strip*
<i>S. aureus</i>	$1 \times 10^6 - 1 \times 10^7$	15/15	14/15
<i>S. epidermidis</i>	$1-5 \times 10^7$	15/15	12/15
<i>B. cereus</i>	$4-7 \times 10^{10}$	14/15	13/15
<i>E. coli</i>	$2-7 \times 10^{10}$	15/15	13/15
<i>P. aeruginosa</i>	$1-4 \times 10^{12}$	15/15	15/15
neagative control	0	0/15	0/15

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Sample inoculated with	72 hours		
	Colony count (CFU/ml)	Positive by /total	
		pH meter measurement*	Urine dip strip*
<i>S. aureus</i>	$>1-5 \times 10^{10}$	15/15	15/15
<i>S. epidermidis</i>	$1-7 \times 10^{10}$	15/15	15/15
<i>B. cereus</i>	$1-5 \times 10^{12}$	15/15	15/15
<i>E. coli</i>	$6 \times 10^{11} - 5 \times 10^{12}$	15/15	15/15
<i>P. aeruginosa</i>	$1-7 \times 10^{13}$	15/15	15/15
negative control	0	3/15	0/15

* Cut off for pH meter and Urine dip strip, pH < 7.0 are positive.

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบ sensitivity และ specificity ระหว่าง ชุดตรวจ Pall eBDS, pH meter และ Urine dipstick

Bacteria	Pall eBDS		pH meter					
			pH 24 hour		pH 48 hour		pH 72 hour	
	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
<i>S. aureus</i>	100	100	6.66	100	100	100	100	80
<i>S. epidermidis</i>	100	100	0	0	100	100	100	80
<i>B. cereus</i>	100	100	0	0	93.33	100	100	80
<i>E. coli</i>	100	100	0	0	100	100	100	80
<i>P. aeruginosa</i>	100	100	0	0	100	100	100	80

Bacteria	Pall eBDS		Urine dip strip					
			pH 24 hours		pH 48 hours		pH 72 hours	
	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
<i>S. aureus</i>	100	100	0	0	93.33	100	100	100
<i>S. epidermidis</i>	100	100	0	0	80	100	100	100
<i>B. cereus</i>	100	100	0	0	86.66	100	100	100
<i>E. coli</i>	100	100	0	0	86.66	100	100	100
<i>P. aeruginosa</i>	100	100	0	0	100	100	100	100

สรุปและอภิปรายผล

เนื่องจากเกล็ดเลือดเป็นส่วนประกอบโลหิตที่พบว่าเกิดแบคทีเรีย contaminate จากการให้เลือดและทำให้ผู้ป่วยเกิดอันตรายจากการรับเกล็ดเลือด ดังนั้นจึงทำให้มีการหาวิธีการที่จะสามารถตรวจพบแบคทีเรียในเกล็ดเลือดให้ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการ culture, chemiluminescence linked universal bacterialy ribosomal RNA gene probe เป็นต้น [3-7] ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการทดสอบหาความไว และความจำเพาะของ ชุดตรวจ Pall eBDS การวัดค่า pH ด้วย pH meter และ urine dip strip ชุดตรวจ Pall eBDS สามารถตรวจพบเชื้อ *E. coli* 70 CFU/ml *S. aureus* 46 CFU/ml ที่ปนเปื้อนในเกล็ดเลือดได้ (ที่ time 0 หลัง inoculate เชื้อ) Samantha Easley [8] สำหรับการศึกษาด้วยชุดตรวจ Pall eBDS ในการทดลองนี้พบว่า สามารถตรวจพบเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. cereus*, *E. coli*, ทุก sample คิดเป็นค่าความไว 100% ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vincenzo Savini [9] ซึ่ง inoculate เชื้อ 1-10 CFU/ml incubate ที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง และ Stein Holme [10] inoculate เชื้อ 1-15 CFU/ml incubate ที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงเช่นกัน แต่สำหรับ *P. aeruginosa* นั้น Vincenzo Savini [9] ตรวจพบเชื้อ 8 ราย จาก sample 10 ราย (80%) และ Stein Holme [10] ตรวจพบเชื้อ 8 ราย จาก sample 11 ราย (73%) ในขณะที่การศึกษานี้ตรวจพบเชื้อ *P. aeruginosa* ทั้ง 15 sample ซึ่ง อาจจะเนื่องมาจาก จำนวนเชื้อที่ inoculate คือ 60 CFU/ml จึงทำให้การศึกษานี้ตรวจพบ *P. aeruginosa* เป็น 100%

สำหรับการศึกษาวัดค่า pH ด้วย pH meter นั้นจากการศึกษาของ Samantha Easley [8] พบว่า เชื้อ *E. coli* 4×10^8 CFU/ml จะให้ผล positive ส่วน เชื้อ *S. aureus* ปริมาณเชื้อ 1.2×10^7 CFU/ml จะให้ผล positive ซึ่งพบว่า positive หลังจาก inoculate เชื้อ 48 ชั่วโมง ในขณะที่การศึกษานี้พบว่า *S. aureus* ปริมาณเชื้อ $1 \times 10^6 - 1 \times 10^7$ CFU/ml จะให้ผล positive, *S. epidermidis* ปริมาณเชื้อ $1 - 5 \times 10^7$ CFU/ml จะให้ผล positive, *B. cereus* ปริมาณเชื้อ $4 - 7 \times 10^{10}$ CFU/ml จะให้ผล positive, *E. coli* ปริมาณเชื้อ $2 - 7 \times 10^{10}$ CFU/ml จะให้ผล positive, *P. aeruginosa* ปริมาณเชื้อ $1 - 4 \times 10^{12}$ CFU/ml ซึ่ง positive หลัง inoculate เชื้อ 2 วัน

การวัดค่า pH ด้วย urine dip strip นั้น Burstain JM [11] พบว่า เชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *B. cereus* จะให้ผล positive เมื่อ ปริมาณเชื้อ 1×10^7 CFU/ml ซึ่งให้ผลสอดคล้อง Wagner ST [12] พบว่า *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. cereus* และ *E. coli* จะให้ผล positive เมื่อ ปริมาณเชื้อ $10^7 - 10^8$ CFU/ml ในขณะที่การศึกษานี้พบว่า การที่ urine dip strip จะให้ผล positive ทุก sample ต้องหลังจาก inoculate เชื้อ 3 วัน และ ปริมาณเชื้อที่นับได้คือ $10^6 - 10^{13}$ CFU/ml มากน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของการเจริญเติบโตของเชื้อแต่ละชนิด

นอกจากนี้แล้วไม่ว่าจะวัดค่า pH ด้วย pH meter หรือ urine dip strip ก็อาจมี false positive ได้ เนื่องจากเกล็ดเลือดเมื่ออายุมากขึ้น pH จะต่ำลง [13] นอกจากนี้แล้วปริมาณของ WBC และเกล็ดเลือดที่สูงก็จะทำให้ค่า pH ต่ำลงได้เช่นกัน [14] อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้เกล็ดเลือดที่มีอายุตั้งแต่ 2 วัน ขึ้นไปเพราะต้องรอผลตรวจ โรคติดเชื้อต่างๆ ก่อน ถ้าให้ผล negative จึงจะนำเลือดนั้นมาใช้ เพราะฉะนั้นการศึกษาดังกล่าวนี้ก็ไม่ครอบคลุมถึงกรณีที่ใช้เกล็ดเลือดที่อายุน้อยกว่า 2 วัน

สรุป

Pall eBDS เป็นวิธีการตรวจที่มีความไวและความจำเพาะสูง ซึ่งสามารถตรวจพบเชื้อได้ในปริมาณต่ำ แต่เนื่องจากราคาชุดตรวจที่ค่อนข้างแพงจึงไม่เหมาะกับงาน routine แต่แนะนำสำหรับการตรวจใน Apheresis ซึ่งมีความคุ้มค่ามากกว่า ในส่วนของ pH meter และ urine dip strip นั้นจะตรวจพบเชื้อแบคทีเรียก็ต่อเมื่อปริมาณเชื้อค่อนข้างมาก (ตั้งแต่ 1×10^6) ซึ่งพบว่า จะตรวจพบเชื้อทั้งหมดหลังจากเชื้อปนเปื้อน 3 วัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าตรวจพบเชื้อค่อนข้างช้าหรือมีความไวน้อย แต่ pH meter และ urine dip strip ก็ใช้ง่ายและราคาไม่แพง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lee, C.K.; et al. (2002). Impact of donor arm skin disinfection on the bacterial contamination rate of platelet concentrates. *Vox Sanguinis*. 83: 204-208.
- [2] Roth, W.K.; & Weber, M. (2002). Yield of HCV and HIV-1 NAT after screening of 3.6 million blood donations in central Europe. *Transfusion*. 42: 862-868
- [3] Brecher, M.E.; et al. (1994). Platelet bacterial contamination and the use of a chemiluminescence-linked universal bacterial ribosomal RNA gene probe. *Transfusion*. 34: 750-755.
- [4] Steven, H.K.; Hany, T.K.; & Dennis, R.H. (2006). Two-year experience with aerobic culturing of apheresis and whole blood-derived platelets. *Transfusion*. 46: 1787-1793.
- [5] Liu, H.W.; et al. (1999). Reduction of platelet transfusion-associated sepsis by short-time bacteria culture. *Vox Sanguinis*. 77: 1-5
- [6] Van der Meer, P.F.; et al. (2002). Bacterial screening of platelet concentrates in routine. *Vox Sanguinis*. 83(Suppl. 2): 44
- [7] Brecher, M.E.; Boothe, G.; & Kerr, A. (1993). The use of a chemiluminescence-linked universal bacterial ribosomal RNA gene probe and blood gas analysis for the rapid detection of bacterial contamination in white cell-reduced and nonreduced platelets. *Transfusion*. 33: 450-457.
- [8] Samantha, E.; et al. (n.d.). Development of proficiency testing for detection of bacterial contamination of platelet products. *Transfusion*. 47: 251-255
- [9] Vincenzo, S.; Andrea, B.; & Raffaella, G. (2009). Comparison between the BACTEC 9240 and the Pall eBDS system for detection of bacterial platelet concentrate contamination. *Transfusion*. 49: 1217-1223.
- [10] Stein, H.; Morven, B.M.; & Girolamo, A. (2005). Enhancement of a culture-based bacteria detection system (eBDS) for platelet product based on of oxygen consumption. *Transfusion*. 45: 984-994.
- [11] Burstain, J.M.; et al. (1997). Rapid identification of bacterially contaminated platelets using reagent strips: glucose and pH analysis as markers of bacterial metabolism. *Transfusion*. 37: 255-258.

- [12] Wagner, S.J.; & Robinette, D. (1996). Evaluation of swirling, pH, and glucose tests for the detection of bacterial contamination in platelet concentrates. *Transfusion*. 36: 989-993.
- [13] Ruangrong, C.; et al. (2003). The Study of the Quality of stored Platelet Concentrates. *Thai Journal of Hematology and Transfusion Medicine*. 13: 291-304
- [14] Mark, H.Y.; & Darrell, J.T. (2005). Use of a pH meter for bacterial screening of whole blood platelets. *Transfusion*. 45: 1144-1137.

SWU6-1042: คุณลักษณะการเรืองแสงของทับทิมและสปิเนลสีแดงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยลำไอออน

IONOLUMINESCENCE CHARACTERISTICS OF RUBIES AND RED SPINELS

อัมพร จันท์คำมา¹, เสวต อินทศิริ^{2,4}, ดวงแข บุตรกุล^{3,4}, อุดมรัตน์ ทิพวรรณ^{1,4}, สมสร สิงขรัตน์^{1,4}

Umporn Juncomma¹, Saweat Intarasiri^{2,4}, Duangkhae Bootkul^{3,4}, Udomrut Tippawan^{1,4}, Somsorn Singkarat^{1,4}

¹ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹Plasma and Beam Physics Research Facility, Department of Physics and Materials Science, Faculty of Science, Chiang Mai University, Thailand.

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Thailand.

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

⁴ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

⁴Thailand Center of Excellence in Physics, Thailand.

Corresponding author, E-mail: Space_Physics@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์อัญมณีนั้นมีมากมาย แต่หนึ่งในเทคนิคที่เริ่มเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นในประเทศไทยคือ เทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายด้วยลำไอออน ซึ่งเป็นเทคนิคการตรวจวัดองค์ประกอบพื้นฐานที่ถูกปลดปล่อยจากโครงสร้างของวัสดุ จากการกระตุ้นด้วยลำอนุภาคกระสุนพลังงานเรื่อนล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ที่ถูกสร้างขึ้นภายในเครื่องเร่งอนุภาคแทนเดม ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีเพียงเครื่องเดียวในประเทศไทย เนื่องจากด้วยความหลากหลายของเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยลำอนุภาค ที่มีในเครื่องเร่งอนุภาคเครื่องนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิค Particle Induced X-ray Emission (PIXE) ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณธาตุเจือในวัสดุ และเทคนิค Ionoluminescence (IL) ที่ใช้ตรวจสอบการเรืองแสงของวัสดุ สามารถนำมาอธิบายเชื่อมโยงกันได้ด้วยหลักการทางฟิสิกส์เคมี จึงทำให้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์อัญมณีได้เป็นอย่างดี คณะผู้วิจัยจึงเลือกนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ทับทิมและสปิเนลสีแดง ซึ่งเป็นพลอยที่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันมาก ทำให้เกิดการเข้าใจผิดได้ง่าย และที่สำคัญคือ ถือเป็นครั้งแรกที่ได้มีการวิเคราะห์พลอยสปิเนลด้วยเทคนิคลำไอออน ผลที่ได้จากการทดลองจากพลอยทั้ง 2 ชนิด ได้นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อดูความเหมือนและความแตกต่าง เพื่อให้เป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในการแยกแยะทับทิมและสปิเนลสีแดง นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอวิธีคำนวณค่าพลังงานทรานซิชั่นของอิเล็กตรอน ในกรณีที่มี Cr^{3+} แทนที่ Al^{3+} ในโครงสร้าง Al_2O_3 ของทั้งทับทิมและสปิเนลสีแดงอีกด้วย

คำสำคัญ: ทับทิม สปิเนล ธาตุเจือ เทคนิค IL เทคนิค PIXE พลังงานทรานซิชั่น

Abstract

At present, there are several techniques applying for characterization and identification of gemstones. Ion beam analysis (IBA) technique, as a non-destructive character, is just immersed and utilized in Thailand. Ion beam analysis (IBA) is a set of powerful techniques for the compositional analysis of any material, based on the emission of characteristic radiation, which is induced by accelerated particles, which bombard the material to be analysed. At least, there are 2 techniques suitable for gemological analysis; i.e. Particle Induced X-rays Emission (PIXE) and Ionoluminescence (IL). PIXE is based on the returning of ionized or excited atom, generated by ion bombardment, to its ground state, accompanying by the emission of one or more photons/x-rays. It is effective and relatively simple analytical technique that can be used to identify and quantify trace elements. IL is the production of light (UV, visible or IR) induced by the ion beam. It is potentially a highly sensitive method for measuring optically active impurities and defects in samples. Both techniques were applied for investigation the coloration mechanism and luminescence characteristics of rubies and red spinels. As known rubies and red spinels resemble each other at first glance and they can be enticed for un-experience customers. We, therefore, will set up the standard for identify them by using, a non-destructive, ion beam analysis techniques. We will also try to estimate the electronic transition energy of Cr^{3+} in Al_2O_3 matrix in both rubies and spinels.

Keywords: Rubies, Spinel, Trace elements, Ionoluminescence (IL), Particle Induced X-ray Emission (PIXE), Transitions energy

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า ทับทิมเป็นอัญมณีที่มีค่าและเป็นที่ยอมรับสูงสุดในกลุ่มอัญมณีที่ไม่ใช่เพชร แต่สปิเนลเป็นพลอยที่เพิ่งเริ่มรู้จักกันเมื่อไม่นานมานี้เอง ซึ่งคนรุ่นก่อนมักมีความเข้าใจผิดคิดว่าสปิเนลสีแดงเป็นทับทิม เพราะมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกันมาก โดยสปิเนลถือเป็นพลอยประวัติศาสตร์ก็ได้ เพราะได้ใช้ประดับมงกุฎของกษัตริย์อังกฤษ (Crown Jewel of England) ที่รู้จักกันดีในชื่อ “Timur Ruby” แต่เมื่อความรู้ทางด้านอัญมณีศาสตร์เข้ามา กลับพบว่าแท้จริงแล้วสปิเนลไม่ได้เป็นทับทิมอย่างที่คิด แต่เป็นพลอยเนื้ออ่อนที่มีอันดับความแข็งต่ำกว่าทับทิมอยู่หนึ่งอันดับโมห์สเกล สปิเนลมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่คล้ายกับทับทิมมาก โดยเฉพาะสีแดงซึ่งมีราคาถูกกว่าทับทิมที่หายากและเป็นที่ยอมรับมากกว่า ดังนั้นการศึกษสมบัติในระดับจุลภาคของทับทิมและสปิเนลเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการแยกทับทิมและสปิเนล รวมถึงการนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของสปิเนลให้อัญมณีเทียบเคียงทับทิม จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยลำไอออน ประกอบด้วย เทคนิค PIXE และเทคนิค IL มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทับทิมและสปิเนลสีแดง โดยจะขอกล่าวถึงเทคนิคทั้งสองอย่างคร่าวๆ ดังนี้

- เทคนิค PIXE เป็นเทคนิคการตรวจวัดองค์ประกอบพื้นฐาน ที่ถูกปลดปล่อยจากโครงสร้างของวัสดุ จากการกระตุ้นด้วยลำอนุภาคที่มีพลังงานเรอินล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ในปัจจุบันได้กลายเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์มาตรฐานไปแล้ว ซึ่งมีการประยุกต์ใช้งานกันมากมายหลายวงการ และด้วยความที่มีลักษณะเด่นเหนือเทคนิคอื่นคือ สามารถวิเคราะห์ธาตุได้หลายธาตุในคราวเดียวกัน ไม่ทำลายวัสดุตัวอย่าง (non - destructive testing) [1] และสามารถวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยๆ ในระดับหนึ่งในล้านส่วน (ppm) ของธาตุทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างได้ ในกรณีของพลอย เทคนิคนี้สามารถนำมาอธิบายลักษณะการเกิดสีในพลอยที่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุองค์ประกอบใน

พลอยได้ นอกจากนั้นเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของธาตุองค์ประกอบในพลอย ยังสามารถนำไปใช้อ้างอิงแหล่งที่มาของพลอยได้ด้วย

- เทคนิค IL เป็นเทคนิคที่ใช้ในศึกษาสมบัติการเรืองแสงของวัสดุตัวอย่างในระดับโมเลกุล โดยตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ จะถูกกระตุ้นให้เรืองแสงในย่านแสงที่ตามองเห็น (Visible Light) ด้วยอนุภาคโปรตอนพลังงานสูงในเรื่อนล่านอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งการเรืองแสงนี้เป็นแบบ Fluorescence เทคนิค IL สามารถใช้ศึกษาคุณลักษณะการเรืองแสงของพลอยแต่ละชนิด ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์พลอยด้วยเทคนิค PIXE ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณของธาตุโลหะทรานซิชัน โดยเฉพาะธาตุโครเมียมที่เป็นธาตุมลทินที่ให้สีแดงในทับทิมและสปิเนลสีแดง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติในระดับจุลภาคที่สอดคล้องกับคุณสมบัติเชิงมหภาคของทับทิมและสปิเนล
2. เพื่อตั้งมาตรฐานในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างทับทิมกับสปิเนลสีแดง ด้วยเทคนิคลำไอออน
3. เพื่อคำนวณพลังงานอิเล็กตรอนิกส์ทรานซิชันของโครเมียมในทับทิมและสปิเนลสีแดง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เป็นทับทิมจำนวน 5 เม็ด และสปิเนลสีแดงจำนวน 6 เม็ด ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงทับทิมตัวอย่าง M1, T1, Rs1, Rs2 และ Rs3 โดยมีน้ำหนักระหว่าง 0.866-7.961 กะรัต และสปิเนลตัวอย่าง Sp1, Sp2, Sp3, Sp4, Sm2 และ Sm3 โดยมีน้ำหนักระหว่าง 0.990-1.610 กะรัต

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือหลักที่ใช้เป็นระบบการวิเคราะห์วัสดุด้วยลำอนุภาค ที่ประกอบด้วยเทคนิค PIXE และ IL ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องเร่งอนุภาคแบบแท่นเดิม ของภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในกรณีของเทคนิค PIXE หัววัดแบบ Si(Li) จะนำมาใช้วัดสเปกตรัมของเอกซ์เรย์ ที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยโปรตอนพลังงาน 2.0 MeV ซึ่งหัววัดนี้จะถูกวางไว้ตำแหน่งที่ห่างออกมาจากผิวหน้าของพลอยประมาณ 87 มิลลิเมตร ทำมุม 120 องศา กับแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคโปรตอน สเปกตรัมของเอกซ์เรย์ที่ได้จากหัววัดจะถูกส่งผ่านโดย Multi-channel analyzer card ซึ่งต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ส่วนเทคนิค IL สเปกตรัมของ

แสงที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยโปรตอนพลังงาน 1.4 MeV จะถูกส่งผ่านโดยเส้นใยนำแสง เข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แล้วบันทึกด้วยโปรแกรม OOIBase 32 ของบริษัท Ocean Optics Inc. [2]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในกรณีของ PIXE สเปกตรัมที่ได้ จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วย โปรแกรม GUPIXWIN [3] ส่วนเทคนิค IL สเปกตรัมของแสง จะนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงกราฟิก

ผลการวิจัย

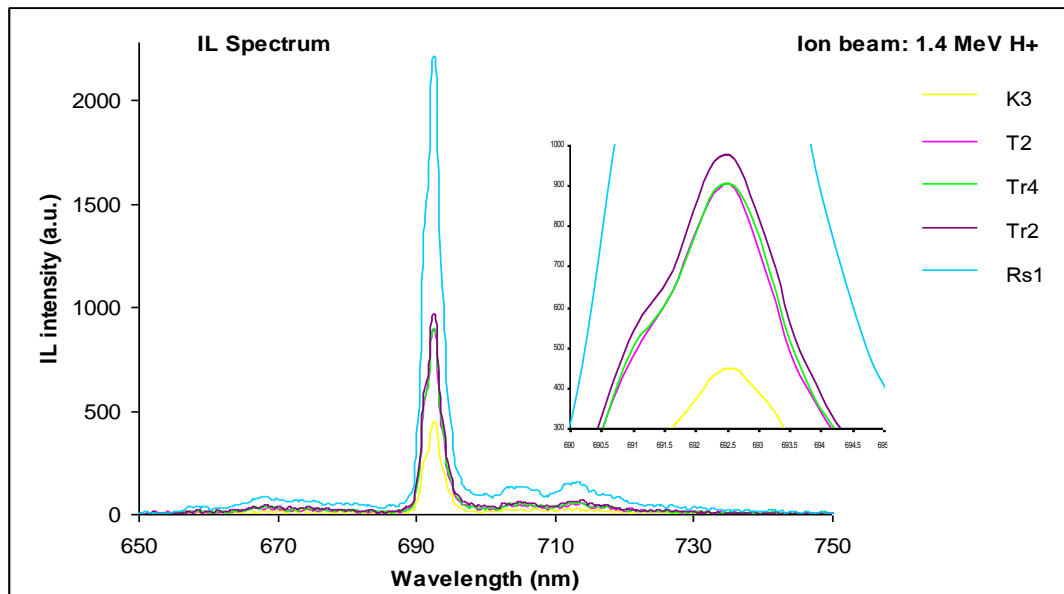
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบในรูปสารประกอบออกไซด์ ที่พบจากตัวอย่างทั้งหมด จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PIXE ส่วนภาพที่ 2 และ 3 แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิมและสปิเนลที่แสดงจากการกระตุ้นด้วยลำไอออนพลังงานสูงตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพที่ 2 และ 3 จะเห็นว่า ความเข้มของการเรืองแสงของพลอยแต่ละเม็ดมีความแตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับปริมาณของธาตุโครเมียมและธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นโลหะทรานซิชัน ที่เข้าไปแทนที่ในบางตำแหน่งในโครงสร้างของทับทิมและสปิเนล ทำให้ผลึกของทับทิมและสปิเนลที่ปกติแล้วจะไม่มีสี แต่เมื่อมีโลหะทรานซิชันเหล่านี้เจืออยู่ในปริมาณเพียงเล็กน้อย จะทำให้ผลึกมีสีต่างๆ ตามปริมาณโลหะทรานซิชันแต่ละชนิด โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของธาตุองค์ประกอบในรูปสารประกอบออกไซด์ (% WT unit) ที่พบจากตัวอย่างทับทิมและสปิเนลจากแหล่งต่างๆ

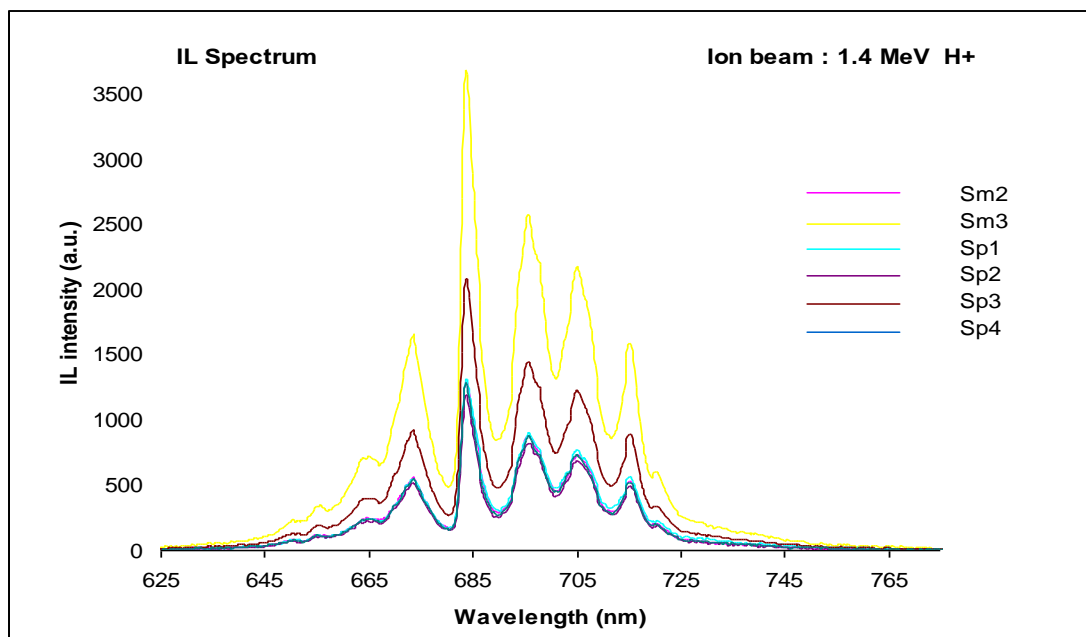
Samples	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	ZnO	Ga ₂ O ₃
1. Rubies								
K3 (Mogok, Myanmar)	0.00	82.26	0.30	0.00	0.25	0.71	0.00	0.03
T2 (Thai)	0.00	97.87	0.02	0.00	0.25	0.54	0.00	0.00
RS1 (Mozambique)	0.00	97.01	0.01	0.00	0.73	0.27	0.00	0.01
Tr2 (Tanzania)	0.00	96.98	0.01	0.00	0.64	0.11	0.00	0.00
Tr4 (Tanzania)	0.00	97.55	0.01	0.00	0.39	0.22	0.00	0.00
2. Spinel								
Sm2 (Myanmar)	18.11	76.75	0.03	0.26	0.30	0.34	0.08	0.02
Sm3 (Myanmar)	17.95	77.04	0.02	0.23	0.30	0.16	0.63	0.02
SP1 (Tanzania)	16.04	74.44	0.12	0.12	0.26	0.28	0.45	0.03
SP2 (Tanzania)	16.57	79.84	0.02	0.29	0.24	0.37	0.98	0.05
SP3 (Tanzania)	17.01	77.49	0.04	0.46	0.85	0.45	1.01	0.06
SP4 (Tanzania)	12.56	57.91	0.04	0.13	0.55	0.41	0.19	0.04

เมื่อพิจารณาการเรืองแสงของทับทิม ดังแสดงในภาพที่ 2 จะเห็นว่า ความเข้มของการเรืองแสงสามารถเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยสุด ได้ดังนี้ Rs1, Tr2, Tr4, T2 และ K3 ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดลองโดยเทคนิค PIXE ดังตารางที่ 1 ดังนี้คือ ความเข้มของการเรืองแสงจะแปรผันตรงกับปริมาณของธาตุโครเมียม ซึ่งให้สีแดงในผลึกคอรันดัม โดยตัวอย่าง Rs1, Tr2, Tr4, T2 และ K3 มีปริมาณของธาตุโครเมียมในสารประกอบออกไซด์ในหน่วยร้อยละเรียงตามลำดับ ดังนี้ 0.73, 0.64, 0.39, 0.25 และ 0.25 นอกจากความเข้มของการเรืองแสงจะ

ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุโครเมียมแล้วยังขึ้นอยู่กับอีกปัจจัยหนึ่งคือ ปริมาณของธาตุเหล็ก กล่าวคือความเข้มของการเรืองแสงจะแปรผกผันกับปริมาณของธาตุเหล็ก สังเกตได้จากทับทิมตัวอย่าง T2 และ K3 ถึงแม้ว่าทับทิมตัวอย่างทั้งสองจะมีปริมาณธาตุโครเมียมในปริมาณเท่ากัน แต่ปริมาณของธาตุเหล็กไม่เท่ากัน โดยทับทิมตัวอย่าง K3 มีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าทับทิมตัวอย่าง T2 ดังนั้น ทับทิมตัวอย่าง K3 จึงมีความเข้มของการเรืองแสงที่ต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด



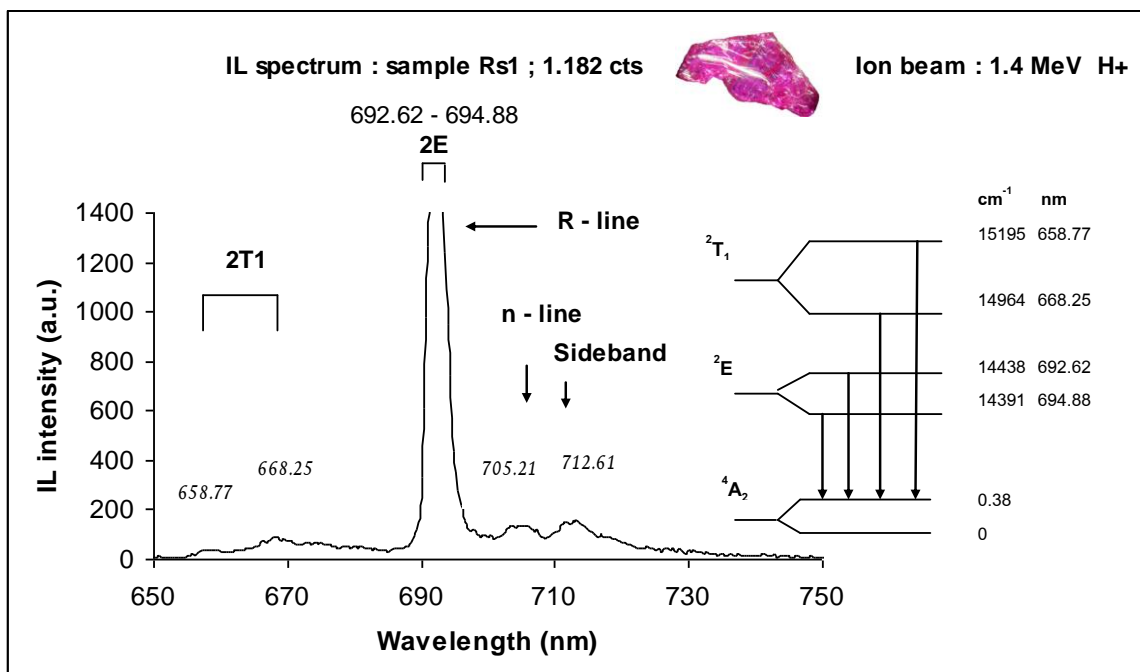
ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิมตัวอย่าง โดยใช้เวลาในการรับแสง 300 ms



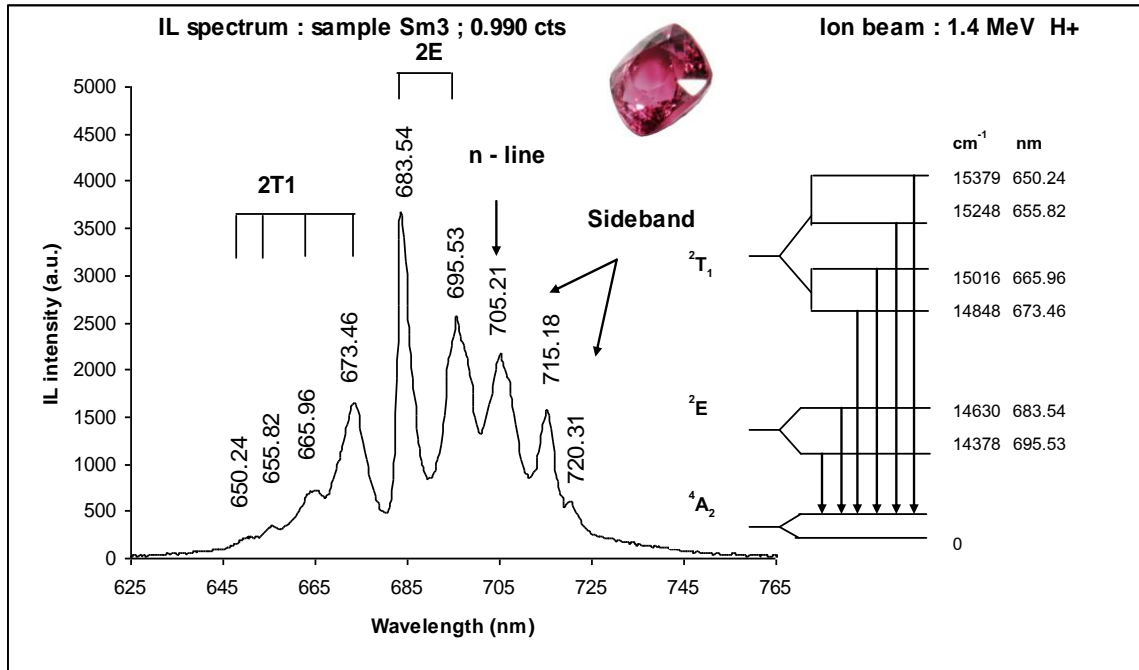
ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมการเรืองแสงของสปinelตัวอย่าง โดยใช้เวลาในการรับแสง 300 ms

ในส่วนของการเรืองแสงของสปีเนลสีแดง ดังแสดงในภาพที่ 3 แม้ว่าสเปกตรัมการเรืองแสงของสปีเนลจะแตกต่างจากสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิม ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปจะพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของการเรืองแสงของสปีเนล ก็เป็นเช่นเดียวกับทับทิม ในกรณีนี้ สามารถเรียงความเข้มของการเรืองแสง จากมากที่สุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ คือ Sm3, Sp3, Sp1, Sp4, Sm2 และ Sp2 โดยปริมาณของธาตุโครเมียมในสารประกอบออกไซด์ในหน่วยร้อยละ เรียงตามลำดับ ดังนี้ 0.30, 0.85, 0.26, 0.55, 0.30 และ 0.24 จะเห็นว่าปริมาณธาตุโครเมียมมีผลส่วนหนึ่งต่อความเข้มของการเรืองแสงในสปีเนล ซึ่งต้องพิจารณาปริมาณธาตุหลักควบคู่กันไปด้วย โดยสปีเนลตัวอย่าง Sm3, Sp3, Sp1, Sp4, Sm2 และ Sp2 มีปริมาณของธาตุหลักในสารประกอบออกไซด์ในหน่วยร้อยละตามลำดับ ดังนี้ 0.16, 0.45, 0.23, 0.41, 0.34 และ 0.37 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสปีเนลตัวอย่าง Sm2 กับ Sm3 โดยตัวอย่าง Sm3 มีความเข้มของการเรืองแสงที่สูงกว่าตัวอย่าง Sm2 ทั้งๆ ที่ทั้งสองตัวอย่างมีปริมาณธาตุโครเมียมเท่าๆ กัน แต่ตัวอย่าง Sm3 มีปริมาณธาตุหลักอยู่ร้อยละ 0.16 และตัวอย่าง Sm2 มีปริมาณธาตุหลักอยู่ร้อยละ 0.34 ดังนั้นตัวอย่าง Sm3 ที่มีปริมาณธาตุหลักต่ำกว่า จึงมีความเข้มของการเรืองแสงที่สูงกว่า หรือเมื่อเปรียบเทียบสีของตัวอย่างทั้งสอง จะเห็นว่าตัวอย่าง Sm3 มีสีแดงเข้มกว่าตัวอย่าง Sm2 อีกตัวอย่างหนึ่งคือ ในกรณีของตัวอย่าง Sp3 กับ Sp4 มีความเข้มของการเรืองแสงต่ำกว่าตัวอย่าง Sm3 ถึงแม้ว่าทั้งสองตัวอย่างจะมีปริมาณธาตุโครเมียมที่สูงกว่าตัวอย่าง Sm3 แต่ทั้งสองตัวอย่างมีปริมาณธาตุหลักที่สูงกว่าด้วย ดังนั้นความเข้มของการเรืองแสงจึงขึ้นอยู่กับสัดส่วนของปริมาณธาตุหลักและโครเมียมเป็นสำคัญ

เพื่อให้สามารถอธิบายคุณลักษณะการเรืองแสงของทับทิมและสปีเนลในเชิงฟิสิกส์ และเพื่อให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของคุณลักษณะการเรืองแสงของทับทิมและสปีเนล ซึ่งน่าจะเป็นครั้งแรกที่ได้มีการศึกษาในลักษณะนี้ จึงได้ทำการทดลองวัดสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิมและสปีเนล โดยใช้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน ผลที่ได้แสดงดังในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 แสดงสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิม (Rs1) และระดับการทรานซิชันของอิเล็กตรอนของธาตุโครเมียมในผลึกของทับทิม



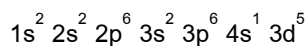
ภาพที่ 5 แสดงสเปกตรัมการเรืองแสงของสปิเนล (Sm3) และระดับการทรานซิชันของอิเล็กตรอนของธาตุโครเมียมในผลึกของสปิเนล

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 และ 5 จะเห็นว่าพีคที่ปรากฏในแต่ละตำแหน่งของความยาวคลื่นนั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนระหว่างชั้นพลังงาน ที่เรียกว่า electronics transition ซึ่งอยู่ในย่านที่ตามองเห็น หรืออยู่ในช่วงความถี่ $3 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$ Hz โดยที่พลังงานของการทรานซิชันของอิเล็กตรอนจะมีลักษณะเป็นก้อนพลังงาน (Quanta) ที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่น ดังสมการที่ 1

$$\Delta E = hv/\lambda \tag{1}$$

โดยที่ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ โดยมีค่าเท่ากับ 6.625×10^{-34} จูลวินาที, v คือ ความเร็วของแสง และ λ คือ ความยาวคลื่น [4]

ในกรณีของทับทิมพบว่า พีคของการเรืองแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 650-750 nm (ตรงกับช่วงของแสงสีแดง) เหมือนกันทุกแหล่ง โดยการเรืองแสงในช่วงนี้เกิดจากการที่ Cr³⁺ เข้าไปแทนที่ Al³⁺ ในโครงสร้างของผลึกออร์ธอโรรมบิกที่ปกติแล้วจะไม่มีสี (สีใส) ทั้งนี้ ธาตุโครเมียมเป็นโลหะทรานซิชัน เมื่ออยู่ในสภาพปกติจะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอน (electron configuration) เป็น



ซึ่งอิเล็กตรอนทั้ง 5 ตัวอยู่ใน d ออร์บิทัล โดยมีคุณสมบัติ degenerate (อิเล็กตรอนทั้ง 5 ตัวมีระดับพลังงานเท่ากัน) แต่เมื่อธาตุโครเมียมแตกตัวเป็น Cr³⁺ ทำให้ตัวมันเองถูกล้อมรอบด้วยไอออนลบ (anion) ของออกซิเจน 6 ตัวในรูปแบบของ octahedral ซึ่งเป็นการทำลาย degenerate โดยจะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ Cr³⁺ แบบใหม่เป็น

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 [5]$$

ซึ่งจะเห็นว่ามีอิเล็กตรอนที่ไร้คู่ (unpair electron) อยู่ 3 ตัวใน d ออร์บิทัล หรือเรียกว่าอยู่ใน d³ system โดยอิเล็กตรอนแต่ละตัวสามารถที่จะทรานซิชันไปอยู่ที่ออร์บิทัลอื่นได้ แต่เนื่องจากว่า Cr³⁺ ไม่ได้อยู่ในระบบโดดเดี่ยว (Isolate system) ดังนั้น เราจึงต้องพิจารณาองค์ประกอบที่ล้อมรอบ Cr³⁺ ด้วย ซึ่งเราสามารถนำทฤษฎีสนามผลึก (Crystal Field Theory) ที่ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดสีของสารประกอบเนื่องจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนในชั้น d ออร์บิทัล ที่ระดับพลังงานต่ำกว่าไปยังระดับพลังงานสูงกว่า [6] มาอธิบายสเปกตรัมการเรืองแสงของทับทิมได้ดังนี้

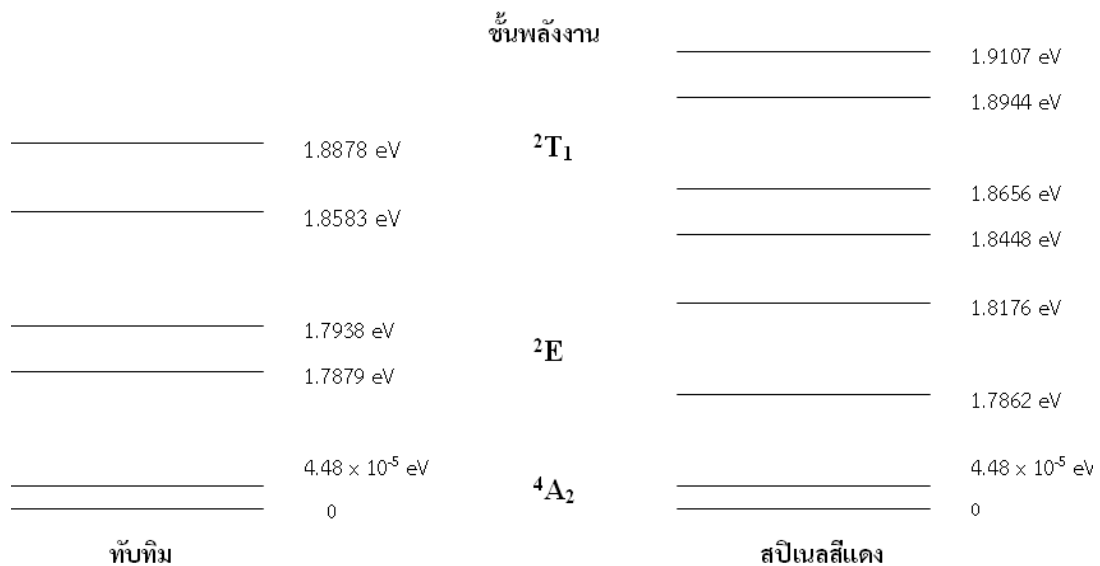
จากภาพที่ 4 จะเห็นว่า พีคที่มีความเข้มสูงสุด ปรากฏอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 693 nm ซึ่งเรียกว่า R - line โดยพีคดังกล่าวนี้ เกิดจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนในสถานะกระตุ้น (Excited state) ที่อยู่ใน d ออร์บิทัลโดยตรง ในชั้นพลังงาน ²E ลงมายังสถานะพื้น (Ground State; ⁴A₂) [7] โดยเหตุที่พีคนี้มีความเข้มสูงสุดนั้น เกิดจากโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์แบบนี้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีนี้ ควรมีพีค 2 พีค ที่ความยาวคลื่น 692.62 nm และ 694.88 nm ตามลำดับ [8] แต่เนื่องจากความสามารถในการแยกพลังงาน (Energy resolution) ของหัววัดมีค่าประมาณ 3.5 nm ซึ่งมีค่ามากกว่าความแตกต่างของความยาวคลื่นของพีคทั้งสองประมาณ 2 เท่า ดังนั้น พีคที่ปรากฏจึงไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ส่วนพีคที่อยู่ทางซ้ายมือ นั้น เกิดจากการ ทรานซิชันของอิเล็กตรอนในสถานะกระตุ้น ที่อยู่ในชั้นพลังงาน ²T₁ ซึ่งแยกออกเป็นอีก 2 ระดับพลังงานย่อย โดยพีคแรกสุดที่มีความยาวคลื่น 658.77 nm นั้น มาจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอน ที่อยู่ในชั้นพลังงาน ²T₁ แยกย่อย 1 มายังสถานะพื้น ส่วนพีคที่สองที่มีความยาวคลื่น 668.25 nm มาจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอน ที่อยู่ในชั้นพลังงาน ²T₁ แยกย่อย 2 มายังสถานะพื้น ส่วนพีคที่อยู่ทางขวามือที่มีความยาวคลื่น 705.21 nm เรียกว่า n-line [9] และพีคขวามือสุดเรียกว่า Sideband [10] ซึ่งระดับพลังงานของทั้ง n-line และ Sideband นั้นไม่ได้อยู่ในช่วงพลังงานของการทรานซิชันแบบอิเล็กตรอนิกส์ทรานซิชัน (Electronic transition) ของโครงสร้าง Octahedral – d³ system แต่อาจเกิดจากการสั่น (Vibrational) ของอะตอม โมเลกุล หรืออื่นๆ ทำให้เกิดการเรืองแสงในช่วงความยาวคลื่นนั้นๆ ได้

ในกรณีของสปีเนล จะมีสเปกตรัมการเรืองแสงที่แตกต่างจากทับทิม ถึงแม้ว่าพีคของการเรืองแสงจะมาจากที่ Cr³⁺ เข้าไปแทนที่ Al³⁺ ในโครงสร้าง Al₂O₃ เหมือนกับทับทิม แต่เนื่องจากสปีเนลเป็นการรวมกันระหว่าง 2 โครงสร้างหลักคือ Al₂O₃ กับ MgO [11] ดังนั้นการวิเคราะห์การเรืองแสงของสปีเนลต้องคิดอันตรกิริยาระหว่างโครงสร้างทั้งสองนี้ด้วย และนอกจากนั้นต้องคิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนของโครเมียมที่กระทำกับลิแกนด์ที่ล้อมรอบอิเล็กตรอนของโครเมียม ภายในโครงสร้างของ Cr₂O₃ ที่แทนที่ในบางตำแหน่งของ Al₂O₃ อีกด้วย ซึ่งทำให้การอธิบายทำได้ค่อนข้างยุ่งยากกว่าทับทิม แต่ก็สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลคล้ายๆ กัน ดังนี้

จากกราฟสเปกตรัมการเรืองแสงของสปีเนลสีแดง ดังแสดงในภาพที่ 5 จะเห็นว่า พีคที่มีความยาวคลื่น 683.54 nm มีความเข้มของการเรืองแสงสูงสุด รองลงมาคือ ที่ 695.53 nm โดยทั้งสองพีคเกิดจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้น valence ของ Cr³⁺ ในสถานะกระตุ้นที่อยู่ใน d ออร์บิทัล โดยมีพลังงานตรงกับชั้นพลังงาน ²E ทรานซิชันลงมายังสถานะพื้น (Ground State; ⁴A₂) เหมือนกับกรณีของทับทิม อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าพีคทั้งสอง มีการแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ไม่เหมือนกับกรณีของทับทิม โดยมีค่าความแตกต่างของพีคทั้งสอง 11.9 nm ซึ่งมากกว่าค่าการแยกพลังงานของหัววัด IL ประมาณ 3 เท่า โดยการแยกห่างของพีคทั้งสองที่แตกต่างจากทับทิมนี้ เป็นเพราะโครงสร้างของ MgO มีผลต่อโครงสร้างของ Cr₂O₃ ทำให้ชั้นพลังงานใน d ออร์บิทัลของโครเมียมเกิดการเลื่อน (shift) ไปจากเดิม นั่นคือ ทำให้ชั้นพลังงานของ ²E แยกออกจากกันมากขึ้น จากเดิมในทับทิมมีความแตกต่างระหว่างชั้นเพียง 5.9 x 10⁻³ eV กลายเป็น 3.14 x 10⁻² eV ในกรณีของสปีเนล

ส่วนที่ความยาวคลื่น 650.24, 655.82, 665.96 และ 673.46 nm เกิดจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนจากชั้นพลังงาน 2T_1 ลงมายังสถานะพื้น ซึ่งแตกต่างจากทับทิมตรงที่มีพีคเพิ่มขึ้นไปอีก 2 พีค คือ พีคที่ความยาวคลื่น 673.46 และ 650.24 nm ซึ่งคาดว่าเนื่องจากการแยกย่อยของชั้นพลังงาน 2T_1 มากกว่าในกรณีของทับทิม นั่นคือจาก 2 ระดับพลังงานย่อยในกรณีของทับทิม เป็น 4 ระดับพลังงานย่อยในกรณีของสปิเนล ส่วนพีคที่เกิดจาก n-line และ Sideband ยังปรากฏอยู่เหมือนกับทับทิม แต่มีความเข้มของการเรืองแสงที่สูงกว่าทับทิม โดยพีคดังกล่าว อยู่ที่ความยาวคลื่น 705.21 (n-line) และที่ความยาวคลื่น 715.18 (Sideband) ตามลำดับ โดยความเข้มที่สูงขึ้นของพีคเหล่านี้ บ่งบอกถึงความไม่สมบูรณ์ของผลึกสปิเนล อันเนื่องมาจากอันตรกิริยาของ MgO ที่มีต่อ Cr^{3+} ที่อยู่ใน Al_2O_3 ได้เป็นอย่างดี เป็นที่น่าสังเกตว่ามีพีคใหม่ที่ไม่พบในกรณีของทับทิมที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 720.31 nm อีกด้วย

เมื่อมองดูภาพรวมแล้ว จะเห็นว่าการเรืองแสงของสปิเนลสีแดงและทับทิมจะแตกต่างกันมาก โดยที่ในกรณีของทับทิม พีคหลัก (R-line) ในสเปกตรัมการเรืองแสงจะเด่นชัดกว่าพีคอื่นๆ มาก แต่ในกรณีของสปิเนล พีคหลัก (R-line) จะมองเห็นได้ไม่เด่นชัดนัก เนื่องจากพีคอื่นๆ จะมีความสูงใกล้เคียงกัน และพีคเหล่านี้จะสูงกว่าในกรณีของทับทิม นอกจากนี้ ในกรณีของสปิเนลสีแดง พีคแต่ละพีคที่มาจากชั้นพลังงานเดียวกัน จะแยกออกจากกันมากกว่าทับทิม ซึ่งอาจเป็นเพราะโครงสร้างของ MgO ในส่วนของสปิเนล ที่มีผลต่อการแยกชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนใน d ออร์บิทัล ของธาตุโครเมียมในโครงสร้างของ Al_2O_3 อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เห็นภาพเชิงฟิสิกส์ของอิเล็กตรอนิกส์ทรานซิชันของ Cr^{3+} ใน Al_2O_3 ชัดเจนขึ้น จึงได้คำนวณพลังงานการทรานซิชัน โดยใช้สมการที่ 1 โดยตัดความไม่แน่นอนในการวัดตำแหน่งของเครื่องมือ (Uncertainty of measurement) และสามารถสรุปเป็นแผนภาพแสดงความแตกต่างของชั้นพลังงานระหว่างทับทิมกับสปิเนลสีแดง ได้ดังนี้



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นพลังงานระหว่างทับทิมกับสปิเนลสีแดง

สรุปและอภิปรายผล

ทับทิมและสปิเนลสีแดงมีความเหมือนและความแตกต่างกันในหลายกรณี อาทิเช่น เมื่อมองด้วยตาเปล่าพลอยทั้งสองชนิดนี้จะมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน นอกจากนั้น กลไกการเกิดสีของพลอยทั้งสองก็เหมือนกันตรงที่มีโครเมียมเป็นธาตุที่ให้สีแดงและธาตุเหล็กทำให้มีโทนสีที่มีดลง โดยปริมาณของธาตุทั้งสองนี้ใน

ผลึกของสปีเนลและทับทิมมีพอๆ กัน อย่างไรก็ตาม สปีเนลจะมีปริมาณของธาตุแมกนีเซียมสูงกว่าทับทิมมาก เนื่องจากสปีเนลมีสูตรเคมีเป็น $MgAl_2O_4$ ($MgO+Al_2O_3$) นอกจากนั้น สเปกตรัมการเรืองแสงเนื่องจากการถูกกระตุ้นด้วยลำไอออน (Ionoluminescence) ก็แตกต่างกันมาก โดยที่ในกรณีของทับทิม พีคหลัก (R-line) ในสเปกตรัมจะเด่นชัดกว่าพีคอื่นๆ มาก แต่ในกรณีของสปีเนล พีคหลัก (R-line) จะมองเห็นได้ไม่เด่นชัดนักเนื่องจากพีคอื่นๆ จะมีความสูงใกล้เคียงกัน และพีคเหล่านี้จะสูงกว่าในกรณีของทับทิม นอกจากนั้น ในกรณีของสปีเนลสีแดง พีคแต่ละพีคที่มาจากชั้นพลังงานเดียวกัน จะแยกออกจากกันมากกว่าทับทิม อันเนื่องมาจากโมเลกุลของ MgO ทำให้มีการ shift ของระดับชั้นพลังงานทรานซิชัน หรืออาจกล่าวได้ว่า โมเลกุลของ MgO มีอันตรกิริยา (interaction) กับ Al_2O_3 อย่างไรก็ตาม กลไกการเรืองแสงของทั้งทับทิมและสปีเนลสีแดง สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีสถานผลึก (Crystal field) ได้เช่นเดียวกัน งานวิจัยนี้ยังสามารถนำเทคนิคการกระตุ้นด้วยลำไอออน มาหาระดับชั้นพลังงานทรานซิชันในทับทิมและสปีเนลได้ด้วย โดยการกำจัดความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดตำแหน่งในสเปกตรัม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ThEP Center) หนึ่ง ตัวอย่างพลอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (สาขาอัญมณีและเครื่องประดับ) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ และคุณสมหมาย ศรีสุภวัฒน์ จากภาคอุตสาหกรรมอัญมณี ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคุณณโณม ทองเหลื่อมเจ้าหน้าที่เทคนิค สำหรับการเดินเครื่องเร่งอนุภาค

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมศร สิงขรัตน์; และ ชีรศักดิ์ คำวรรณะ. (2553). *คู่มือแนะนำเทคนิค RBS, RBS/Channeling, PIXE และ IL: 4 เทคนิควิเคราะห์ธาตุด้วยลำไอออนในระดับไมโครเมตรและนาโนเมตร*. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของล้านนาภาคและพลาสมา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] OOIBase 32TM Spectrometer Operating Software. (1989). n.p.: Ocean Optics.
- [3] GUPIXWIN Version SRIM-2008.04. (2005). Canada: University of Guelph.
- [4] Straughan, B.P.; & Walker, S. (1976). *Spectroscopy: Vol2*. London: Chapman and Hall.
- [5] ----- (1976). *Spectroscopy: Vol 3*. London: Chapman and Hall.
- [6] สาขาวิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. (2011). *พันธะเคมีในสารเชิงซ้อน*. สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2555, จาก [http:// www.http://chem.flas.kps.ku.ac.th](http://www.http://chem.flas.kps.ku.ac.th)
- [7] Nelson, D.F.; & Sturge, M.D. (1965). Relation between absorption and emission in the region of R line of Ruby. *Phys. Rev.* 137: A1117-A1130.
- [8] Kamwanna, T. (2008). *Developments of Ion Beam Analysis Techniques for Micro and Nanoscale Materials*. Dissertation, Ph.D. Chiang Mai: Graduate School Chiang Mai University.
- [9] Powell, R.C.; et al. (1967). Fluorescence studies of energy transfer between single and pair Cr^{3+} systems in Al_2O_3 . *Phys. Rev.* 155: 296-308.
- [10] Rothamel. (1983). *J. Phys. Condens. Mater.* 50: 297.
- [11] Cornelius, s.; Hurlbut, J.R.; & Kammerling, Robert C. (1991). *Gemology*. 2nd ed. New York: John Wiley & Son.

**SWU6-1044: ผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลในการแช่อบต่อ
คุณลักษณะของแคนตาลูปแช่อบแห้ง**

**EFFECT OF SUCROSE AND GLYCEROL MIXTURES IN THE OSMOTIC DEHYDRATION
ON THE CHARACTERISTICS OF OSMO-DRIED CANTALOUPE**

พิสุทธิ นัทนแห่น

Phisut Naknean

คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-Mail: phisut@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลต่อคุณลักษณะของแคนตาลูปแช่อบแห้ง โดยทำการแช่อบแคนตาลูปในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสต่อกลีเซอรอลที่อัตราส่วนแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 4:1, 3:2 และ 2:3 และใช้ชุดการทดลองที่มีการใช้เฉพาะน้ำตาลซูโครสเป็นชุดควบคุม ติดตามการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการแช่อบ จากนั้นนำไปอบแห้งได้เป็นแคนตาลูปแช่อบแห้ง แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสพบว่า ค่า water loss และ solid gain มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติก ($P < 0.05$) การเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกมีผลในการลดการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ได้ และยังสามารถลดค่าความแข็ง ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณ HMF นอกจากนี้ยังส่งผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านของสี เนื้อสัมผัสและความชอบรวมมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม

คำสำคัญ : แคนตาลูป การแช่อบ กลีเซอรอล

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on the characteristics of osmo-dried cantaloupe. Cantaloupe slices were immersed in the osmotic solution containing sucrose and glycerol. The ratios between sucrose and glycerol were varied (4:1, 3:2 and 2:3). The sample immersed in the osmotic solution containing 100:0 ratio of sucrose to glycerol was used as the control treatment. It was found that increasing the glycerol ratio in the mixtures increased water loss and solid gain during osmotic dehydration. An increase in the glycerol ration could reduce brown color, hardness, a_w , reducing sugar, total sugar and HMF content. Higher mean score of sensory attributes in terms of color, texture and overall acceptability of all glycerol-treated samples was found compared to control sample.

Keywords: Cantaloupe, Osmotic Dehydration, Glycerol

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ในความเป็นจริงนั้น สินค้าเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด และได้มีการพัฒนาทั้งในด้านคุณภาพ การผลิต ตลอดจนด้านการตลาด สำหรับสถานการณ์การผลิตผลไม้ภายในประเทศนั้น ผลผลิตที่ผลิตได้ต่อปีมีทั้งการบริโภคภายในประเทศและได้มีการส่งออกนอกประเทศเพื่อจำหน่าย

สถานภาพทางเศรษฐกิจของจังหวัดสระแก้ว รายได้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับภาคเกษตรกรรมมากที่สุด แคนตาลูป เป็นผลไม้ที่สำคัญของจังหวัดสระแก้ว มีการเพาะปลูกมากที่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นดินสิ่งแวดล้อมและปริมาณน้ำฝนเหมาะสมทำให้ได้ผลผลิตที่มีความสม่ำเสมอ รสชาติหวานกรอบและมีความหอมมากกว่าผลผลิตจากที่อื่น แต่ปัญหาคือแคนตาลูปเมื่อเก็บจากสวนมาจำหน่าย อายุของแคนตาลูปจะอยู่ได้ไม่เกิน 15 วัน จึงทำให้ไม่สามารถระบายสินค้าได้ทัน จึงเกิดปัญหาการเน่าเสียและส่งผลกระทบต่อเกษตรกรของผู้ปลูกแคนตาลูปซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบปัญหาผลผลิตล้นตลาดและราคาตกต่ำอีกด้วย จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น การนำแคนตาลูปมาแปรรูปจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำแคนตาลูปมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งนอกจากจะช่วยรองรับผลผลิตแคนตาลูปที่มีปริมาณมากแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2550 มีการส่งออกสินค้าผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง (รหัส HS:200600) ไปยังทั่วโลกมีมูลค่าสูงประมาณ 3,273 ล้านบาท [1] และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคต อย่างไรก็ตามปัญหาที่มักพบในผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งคือหลังจากการอบแห้งมักพบปัญหาคือผลิตภัณฑ์ มีรสชาติที่หวานจัด และลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการต่างๆ เช่น เนื้อสัมผัสแห้งและเกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวหน้าส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพโดยการใช้สารดูดความชื้น (humectant) เข้ามาร่วมในกระบวนการผลิต เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีระดับความหวานน้อยกว่าและมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นสูงกว่าซูโครส ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหวานลดลง มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มไม่แห้งเกินไป และยังช่วยลดค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการใช้สารดูดความชื้นโดยสารดูดความชื้นที่ทำการศึกษาคือกลีเซอรอลร่วมกับน้ำตาลซูโครสต่อคุณภาพของ แคนตาลูปอบแห้งข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับผลไม้แช่อิ่มอบแห้งชนิดอื่นๆ ได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแคนตาลูปเนื้อสีส้มพันธุ์ชั้นเลิศ
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลในการผลิตแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

แคนตาลูปที่ใช้ในการทดลองใช้แคนตาลูปเนื้อสีส้มพันธุ์ชั้นเลิศ (*Cucumis melo* L.) โดยใช้แคนตาลูปที่อยู่ในระยะพัฒนาเต็มที่ (รอยแตกที่ขั้วมากกว่า 50%) จากจังหวัดสระแก้ว

2. การเตรียมตัวอย่าง

นำแคนตาลูปมาทำการล้างปอกเปลือกกะหั้นเป็นชิ้นขนาด 3×3.5×1.5 เซนติเมตร จากนั้นแช่ในสารละลายแคลเซียมแลกเตทที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3. กระบวนการแช่แข็งและอบแห้งแคนตาลูป

นำชิ้นแคนตาลูปที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลกเตทมาแช่ในสารละลายออสโมติกที่มีการผสมกันระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลในระดับที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และใช้ชุดการทดลองที่ใช้เฉพาะน้ำตาลซูโครส (ซูโครส 50%) เป็นชุดควบคุม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของน้ำตาลซูโครส และ กลีเซอรอล ที่ใช้ในการทดลอง

ซูโครส (%)	กลีเซอรอล (%)
50	0
40	10
30	20
20	30

โดยในการทดลองจะแช่แคนตาลูปในสารละลายออสโมติกแต่ละสูตรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างในน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส) 1-2 นาที จากนั้นนำแคนตาลูปทุกชุดการทดลองมาทำการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 20% ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส

ในระหว่างการออสโมซิส ทำการติดตามการถ่ายเทมวลสารตลอดช่วงของการออสโมซิส โดยเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (solid gain) และอัตราการสูญเสียน้ำ (water loss) โดยคำนวณจากสมการ [2]

$$\text{Solid gain (\%)} = \frac{(M_t \times X_{st}) - (M_o \times X_{so})}{M_o} \quad (1)$$

$$\text{Water loss (\%)} = \frac{(M_o \times X_{wo}) - (M_t \times X_{wt})}{M_o} \quad (2)$$

โดย M_o = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M_t = น้ำหนักตัวอย่างหลังการออสโมซิส (กรัม)

X_{so} = องศาบริกซ์เริ่มต้นของตัวอย่าง

X_{st} = องศาบริกซ์สุดท้ายหลังการออสโมซิส

X_{wo} = ปริมาณน้ำเริ่มต้นของตัวอย่าง (%)

X_{wt} = ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างหลังออสโมซิส (%)

4. การตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ hand refractometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด [3]
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก [3]

- ความเป็นกรดต่างโดยใช้ pH meter
- ปริมาณวิตามินซี [4]

5. การตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ

- ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) โดยใช้ Texture analyzer
- ค่าสี ในระบบ L*, a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี

6. การตรวจวัดคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการ 9-point hedonic scale ซึ่งประเมินผลในด้าน สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรสและความชอบโดยรวม

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูปสด

แคนตาลูปที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นพันธุ์ชั้นเลดีที่อยู่ในระยะที่พัฒนาเต็มที่ (รอยร้าวบริเวณขั้วมากกว่า 50%) น้ำหนักผลประมาณ 1.5 กิโลกรัม นำมาล้างผ่านการปอกเปลือก เอาไส้ออก แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ โดยในการผลิตแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบและควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้จึงมีการตรวจสอบคุณภาพของแคนตาลูปเบื้องต้นทั้งทางเคมีและกายภาพ

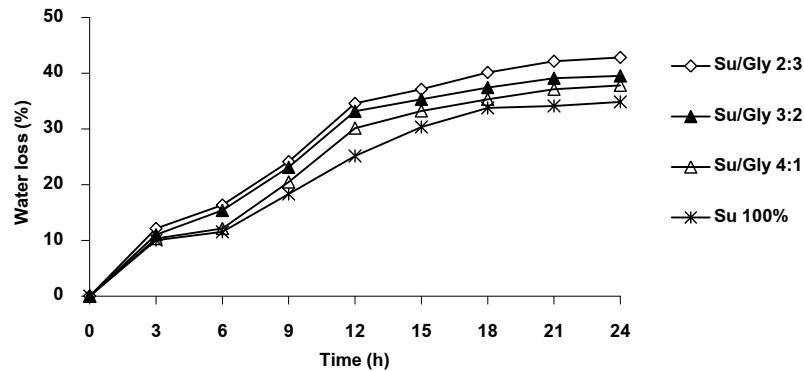
ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของแคนตาลูปสด

Properties		Values
Moisture content (%)		94.77 ± 0.14
Total soluble solid (°Brix)		9.50 ± 0.01
pH		6.17 ± 0.15
Total acidity (% citric acid)		0.14 ± 0.01
Reducing sugar (g/100g)		
Total sugar (g/100g)		
Vitamin C (mg/100g)		51.22 ± 0.78
Hardness (gf)		5.34 ± 0.31
Color	L*	62.70 ± 1.05
	a*	8.27 ± 1.13
	b*	18.63 ± 1.22

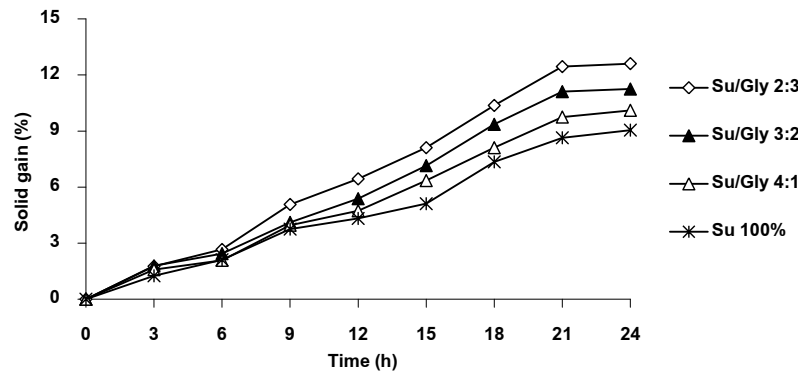
จากการวิเคราะห์พบว่า แคนตาลูปมีความชื้นร้อยละ 94.77 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.50 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3.54 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 7.33 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกร้อยละ 0.14 ค่า pH เท่ากับ 7.17 ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Solval และคณะ [5] พบว่า แคนตาลูปที่อยู่ในระยะเริ่มแก่จนถึงระยะสุกพร้อมบริโภคจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.57 โดยสมบัติเหล่านี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับความสุกของแคนตาลูป

2. การถ่ายโอนมวลสารในระหว่างการแช่อิมมersionในสารละลายออสโมติกที่มีการผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล และศึกษาอัตราส่วนในการผสม 3 อัตราส่วนคือ ซูโครสต่อสารดูดความชื้น อัตราส่วน 4:1, 3: 2 และ 2:3 ต่อการถ่ายโอนมวลสารในระหว่างการแช่อิมมersionได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 อัตราการสูญเสียน้ำระหว่างการออสโมซิสในสารละลายซูโครสที่มีการผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 2 อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งระหว่างการออสโมซิสในสารละลายซูโครสที่มีการผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ

โดยจากการทดลองพบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (Solid gain, SG) และอัตราการสูญเสียน้ำ (Water loss, WL) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการแช่อิมมersionเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ($P < 0.05$) โดยในระหว่างการแช่อิมมersionนั้นจะเกิดการถ่ายโอนมวลระหว่างภายในเซลล์ของผลไม้และสารละลายภายนอกบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าโดยผ่านเซลล์เมมเบรนของผลไม้ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน โดยการถ่ายโอนมวลจะเกิดขึ้นในทิศทางสวนกัน (counter current flow) น้ำภายในเซลล์ผลไม้จะแพร่ออกสู่สารละลาย ในขณะที่ตัวถูกละลายในสารละลายซึ่งในที่นี้คือน้ำตาลซูโครสและสารดูดความชื้นจะแพร่เข้าสู่เซลล์ของผลไม้ และมีสารบางอย่างเช่น กรดอินทรีย์ วิตามิน และเกลือแร่ในเนื้อเยื่อผลไม้ จะแพร่ออกสู่สารละลายแต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

ส่งผลให้อัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งและอัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง และเมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนของสารละลายน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลต่อการถ่ายโอนมวลสารในระหว่างการแช่แข็งพบว่า อัตราส่วนของสารละลายน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลมีต่อการถ่ายโอนมวลสารในระหว่างการแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยชุดการทดลองควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของค่า water loss และ solid gain ต่ำที่สุด และค่า water loss และ solid gain จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลีเซอรอล (น้ำหนักโมเลกุล 92 g/mol) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส (น้ำหนักโมเลกุล 342 g/mol) จึงสามารถแพร่ผ่านเซลล์ของแคนตาลูปได้ง่ายกว่าซูโครส [6-7]

3. ผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูปแช่แข็ง

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อค่า L^* และ a^* ของแคนตาลูปแช่แข็งพบว่า ทุกชุดการทดลองที่มีการใช้กลีเซอรอลมีค่า L^* และ a^* สูงกว่าชุดการทดลองควบคุม และชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 2:3 มีค่า L^* สูงสุดและมีค่า a^* ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกจะช่วยลดการเกิดสีคล้ำหรือสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ได้ โดยสีคล้ำหรือสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่แข็งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นในช่วงของการทำแห้ง และการที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลจะลดปริมาณของน้ำตาลซูโครสในระบบลงซึ่งโดยปกติ น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลนอนรีดิวิซ์ซึ่งและไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ แต่ในช่วงของการอบแห้งน้ำตาลซูโครสสามารถเกิดปฏิกิริยาอินเวชัน โดยจะไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทสซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวิซ์และสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ [7] ดังนั้นชุดการทดลองที่มีการใช้เฉพาะน้ำตาลซูโครสจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้มากกว่า ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้มาก ค่าความสว่าง (L^*) จึงมีค่าลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนชุดการทดลองที่มีการใช้กลีเซอรอลจึงเป็นการลดสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเกิดสีน้ำตาลจึงลดลง เมื่อพิจารณาค่า b^* ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างพบว่า ค่า b^* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในทุกชุดการทดลองที่ทำการศึกษา แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้สารลดความชื้น ไม่มีผลต่อค่า b^* ของแคนตาลูปแช่แข็ง (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของค่าความแข็งของแคนตาลูปแช่แข็ง ($P < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลในอัตราส่วน 3:2 มีค่าความแข็งต่ำสุด ในขณะที่ชุดการทดลองควบคุมมีค่าความแข็งที่สูงสุด (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้เฉพาะน้ำตาลซูโครสในการแช่แข็งจะส่งผลให้เกิดผลึกที่ผิวของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสในระหว่างการทำแห้ง และการใช้กลีเซอรอลจะสามารถช่วยลดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติเป็นสารลดความชื้นจึงสามารถสร้างพันธะกับน้ำได้มากส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะนิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้กลีเซอรอลในอัตราส่วนที่สูงขึ้น [7-8]

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการการออสโมซิสในสารละลายซูโครสที่มีการผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ

Osmotic solution	L*	a*	b*	Hardness (N)
Control	57.48 ± 0.25 ^c	13.45 ± 0.92 ^a	20.84 ± 1.13 ^a	20.24 ± 0.77 ^a
Sucrose : Glycerol 4:1	61.32 ± 0.41 ^b	10.43 ± 0.26 ^b	27.31 ± 0.89 ^a	14.62 ± 0.97 ^b
Sucrose : Glycerol 3:2	61.43 ± 0.55 ^b	9.86 ± 0.22 ^c	26.79 ± 0.96 ^a	13.71 ± 1.11 ^{bc}
Sucrose : Glycerol 2:3	62.28 ± 0.26 ^a	9.12 ± 0.17 ^c	27.05 ± 1.07 ^a	12.82 ± 0.51 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลต่อคุณสมบัติทางเคมีของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพทางเคมีของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยเมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อค่าความเป็นกรดต่างพบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับกลีเซอรอลในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งแต่เมื่อพิจารณาค่าปริมาณกรดทั้งหมดพบว่า เมื่อมีการใช้อัตราส่วนของกลีเซอรอลในการแช่อิ่มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่าลดลง ($P>0.05$) โดยชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 2:3 และ 3:2 มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกรดอินทรีย์ในผลไม้ไม่มีความสามารถในการละลายน้ำและอาจจะสูญเสียไปในระหว่างการแช่อิ่มมากที่สุด เนื่องจากในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลสูงจะมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อค่า a_w พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกจะมีผลในการลดค่า a_w ได้ ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและสามารถจับน้ำไว้ในโครงสร้างได้มาก ทำให้น้ำอิสระในอาหารเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ bound water ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์จึงมีค่าลดลง [9]

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกจะมีผลในการลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ โดยชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 3:2 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกเป็นการลดปริมาณน้ำตาลซูโครสจึงเป็นการลดสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาอินเวอร์ชันในระหว่างการอบแห้ง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จึงลดลง และยังส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสรวมกับการใช้กลีเซอรอลต่อปริมาณวิตามินซีพบว่า เมื่อมีการใช้อัตราส่วนของกลีเซอรอลในการแช่อิ่มมากขึ้น ปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่าลดลง ($P<0.05$) โดยชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 3:2 มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินซีมีความสามารถในการละลายน้ำและอาจจะสูญเสียไปในระหว่างการแช่อิ่มมากที่สุด เพราะในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลสูงจะมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงด้วยเช่นกัน [10]

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับการใช้กลีเซอรอลต่อค่าปริมาณ HMF พบว่า เมื่อมีการใช้อัตราส่วนของกลีเซอรอลในการแช่มีมากขึ้น ปริมาณ HMF ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่าลดลง ($P < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 3:2 มีปริมาณ HMF ต่ำที่สุด โดย HMF เป็น intermediate products ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด และการเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ปริมาณ HMF ลดลง

3. ผลของการใช้สารละลายผสมของซูโครสและกลีเซอรอลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง

เมื่อพิจารณาผลของการใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับการใช้กลีเซอรอลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับการใช้กลีเซอรอลมีต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านของสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดการทดลองที่มีการแช่ในสารละลายผสมของน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลทุกอัตราส่วนมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านของสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม (ตารางที่ 5) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้กลีเซอรอลสามารถลดสีคล้ำหรือสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งส่งผลให้การยอมรับของผู้บริโภคมีมากกว่าชุดการทดลองควบคุม

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอลที่อัตราส่วนแตกต่างกันในการแช่อิ่มต่อคุณสมบัติของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งพบว่า การใช้อัตราส่วนของกลีเซอรอลที่เพิ่มสูงขึ้นสามารถปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านสี เนื้อสัมผัส ส่งผลให้การยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าชุดควบคุมที่มีการใช้เฉพาะน้ำตาลซูโครส นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งจะเป็นผลดีกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาและยังสามารถลดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในสารละลายออสโมติกส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับการสนับสนุนเงินวิจัยในการทำวิจัย

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีของแคนตาลูปแช่ขิมอบแห้งที่ผ่านการการออกซิเดชันในสารละลายซูโครสที่มีการผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่าง ๆ

Osmotic solution (sucrose/humectant ratio)	pH	Total acidity (%)	Moisture content (%)	a_w	Reducing sugar (%)	Total sugar (%)	Vitamin C (mg/100g)	HMF (mg/kg)
Control	5.44 ± 0.13 ^a	0.17 ± 0.03 ^a	14.65 ± 0.44 ^c	0.71 ± 0.01 ^a	12.49 ± 0.34 ^a	40.05 ± 0.70 ^a	28.45 ± 0.31 ^a	7.56 ± 0.45 ^a
Sucrose : Glycerol 4:1	5.87 ± 0.33 ^a	0.15 ± 0.04 ^a	15.73 ± 0.21 ^b	0.64 ± 0.01 ^b	9.13 ± 0.31 ^b	35.78 ± 0.76 ^b	27.54 ± 0.47 ^a	3.43 ± 0.45 ^b
Sucrose : Glycerol 3:2	5.73 ± 0.43 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	15.88 ± 0.22 ^b	0.62 ± 0.01 ^c	7.71 ± 0.43 ^c	32.43 ± 0.87 ^c	26.31 ± 0.21 ^b	3.14 ± 0.57 ^b
Sucrose : Glycerol 2:3	5.92 ± 0.21 ^a	0.10 ± 0.01 ^b	16.53 ± 0.56 ^a	0.60 ± 0.01 ^b	6.24 ± 0.89 ^c	30.12 ± 0.56 ^d	24.66 ± 0.63 ^c	2.87 ± 0.59 ^c

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของแคนตาลูปแช่ขิมอบแห้งที่ผ่านการการออกซิเดชันในสารละลายซูโครสที่มีการผสมกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่าง ๆ

Osmotic solution (sucrose/humectant ratio)	Color	Appearance	Texture	Flavor	Overall acceptability
Control	6.80 ^b	6.44 ^a	6.73 ^b	6.38 ^a	6.29 ^b
Sucrose : Glycerol 4:1	6.87 ^a	6.59 ^a	7.25 ^a	7.02 ^a	7.12 ^a
Sucrose : Glycerol 3:2	7.02 ^a	6.82 ^a	7.24 ^a	7.08 ^a	7.03 ^a
Sucrose : Glycerol 2:3	7.21 ^a	6.77 ^a	7.37 ^a	6.98 ^a	7.06 ^a

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมศุลกากร. (2552). *ข้อมูลการส่งออกแคนตาลูป*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2552, จาก <http://www.customs.go.th/Statistic/Index.jsp>
- [2] Shi, X.Q.; Fito, P.; & Chiralt, A. (1995). Influence of vacuum treatment on the mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Research International*. 28: 445-454
- [3] Ranganna, S. (1986). *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products*. New Delhi: McGraw-Hill.
- [4] Guimares, R.; et al. (2010). Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: Grapefruit, lemon, lime and orange. *Food Chemical and Toxicology*. 48: 99-106.
- [5] Solval, M.K.; et al. (2012). Development of cantaloupe juice powder using spray drying technique. *LWT-Food Science and Technology*. 46: 287-293.
- [6] Ispir, A.; & Togrul, T.I. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*. 87: 166-180.
- [7] Pattanapa, K.; et al. (2010). Effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai-Namphaung). *International Journal of Food Science and Technology*. 45: 1918-1924.
- [8] Chauhan, O.P.; et al. (2011). Effect of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal and sensory properties of apple slices. *International Journal of Food Properties*. 14:1037-1048
- [9] Branen A.L.; Davidson P.M.; & Salminen S. (1990). *Food additive*. 1st ed. New York: Marcel Dekker.
- [10] Devic, E.; et al. (2010). Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 606-616.

SWU6-1055: สมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหุงสุกจากข้าว 3 ชนิด (ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวขาวข 31)

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY QUALITY OF COOKED RICE FROM 3 DIFFERENT TYPES OF RICE (KDML 105 Brown KDML105 and RD 31)

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ¹, สุเมธ วิสุทธิวรรณ², อรวรรณ ธรรมานุธรรม²

Phantipha Charoenthaikij¹, Sumeth Visuthiwan², Orawan Thammanutham²

¹คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Thailand.

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร และโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: phantipha@swu.ac.th

บทคัดย่อ

คุณภาพของข้าวหุงสุก ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยรวมถึงชนิดของข้าว ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสาร 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ105/KDML105, กล้องหอมมะลิ 105/BKDML105 และข31/RD31 และคุณภาพข้าวหุงสุกจากข้าวทั้ง 3 ชนิดที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกันจากการศึกษาพบว่า ข้าวสาร 3 ชนิด มีปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณแฉ่ายอยู่ในช่วงร้อยละ 12.8-15.5, 7.7-8.9 และ 0.6-0.8 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีปริมาณแอมิโลส ร้อยละ 11.3 และ 25.2 ตามลำดับ ข้าวทั้ง 3 ชนิดเป็นข้าวที่มีสีขาวย ยกเว้นข้าวกล้องที่มีสีเหลืองอมน้ำตาล (White index = 63.00) โดยมีค่า L^* a^* และ b^* อยู่ในช่วง 67.89 - 74.06 , 1.78-6.19 และ 9.16-17.32 ตามลำดับ ความหนืดของแป้งจากข้าวทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย KDML105 มีค่า Peak viscosity (PV) สูงที่สุด (281.38 RVU) ในขณะที่ BKDML มีค่า PV (203.88 RVU) ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และ RD31 มีค่า Setback from trough (SB) สูงที่สุด (175.92 RVU) เมื่อศึกษาอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ (Water-to-rice ratio, W/R) ที่ระดับ 1:2 , 1:2.5 และ 1:3 ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกพบว่า เมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงเพิ่มขึ้น ข้าวทุกชนิดจะมีปริมาณความชื้นสูงขึ้น เนื้อสัมผัสข้าวนุ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับค่าแรงสูงสุด (Maximum load) ที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ 30 คน ($n = 30$) ร่วมกับการให้คะแนนด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า KDML105 ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุด (6.8 ชอบปานกลาง) เมื่อหุงโดยใช้ W/R เท่ากับ 1:2.5 ส่วน BKDML105 และ RD 31 ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุดเมื่อหุงโดยใช้ W/R เท่ากับ 1:3 (6.4 ชอบเล็กน้อย และ 4.8 เฉยๆ ตามลำดับ) ทั้งนี้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson correlation ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนความชอบโดยรวม และคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่า Maximum load ($r = -0.815$ และ -0.865 ตามลำดับ, $P < 0.05$)

คำสำคัญ: ข้าว ข้าวกล้อง ข้าวหุงสุก สมบัติทางเคมีกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส

Abstract

Various factors are responsible for cooking quality of rice including rice variety. The objective of this study was to evaluate the physicochemical properties of 3 different varieties of rice such as KDML105, Brown KDML105 (BKDML105) and RD31 with quality of cooked rice at different water-to-rice ratio (W/R). Their protein and ash content were in the range of 7.7-8.9% and 0.6-0.8% (dry basis, db), respectively with amylase content of 11.3% and 25.2% for KDML105 and RD31, respectively. All samples were white with the exception of BKDML105 which was yellow brown (White index = 63.00). L^* , a^* , and b^* varied between 67.89-74.06, 1.78 - 6.19 and 9.16-17.32, respectively. There were significant differences in pasting profile among all rice samples ($P < 0.05$) measured by RVA. KDML105 obtained the highest peak viscosity (PV) (281.38 RVU) while PV of BKDML (203.88 RVU) was less than KDML105 ($P < 0.05$). Additionally, RD31 showed the highest setback from trough (SB) (175.92 RVU) compared to that of others. Effects of W/R at 1:2, 1:2.5 and 1:3 ratios on the physicochemical and sensory properties of cooked rice were investigated. As the W/R increased, the moisture content of all rice samples increased with softer texture which correlated with a reduction tendency of maximum load. Sensory quality of cooked rice using 9-point hedonic scale ($n = 30$) demonstrated that KDML105 obtained the highest overall acceptability (OAA, 6.8, like moderately) as of 1:2.5 W/R whereas both BKDML105 and RD 31 obtained the highest OAA as of 1:3 W/R (6.4, like slightly and 4.8 neither like nor dislike, respectively). The relationship between physicochemical and sensory quality using Pearson correlation indicated that overall acceptability and texture liking were negatively correlated with the maximum load ($r = -0.815$ and -0.865 , respectively, $P < 0.05$).

Keywords: Rice, Brown rice, Cooked rice, Physicochemical property, Sensory quality

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าข้าว (*Oryza sativa* L.) มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของประชากรโลก ข้าวเป็นอาหารหลักของเอเชีย และคนอีกเกือบทั่วโลกถึง 2.5 พันล้านคน [1] ด้วยวัฒนธรรมที่แตกต่าง และพันธุ์ข้าวที่หลากหลาย การรับประทาน และความต้องการคุณลักษณะของข้าวหุงสุกจึงมีความแตกต่างกัน สำหรับในประเทศไทยข้าวอยู่คู่วิถีชีวิตไทยมายาวนาน จวบจนถึงปัจจุบันข้าวยังคงเป็นอาหารหลักในแต่ละมื้อของคนไทยที่มีเอกลักษณ์แตกต่างออกไปจากประเทศอื่นๆ

ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์กันมากขึ้นทำให้ข้าวมีหลายสายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีคุณลักษณะเฉพาะ และเมื่อทำการหุงต้มจึงทำให้คุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสแตกต่างกัน [2] ซึ่งคุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพการรับประทานนับเป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าว แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับข้าวหุงสุก และคุณลักษณะข้าวหุงสุกที่ผู้บริโภคต้องการ ยังมีการศึกษาข้อมูลกันอยู่ในวงจำกัด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าว ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบข้าวสาร หรือข้าวหุงสุกให้เหมาะแก่ความต้องการของผู้บริโภคต่อไป ซึ่งข้าวที่เลือกมาทำงานวิจัยนี้ 3 ชนิด คือ ข้าวขาวที่มีลักษณะนุ่มนิ่มบริโภคกันโดยทั่วไป คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องที่มีการบริโภคมากขึ้นในหมู่ผู้รักสุขภาพ และข้าวแข็งที่มีลักษณะร่วน แข็งเช่นเดียวกับข้าวส่วนใหญ่ที่ใช้ในร้านข้าวแกง และจากงานวิจัยเบื้องต้นพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างสูง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จึงเลือกมาทำการวิจัยคุณภาพของข้าวหุงสุก

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสาร และคุณภาพของข้าวหุงสุกจากข้าวทั้ง 3 ชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวสาร หรือผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างเหมาะสม เพิ่มการบริโภคข้าวที่มีคุณลักษณะตามต้องการ และ/หรือใช้เป็นข้อมูลเพื่อต่อยอดการศึกษาคุณลักษณะข้าวหุงสุกที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคชาวต่างประเทศ ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวไทยอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของข้าวสาร และข้าวหุงสุกจากข้าวชนิดต่าง ๆ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือ ข้าวสาร 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ105, ข้าวกล้องหอมมะลิ105 และข้าวขาวข31 นำมาบรรจุแบบสุญญากาศลงในถุงพลาสติกชนิด LLDPE (Linear low density polyethylene) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวสาร

นำตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดมาทำการคัดเลือกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ออก แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพดังนี้

2.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีการอบด้วยเครื่อง hot air oven ตามวิธีของ AOAC [3] ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl ตามวิธีของ AOAC [3] ปริมาณเถ้า ด้วยการเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°C ตามวิธีของ AOAC [3] และปริมาณแอมิโลส ดัดแปลงจากวิธีของ Hoover and Ratnayake [4] โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่สกัดไขมันออกด้วย Petroleum ether 0.1 กรัม ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DMSO ความเข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 8 มล. นำไปปั่นผสมให้เข้ากันนาน 2 นาที นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85°C นาน 15 นาที พร้อมเขย่าเป็นครั้งคราว เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 45 นาที แล้วเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 25 มล. จากนั้นบีบเตาสารละลายน้ำแข็งมา 1 มล. ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่นลงไป 40 มล. เขย่าผสมกัน เติมสารละลายไอโอดีน (โพแทสเซียมไอโอไดต์ 0.1709 กรัม ในน้ำกลั่น 5 มล. และไอโอดีน 0.0315 กรัม ในน้ำกลั่น 95 มล. เก็บในสภาวะมืด) 5 มล. ปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30°C เป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ยาวคลื่น 600 นาโนเมตร คำนวณปริมาณแอมิโลสจากกราฟมาตรฐานของสารละลายผสมระหว่างแอมิโลสและแอมิโลเพกติน หน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละแอมิโลส

2.2 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ทำการวิเคราะห์สีในระบบ CIE Lab โดยใช้เครื่องวัดสี (BYK-Gardner, Germany) บันทึกค่าสี L^* a^* และ b^* และคำนวณค่าดัชนีความขาว (White index) ของข้าวสารจากสูตร (1)

$$WI = 100 - \{(100 - L^2) + a^2 + b^2\}^{0.5} \quad (1)$$

ระยะเวลาในการหุงสุก (Cooking time) ดัดแปลงจากวิธีของ Juliano and Bechtel [5] ค่าการขยายปริมาตร (Volume expansion) ตามวิธีของงามซึ่น [6] โดยใช้เวลาในการหุงสุกของข้าวแต่ละชนิด จากการหา

ระยะเวลาในการหุงสุก และคุณลักษณะพฤติกรรมด้านความหนืดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA) (Perten Instruments Group, Narrabeen, Australia)

3. การศึกษาอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก

ทำการหุงข้าวแบบไม่แช่น้ำด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:2, 1:2.5 และ 1:3 จากนั้นนำข้าวที่หุงมาทำการวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีการอบด้วยเครื่อง hot air oven ตามวิธีของ AOAC [3] ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกโดยใช้ Texture analyzer (Lloyd TA-500, Lloyd instruments Ltd., UK) ด้วยวิธี Back Extrusion เมื่อหุงข้าวด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ในหม้อนาน 20 นาที ซึ่งตัวอย่างข้าว 4 กรัม ลงในฐานทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15.5 มม. จากนั้นกดด้วยหัวกดทรงกลม แรงกด 50 มม./นาที บันทึกค่าแรงสูงสุด (Maximum force) ทำการวัดค่า 5 ซ้ำ ค่าสี ทำการวิเคราะห์สีในระบบ CIE Lab โดยใช้เครื่องวัดสี (BYK-Gardner, Germany) บันทึกค่าสี L^* , a^* และ b^* และคำนวณค่าดัชนีความขาว (White index) ด้วยสูตร (1) ทำการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการเตรียมข้าวหุงสุกที่ W/R ต่าง ๆ กัน แล้วนำข้าวหุงสุกอุณหภูมิ ไม่ต่ำกว่า 50°C (รักษาอุณหภูมิในกล่องโฟม) มาทำการทดสอบความชอบโดยผู้ทดสอบทั้งฝึกฝนจำนวน 30 คน (นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ) ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ ความนุ่ม กลิ่นหอม รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale

การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomized design) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อำนาจวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA; Analysis of Variance) วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test และหาสหสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Pearson's correlation ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ผลการวิจัย

1. คุณภาพทางเคมีกายภาพของข้าวสาร

ข้าวสาร 3 ชนิดมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 12.80-15.52 มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 7.72-8.86 และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.65-0.82 (โดยน้ำหนักแห้ง) ($P < 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน จึงทำให้ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าสีและความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ดังตารางที่ 1 และ 2) โดย RD 31 เป็นข้าวที่มีความขาว ($WI = 72.31$) และมีการขยายปริมาตรมากที่สุด หรือหุงขึ้นหม้อมากกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่ง RD 31 เป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสปานกลางถึงสูง (ร้อยละ 25.17) ซึ่งปริมาณแอมิโลสมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการขยายปริมาตร และระยะเวลาในการหุงสุก จึงเป็นผลให้ RD 31 ใช้เวลาในการหุงสุก (34 นาที) นานกว่า KDML105 (20 นาที) ซึ่งเป็นข้าวขาวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ (ร้อยละ 11.3) ส่วน BKDML105 เป็นข้าวกล้อง เมื่อเปรียบเทียบกับ KDML105 ซึ่งเป็นข้าวขาวสายพันธุ์เดียวกัน เห็นได้อย่างชัดเจนว่า BKDML 105 มีความขาวน้อยกว่า ($WI = 63.00$) และการขยายปริมาตรต่ำกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากในข้าวกล้องมีองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเกิดเจลตีในซ์โดยขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช เช่นเยื่อใย และโปรตีน [7] เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมีของข้าวสาร KDML 105 BKDML 105 และ RD 31

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
	ความชื้น	โปรตีน	เถ้า	แอมิโลส
KDML105	14.04±0.14b	8.33±0.27a	0.81±0.05a	11.28±0.48b
BKDML105	12.80±0.33c	8.86±0.36a	0.82±0.04a	ND
RD 31	15.52±0.13a	7.72±0.16b	0.65±0.06b	25.17±0.00a

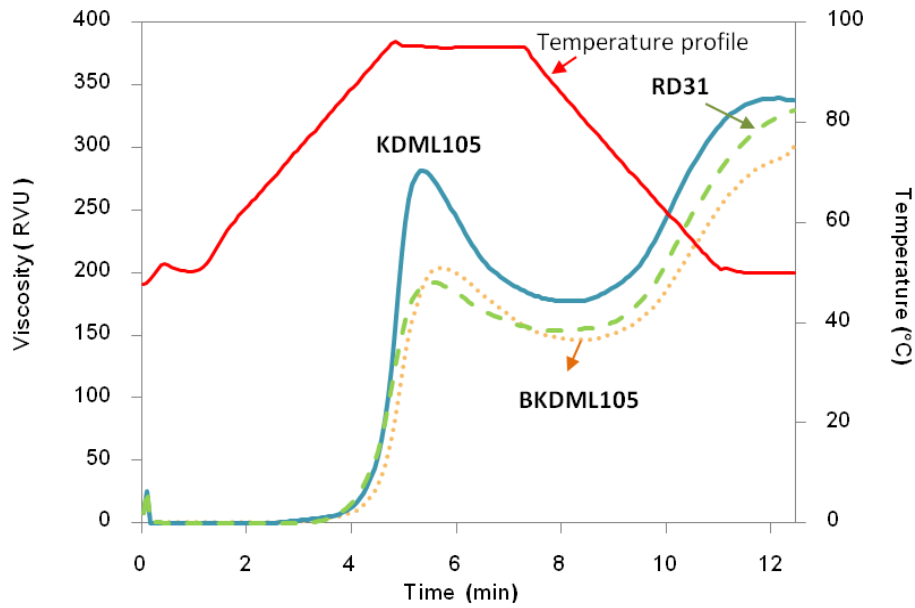
ND = Not determine

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของข้าวสาร KDML 105 BKDML 105 และ RD 31

ตัวอย่าง	ค่าสี			ค่าความขาว ^A (white index, WI)	เวลาในการ หุงสุก (นาที)	ค่าการ ขยาย ปริมาตร
	L*	a*	b*			
KDML105	70.94±4.72ab	1.78±1.86b	9.76±2.09b	69.26±3.41a	20±0.00c	3.01±0.09b
BKDML105	67.89±0.92b	6.19±0.85a	17.32±0.46a	63.00±1.14b	44±1.15a	2.43±0.04c
RD 31	74.06±1.33a	2.62±1.49b	9.16±1.29b	72.31±0.95a	34±2.00b	3.16±0.39a

หมายเหตุ: ^AWI = 100 - {(100 - L²) + a² + b²}^{0.5}

จากศึกษาพฤติกรรมความหนืดของแป้งข้าวจากข้าวทั้ง 3 ชนิดโดยใช้เครื่อง RVA (ภาพที่ 1 และตารางที่ 3) พบว่า แป้งข้าวจาก KDML105 มีค่า PV BD และค่า FV สูง ต่างจากข้าวกล้องที่มีค่า PV ต่ำ อาจเนื่องจากมีเยื่อใยและโปรตีนมีผลต่อการเกิดเจลลาตินไนซ์โดยไปขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ชดังกล่าวข้างต้น ทำให้ความหนืดต่ำลง นอกจากนี้อาจเกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนของไขมันกับแอมิโลส (amylose-lipid complex) ในเม็ดแป้งทำให้การดูดซับน้ำของแป้งลดลง [8] ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะได้รับความร้อน สำหรับ RD 31 ที่มีแอมิโลสปานกลางถึงสูง มีการคืนตัวซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์กับกระบวนการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) สูงที่สุด (SB = 175.92 RVU) ซึ่งเหมาะสมในการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้แป้งมีการคืนตัวสูง เช่น ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เป็นต้น



ภาพที่ 1 พฤติกรรมความหนืดของแป้งข้าว 3 ชนิด __ KDML105,BKDML105, __ RD31
วิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA

ตารางที่ 3 พฤติกรรมด้านความหนืดของแป้งจาก KDML105, BKDML105 และ RD31 จากการวิเคราะห์ด้วย
เครื่อง RVA

ตัวอย่าง	Peak Viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Final Viscosity (RVU)	Setback from trough (RVU)
KDML105	281.38±4.42a	104.25±2.72a	337.71±4.30a	160.59±2.60b
BKDML105	203.88±0.29b	57.92±0.94b	300.38±0.29b	154.42±0.94b
RD 31	192.42±0.83c	38.67±0.94c	329.67±2.24a	175.92±2.35a

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

^{a-c} หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์นี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ผลการศึกษาอัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่อคุณลักษณะของข้าวหุงสุก

2.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพ

เมื่อศึกษาการหุงข้าวทั้ง 3 ชนิด ด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:2 1:2.5 และ 1:3 โดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า พบว่า อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวหุงสุกมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ข้าวทุกตัวอย่างมีแนวโน้มค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น และข้าวหุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นโดยมีค่า Maximum load (ค่าสูงแสดงถึงความแข็งมาก) ลดลง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อิทธิพลของอัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวหุงสุกจากข้าว 3 ชนิด

ตัวอย่าง	W/R	ความชื้น (ร้อยละ)	L*	a*	b*	Maximum load (N)
KDML105	1:2.0	64.44±0.84b	76.93±0.86a	-1.30±0.56a	2.90±1.10a	19.99±0.87a
	1:2.5	68.97±0.93a	77.60±0.61a	-1.03±0.31a	0.65±0.40b	13.97±0.87b
	1:3.0	77.40±0.60a	75.30±0.67b	-1.17±0.11a	-1.11±0.52c	11.91±0.36b
BKDML105	1:2.0	65.95±0.39a	65.64±1.56b	0.44±0.51a	11.02±0.17a	28.90±0.57a
	1:2.5	70.82±0.54a	77.45±0.21a	-0.77±0.33b	0.41±0.70b	15.53±0.59b
	1:3.0	74.36±0.15a	78.15±0.30a	-0.43±0.35ab	0.65±0.82b	9.82±0.28c
RD31	1:2.0	65.78±0.28c	77.68±0.87a	-0.68±0.42a	1.46±0.86a	34.39±2.14a
	1:2.5	69.98±2.82b	77.45±0.21a	-0.77±0.33a	0.41±0.70a	26.26±1.96b
	1:3.0	72.68±0.31a	78.15±0.30a	-0.43±0.35a	0.65±0.82a	16.59±1.16c

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a-c หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของข้าวแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$) W/R (Water-to-rice ratio) คือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นอกจากนี้การใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ปริมาณต่างๆ ยังส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 5) โดยผู้ทดสอบประเมินให้ KDML105 ที่หุงด้วย W/R ที่อัตราส่วน 1:2.5 ได้รับความชอบในแต่คุณลักษณะส่วนใหญ่สูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น โดยความชอบในด้านความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม W/R ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ RD31 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง ได้รับความชอบในทิศทางเดียวกับ BKDML105 คือ เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความสะดวกสบายและความนุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ W/R 1:3 เป็นอัตราส่วนที่ได้รับความชอบส่วนใหญ่ในแต่ละคุณลักษณะมากที่สุด (ตารางที่ 5) ดังนั้นหากใช้น้ำในการหุงน้อยข้าวหุงสุกจะขยายตัวตามปริมาตรได้น้อยกว่า และมีเนื้อสัมผัสแข็งมากกว่าข้าวหุงสุกที่ใช้น้ำในการหุงมาก [9] นอกจากนี้ความแข็งของข้าวหุงสุกยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น ปริมาณโปรตีน ปริมาณแอมิโลส สายพันธุ์ข้าว แหล่งที่ใช้ปลูกข้าว และอายุการเก็บเกี่ยวข้าว [10-11] เป็นต้น และ RD 31 เป็นข้าวร่วน แข็ง ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยเฉพาะความชอบรวม และลักษณะปรากฏค่อนข้างน้อย โดยสังเกตเห็นได้ชัดเจนที่ W/R ต่ำ (1:2)

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลคุณภาพทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของข้าวทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี Pearson correlation พบว่าความชอบโดยรวม และความชอบเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่า Maximum load สูง ($r = -0.815$ และ -0.865 ตามลำดับ) กล่าวคือ หากข้าวมีเนื้อสัมผัสแข็งมาก จะทำให้ความชอบโดยรวม และความชอบเนื้อสัมผัสลดลง

ตารางที่ 5 อิทธิพลของอัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่อคะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อข้าวหุงสุก 3 ชนิด
(n = 30)

ตัวอย่าง	W/R	ความชอบโดยรวม	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นหอม	เนื้อสัมผัส	รสชาติ
KDML105	1:2.0	6.5±1.4ab	7.1±1.1a	6.1±1.3a	6.1±1.6a	6.2±1.1a
	1:2.5	6.8±1.5a	6.3±1.5b	6.5±1.4a	6.6±1.4a	6.3±1.3a
	1:3.0	5.9±1.7b	6.0±1.7b	6.7±1.0a	5.9±1.9a	6.0±1.7a
BKDML105	1:2.0	5.1±1.5b	5.7±1.4a	5.4±1.4a	4.6±1.7b	5.5±1.7b
	1:2.5	6.0±1.4a	5.9±1.6a	5.6±1.3a	5.6±1.7a	6.2±1.4ab
	1:3.0	6.4±1.6a	5.8±1.5a	5.8±1.6a	6.4±1.6a	6.4±1.1a
RD31	1:2.0	2.9±1.6b	2.7±1.5c	5.1±1.6a	5.2±1.3b	4.3±1.7b
	1:2.5	4.0±1.8a	3.6±1.6b	5.4±1.3a	5.9±1.2a	5.2±1.2a
	1:3.0	4.8±1.8a	4.6±1.6a	5.8±1.5a	6.0±1.1a	5.7±1.1a

หมายเหตุ: การให้คะแนนความชอบ ด้วยวิธี 9 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ 9 = ชอบมากที่สุด)

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้คือ ข้าว 3 ชนิดมีปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 12.80-15.52, 7.72-8.86 และ 0.65-0.82 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดย RD31 มีค่าการขยายปริมาตรมากที่สุด คุณลักษณะพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งจากข้าว 3 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และจากการศึกษา W/R ต่อคุณภาพข้าวหุงสุกพบว่า ปริมาณความชื้นของข้าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุง ค่าความขาวมีค่าเพิ่มขึ้น ร่วมกับการขยายปริมาตรของเมล็ดข้าว คะแนนความชอบโดยรวม และความชอบเนื้อสัมผัสที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่า Maximum load ($r = -0.815$ และ -0.865 ตามลำดับ) โดย W/R ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับของ KDML105 BKDML105 และ RD31 คือที่อัตราส่วน 1:2.5, 1:3 และ 1:3 ตามลำดับ ทั้งนี้ยังไม่สามารถบอกถึงการยอมรับของผู้บริโภคได้ ดังนั้นการทดสอบผู้บริโภคเพิ่มเติมจะช่วยให้การทำนายปัจจัยคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจซื้อหรือบริโภคข้าว ซึ่งจะทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในขั้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มศว สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย และศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มศว ที่ให้การสนับสนุนการเผยแพร่งานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Zemin, H.J. (2003). *Rice Science: Innovations and impact for livelihood*. n.p.: International Rice Research Institute.
- [2] Singh, N.; et al. (2005). Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*. 89: 253-259.

- [3] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Virginia: Association of Official Analytical Chemists.
- [4] Hoover, R.; & Ratnayake, W.S. (2005). Determination of total amylose content of starch. In *Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrate*. Wrolstad, R.E.; Acree, T.E.; & Decker, E.A., editors. pp. 689-693. n.p.: John Wiley and Sons.
- [5] Juliano, B.O.; & Bechtel, D.B. (1985). The rice grain and its gross composition. In *Rice chemistry and technology*. Juliano, B.O., editor. 2nd ed. pp. 17-57. n.p.: American Association of Cereal Chemists. St. Paul.
- [6] งามชื่น คงเสรี. (2536). คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ และการแปรสภาพเมล็ด. ใน *เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง*. หน้า 1-53. กรุงเทพฯ: ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [7] อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [8] Kaur, K.; & Singh, N. (2000). Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. *Food Chemistry*. 71: 511-517.
- [9] งามชื่น คงเสรี. (2539). คุณภาพข้าวสุก. ใน *เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 12-14 พฤศจิกายน 2539*. หน้า 156-160. ปทุมธานี: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [10] Juliano, B.O. (1985). Polysaccharides, protein, and lipids of rice. pp. In *Rice chemistry and technology*. Juliano, B.O., editor. 2nd ed. pp. 59-174. n.p.: American Association of Cereal Chemists. St. Paul.
- [11] Champagne, E.T.; et al. (1998). Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. *Cereal Chemistry*. 75(2): 181-186.

SWU6-1061: ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อการผลิตข้าว

EFFECT OF SOME PLANT EXTRACTS FOR RICE PRODUCTION

กฤติญา แสงภักดี^{1*}, วสินี ไชว์พันธุ์¹, ศิริินภา ศิริยันต์¹, ดวงรัตน์ แพงไทย¹, กชกร เพชรรัตน์¹,
พนม สุทธิศักดิ์โสภณ¹, สนอง ทองปาน², สุมาลี เหลืองสกุล¹

Kittiya sangpakdee^{1*}, Wasinee Khwaiphan¹, Sirinapa Siriyan¹, Duangrat Paengthai¹,
Kachakorn Phetcharat², Phanom Sutthisaksopon¹, Sanong Thongpan², Sumalee Luangsakul¹

¹ คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹ Faculty of cultural Environment and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Thailand.

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² Department of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: kittiyas@swu.com

บทคัดย่อ

การศึกษการใช้สารสกัดจากพืชบางชนิดเปรียบเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์เพื่อควบคุมแมลงศัตรูข้าวในแปลงของเกษตรกร อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก ทำการทดลอง 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูปลูกที่ 1 มิถุนายน 53-กันยายน 53 และฤดูปลูกที่ 2 พฤศจิกายน 53-กุมภาพันธ์ 54 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 6 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลงทดลอง 3x5 เมตร กรรมวิธีที่ใช้ ได้แก่ สารสกัดหางไหลแดง (*Derris elliptica* Benth) สารสกัดยาสูบ (*Nicotiana tabacum* L.) สารสกัดบอระเพ็ด (*Tinospora crispa* L. Miers ex Hook.f. & Thoms.) สารสกัดเมล็ดสะเดา (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valuton.) ชุดควบคุม (น้ำเปล่า) และกรรมวิธีของเกษตรกร (ใช้สารเคมีสังเคราะห์) เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ สำหรับฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พ่นสารทุก 7 วัน สุ่มตรวจนับจำนวนแมลงก่อน และหลังพ่นสาร 1 วัน ผลการศึกษาฤดูปลูกที่ 1 พบว่า จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแปลงทดลองที่ใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ระหว่าง 1.25-1.75 ตัวต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ใช้ น้ำเปล่า และแปลงที่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ของเกษตรกร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 6.25 และ 6.00 ตัวต่อต้น นอกจากนี้แปลงทดลองที่ใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด สามารถลดจำนวนแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นได้เช่นเดียวกันกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ของเกษตรกร อีกทั้งยังส่งผลดีต่อจำนวนศัตรูธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ รวมถึงผลดีต่อการเจริญเติบโตของข้าว ในด้านความสูงต้น และจำนวนต้นตอกโดยสารสกัดยาสูบ และสารสกัดบอระเพ็ด มีผลให้จำนวนต้นตอกมากที่สุดคือ 1.90 ต้นตอกต่อกอ ในขณะที่แปลงทดลองที่ใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด ให้ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ดีใกล้เคียงกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ของเกษตรกร มีค่าเฉลี่ยองค์ประกอบผลผลิตอยู่ระหว่าง 1,440-1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนฤดูปลูกที่ 2 พบว่า ผลการทดลองทั้งหมดโดยสรุปแล้วมีแนวโน้มในทางเดียวกันกับการศึกษาในฤดูปลูกที่ 1 การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ได้ดีเช่นเดียวกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้สารสกัดจากพืช สามารถใช้ควบคุมปริมาณแมลงศัตรูพืชได้ในระดับหนึ่ง เพื่อลดปัญหาการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารเคมีสังเคราะห์ รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นอย่างรู้คุณค่า และการทำการเกษตรแบบยั่งยืน

คำสำคัญ: สารสกัดจากพืช ข้าว แมลงศัตรูข้าว

Abstract

This research is comparisons of insect pests-control efficiency between some plant extracts and synthetic chemical agents in rice farming at Amphure Ongkharak, Nakornnayok province. Field experiments (pre-harvest control) were conducted in two cropping seasons; first in June 2010 to September 2010 and second in November 2010 to February 2011. Four replications of Randomized Complete Block Design (RCBD) with the plot size of 3x5 meters were used in the experiments. The plant extracts of rotenone, (*Derris elliptica* Benth.), tobacco, (*Nicotiana tabacum* L.), boraphet, (*Tinospora crispa* L. Miers ex Hook.f. & Thoms.), and neem (*Azadirachta indica* var. *siamensis* Valuton.) were used for two cropping seasons by spraying every 7 days, the insect pests were randomly counted before and after plant extracts spraying among a day. The amounts of insect were compared with synthetic chemical agents spraying and water was used as control treatment. In the first cropping season, significant difference of the rice thrips amounts were observed between experiment and control plots, the insect pests control ability of four plant extracts-treatments were interesting. The lowest average of the rice thrips amount for each plant extracts treated plots were 1.25-1.75 insects/rice plant, while the highest average amount in control and synthetic chemical treated plots were 6.25 and 6.00 insects/rice plant, respectively. In addition, the results showed that using of 4 plants extracts could reduce amount of other insect pests as same as synthetic chemical reagents treatment. Moreover, the positive effects on plant growths such as height, canopy diameter and stem diameter; were also observed. The highest number of rice stem which was observed from Tobacco extract and boraphet extract treatment, was 1.90 stem per clump. The amount of rice production was not different between 4 plants extracts and synthetic chemical reagent treated plots, 1,440-1,600 (kg/rai). In the second cropping season, parallel results were observed in all aspects studies. This research showed that the using of four plants extract can control the amount of brown planthopper and other plant insect pests as well as synthetic chemical reagents. However, plant extracts should be used in optimal level for decreasing the chemical resistance effect of the insects, and the maximum usefulness of local resources is the fact of sustainable agriculture. The active compounds should be investigated in the further experiments.

Keywords: Plant extracts, Rice, Insect pests

บทนำ

ข้าว เป็นพืชส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 57.5 ล้านไร่ [1] แต่ในการผลิตข้าว เกษตรกรส่วนใหญ่มักประสบปัญหาเรื่องแมลงศัตรูพืชต่าง ๆ ที่เข้ามาบกรบกวนในนาข้าว ถือได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในปัจจุบัน เป็นเหตุให้เกษตรกรต้องพึ่งการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งกว่าร้อยละ 10 ของต้นทุนในการผลิตข้าว เกษตรกรต้องหมดไปกับค่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม ต้นทุนที่หมดไปกับการใช้สารเคมีแม้จะเป็นตัวเลขที่ไม่มาก เมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมด แต่เกษตรกรต้องเสี่ยงกับพิษภัยที่มากับสารเคมีเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะปัญหาด้านสุขภาพ [2] นอกจากนี้ยังมีผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมในนาข้าวที่เสียสมดุลไป ซึ่งไม่อาจจะประเมินค่าเป็นเงินตราได้ ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถลดหรือเลิกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ ก็จะส่งผลดีทั้งต่อตัวของเกษตรกรเองและสิ่งแวดล้อม [3] รวมถึงมีผลกำไรจากการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาที่ผ่านมามีความพยายามในการเผยแพร่องค์ความรู้และ

ประสบการณ์ต่างๆ ทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ในความสามารถของการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ [4] ที่ได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุต่างๆ ในการควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดการใช้สารเคมีในการผลิตข้าวลงได้ และนำมาซึ่งการรักษาสมดุลของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้สารไล่แมลง [5] ที่ผลิตขึ้นเองโดยใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติ แต่ถ้าเกษตรกรไม่ทราบถึงวิธีการผลิตและนำไปใช้ที่ถูกต้องก็อาจทำให้ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร แต่มีสูตรการไล่แมลงและเร่งรากของลู่ยู่ทศ ศิรินามวงศ์ ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงชุมชนบ้านใหม่ตอยลาน ตำบลตอยลาน อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีวิธีการทำที่ง่ายและได้ผลจริงเริ่มทำได้ตั้งแต่การเตรียมเมล็ดพันธุ์ หลังจากปลูกเสร็จก็ไม่ต้องมากังวลเรื่องแมลงมารบกวนในนาข้าวอีกต่อไป สูตรสมุนไพรควบคุมวัชพืชในนาข้าวของนายทองคำ เข็มทองคำ โดยใช้ผักแว่นสด สับละเอียด 5 กก. กากน้ำตาล 1 กก. ลูกแป้งข้าวหมักบดละเอียด 1.5 ช้อนแกง น้ำข้าวข้าว 6 ลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในถังหมักขนาด 30 ลิตร หมักทิ้งไว้ 1 เดือน นำน้ำหมักที่ได้ 2-3 ลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นได้ พื้นที่ 1 ไร่ ทำการฉีดพ่นลงดิน ขณะเตรียมดินเพื่อที่จะหว่านข้าว สูตรกำจัดหอยเชอรี่ของนายสมพงษ์ บุญวิจิตร ใช้เปลือกแค 10 กก. เปลือกประตู 10 กก. มะละกอ 10 กก. เปลือกมังคุด 10 กก. ลูกมะกรูด 10 กก. ยาฉุน 10 กก. กากน้ำตาล น้ำตาล น้ำอ้อย 10 กก. น้ำเปล่า 50 ลิตร พด.2 1 ชอง นำน้ำหมักชีวภาพที่ได้มาใช้ในอัตรา 20-30 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในนาข้าว ทุกๆ 4-7 วัน [6] การปฏิบัติของเกษตรกรชาวนาเหล่านี้เกิดจากภูมิปัญญาที่คิดค้นขึ้นเองหรือสืบทอดกันมาจากรบรรพบุรุษซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยมีเหตุมาจาก ปัญหา อุปสรรค และข้อจำกัดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรเองในความพยายามลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่ตนเอง อย่างไรก็ตาม ภูมิปัญญาต่างๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่ยังมีได้มีการเผยแพร่ ยืนยัน หรือพิสูจน์ว่าได้ผลจริงหรือไม่ในเชิงวิชาการเท่าที่ควร ทำให้เพื่อนเกษตรกรหรือผู้ที่จะนำไปใช้ต่อเกิดความไม่มั่นใจว่าเมื่อนำไปใช้แล้วจะได้ผลหรือไม่อย่างไร ส่งผลทำให้หลายภูมิปัญญาที่ดี ปฏิบัติแล้วได้ผล มักถูกเมินเฉยไม่มีการนำไปปฏิบัติอย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรมและสุดท้ายก็ถูกลืมไปในที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทราบผลของสารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ บอระเพ็ด เมล็ดสะเดา ยาสูบ หางไหลแดงที่มีต่อการปลูกข้าว
2. เพื่อหาวิธีการหรือแนวทางการลดการใช้สารเคมีในนาข้าว อันจะส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร และช่วยรักษาระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในนาข้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมประชากรแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติในสภาพแปลงนาเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) มี 6 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลง 3x5 เมตร จำนวน 2 ฤดูปลูก ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 การแช่เมล็ดข้าว+ฉีดพ่นน้ำเปล่า (control)
- กรรมวิธีที่ 2 การแช่เมล็ดข้าว+ฉีดพ่นสารสกัดหางไหลแดง
- กรรมวิธีที่ 3 การแช่เมล็ดข้าว+ฉีดพ่นสารสกัดยาสูบ
- กรรมวิธีที่ 4 การแช่เมล็ดข้าว+ฉีดพ่นสารสกัดบอระเพ็ด
- กรรมวิธีที่ 5 การแช่เมล็ดข้าว+ฉีดพ่นสารสกัดเมล็ดสะเดา
- กรรมวิธีที่ 6 การปลูกข้าวโดยวิธีปกติของเกษตรกร

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากพืช เปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในสภาพแปลงนาของเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ

Randomized Completely Block Design (RCBD) มี 6 กรรมวิธี (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลง 3x5 เมตร จำนวน 2 ฤดูปลูก

การทดลองที่ 3 ผลของการใช้สารสกัดจากพืชเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมี) ต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวแต่ละฤดู

3.1 ปรับพื้นที่แปลงข้าวของเกษตรกรที่ อ.องครักษ์ จ.นครนายก ที่ปลูกข้าวในสภาพนาหว่าน ใช้เชือก ล้อมรอบแปลงย่อยขนาด 3x5 เมตร จำนวน 24 แปลงย่อย แล้วทำการสุ่มกรรมวิธีทั้ง 4 กรรมวิธี ลงในแปลงย่อย ตามแบบแผนการทดลอง (RCBD)

3.2 เพื่อฉีดพ่นสารสกัดจากพืชความเข้มข้นทุกกรรมวิธีที่ความเข้มข้น 5% ฉีดพ่นทุกๆ 7 วัน เพื่อศึกษา ผลของการเจริญเติบโตของข้าว และจำนวนแมลงศัตรูข้าว ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

- วัดความสูงต้น (เซนติเมตร) จำนวนต้นต่อกอ
- การเก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร น้ำหนักเมล็ดข้าวในพื้นที่ 1x1 ตาราง เมตร ในแต่ละแปลงย่อย ผลผลิต(กิโลกรัมต่อไร่)
- การตรวจนับแมลง ตรวจนับโดยตรงที่โคนกอข้าว โดยสุ่มตรวจนับ 10 จุด ตามแนวทแยงมุม 1 ด้าน เว้นระยะห่างจากจุดตรวจนับเท่าๆ กัน เริ่มตรวจนับเมื่อข้าวมีอายุได้ 30 วัน ทั้งก่อนและหลังพ่นสาร 1 วัน และหลังพ่นสาร 1 วัน ทำการตรวจนับทุกสัปดาห์ จนกระทั่งข้าวออกรวง
- การใช้สวิงโฉบ ขนาดปากกว้าง 30 เซนติเมตร และความลึกของถุงซึ่งทำด้วยผ้าไนลอนยาว ประมาณ 60 เซนติเมตร ดำสวิงยาวประมาณ 1 เมตร สุ่มแปลงละ 6 จุด โดยเดินแบบทแยงมุม เว้นระยะห่างระหว่างจุดเท่าๆ กัน

การวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูล โดยนำมาวิเคราะห์ F-test ผลการ วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความแตกต่างทางสถิติ นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ P เท่ากับ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SAS

การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างดินและน้ำ หลังการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ฤดูปลูกเพื่อศึกษาผลกระทบ และการ ตกค้างของสารในสิ่งแวดล้อม โดยส่งตัวอย่างให้บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด รายงานผลการ วิเคราะห์จากการสุ่มตัวอย่างดิน และน้ำ โดยเน้นการตรวจสารเคมีตกค้างแบ่งได้ 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Organochlorine กลุ่ม Organophosphate และกลุ่ม Pyrethroid

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมประชากรแมลงศัตรูข้าวและศัตรู ธรรมชาติในสภาพแปลงนาเกษตรกร

ฤดูปลูกที่ 1 (มิ.ย. 53-ก.ย. 53)

- จำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

หลังจากพ่นสารแต่ละชนิดให้กับต้นข้าวพบว่า สามารถลดความหนาแน่นของประชากรเพลี้ยกระโดดสี น้ำตาลได้ โดยในช่วงที่ข้าวอายุ 44-58 วัน ปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงที่ใช้กรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด มีผลให้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแต่ละแปลงลดต่ำลง ไม่มากนัก ถือได้ว่าจำนวนเพลี้ยกระโดดสี น้ำตาลอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ แต่ในช่วงที่ข้าวอายุ 72-79 วัน พบว่า กรรมวิธีของ เกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) และกลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) ปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด

จากการสุ่มนับจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงข้าวพบว่า สารที่ใช้ในการทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยแปลงข้าวที่พ่นด้วยสารสกัดจากเมล็ดสะเดา สารสกัดยาสูบ และสารสกัดหางไหลแดง มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากการสุ่มนับทั้ง 6 ครั้ง ต่ำที่สุดคือ 1.25 ตัวต่อกอ รองลงมาได้แก่ สารสกัดบอระเพ็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 ตัวต่อกอ ในขณะที่แปลงข้าวที่ใช้กรรมวิธีของเกษตรกรที่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ และกรรมวิธีกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาลจากการสุ่มนับทั้ง 6 ครั้ง สูงที่สุดคือ 6.00 และ 6.25 ตัวต่อกอ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* Stal) ภายหลังการใช้สารแต่ละชนิด จากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 1 (ม.ย. 53-ก.ย. 53)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/กอ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	2.00	2.25	2.75a	2.00	3.75ab	6.25a
สารสกัดหางไหลแดง	2.00	2.00	1.50b	1.50	1.25c	1.25b
สารสกัดยาสูบ	1.75	1.75	1.25b	1.50	1.75c	1.25b
สารสกัดบอระเพ็ด	2.25	1.75	1.50b	1.75	2.25bc	1.75b
สารสกัดเมล็ดสะเดา	1.75	1.75	1.25b	1.25	1.50c	1.25b
กรรมวิธีของเกษตรกร	1.50	1.50	1.25b	2.25	4.50a	6.00a
F-test	ns	ns	*	ns	*	*
CV(%)	43.81	50.12	40.49	36.37	42.16	29.32

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับ 10 กอข้าวต่อ 1 แปลงย่อย

- จำนวนแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ

จากการสุ่มนับจำนวนแมลงศัตรูพืชในแปลงข้าว ได้แก่ เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก หนอนห่อใบข้าว หนอนกอข้าว หนอนปลอกข้าว หนอนกระทู้กล้า เป็นต้น พบว่า สารที่ใช้ในการทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรแมลงศัตรูข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยแปลงข้าวที่ไม่ใช้สาร (กลุ่มควบคุม) มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแมลงศัตรูพืชจากการสุ่มนับ 3 ครั้งสูงสุด (ช่วงที่ข้าวอายุ 44-58 วัน) คือ 16.50 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ใช้สารสกัดจากพืช ได้แก่ สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดยาสูบ สารสกัดหางไหลแดง สารสกัดเมล็ดสะเดา และกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีค่าเฉลี่ยที่ 14.75, 14.75, 14.00, 12.50 และ 12.50 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงศัตรูพืช ภายหลังจากใช้สารแต่ละชนิดจากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 1 (ม.ย. 53-ก.ย. 53)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงศัตรูพืชหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/สวิงโฉบ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	23.50ab	18.50	16.50a	9.25ab	10.50a	10.25
สารสกัดหางไหลแดง	21.25ab	18.00	14.00ab	9.50a	8.50b	9.75
สารสกัดยาสูบ	20.00ab	18.00	14.75ab	5.50b	7.50bc	8.00
สารสกัดบอระเพ็ด	20.50ab	19.50	14.75ab	9.50a	8.00bc	11.25
สารสกัดเมล็ดสะเดา	15.50b	16.50	12.50b	8.75ab	6.50c	8.75
กรรมวิธีของเกษตรกร	25.50a	18.50	12.50b	9.75a	8.00bc	9.25
F-test	*	ns	*	*	*	ns
CV(%)	24.31	10.95	11.45	27.51	14.02	30.24

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับจำนวนตัวต่อการใช้สวิงโฉบใน 1 แปลงย่อย

- จำนวนศัตรูธรรมชาติ

จากการสุ่มนับจำนวนศัตรูธรรมชาติในแปลงข้าว ได้แก่ มวนเขียวคุดไข่ แมลงปอบ้าน แมลงปอเข็ม แมงมุม ตัวงดิน ตัวงกันกระดก ตัวงเต่า จิ้งหรีดหนวดยาว และแตนเบียนชนิดต่างๆ เป็นต้น พบว่า สารที่ใช้ทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 3) โดยแปลงข้าวที่ไม่ใช้สาร (กลุ่มควบคุม) และแปลงข้าวที่ใช้สารสกัดจากพืช ได้แก่ สารสกัดเมล็ดสะเดา สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดหางไหลแดง และสารสกัดยาสูบ มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติจากการสุ่มนับจำนวน ทั้ง 6 ครั้งสูงขึ้น (ช่วงที่ข้าวอายุ 44-79 วัน) คือ 11.50, 11.50, 11.00, 10.25, และ 9.75 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีผลให้ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติต่ำที่สุดคือ 4.00 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติ ภายหลังจากใช้สารแต่ละชนิด จากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 1 (ม.ย. 53-ก.ย. 53)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/สวิงโฉบ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	7.75a	9.50a	11.00a	8.75a	11.25a	11.50a
สารสกัดหางไหลแดง	8.75a	9.75a	13.25a	7.00a	10.50a	10.25a
สารสกัดยาสูบ	8.50a	8.25a	14.25a	7.75a	11.50a	9.75a
สารสกัดบอระเพ็ด	8.75a	10.75a	15.00a	7.75a	9.50a	11.00a
สารสกัดเมล็ดสะเดา	9.75a	10.50a	13.25a	8.00a	11.00a	11.50a
กรรมวิธีของเกษตรกร	2.25b	3.50b	3.50b	3.50b	4.25b	4.00b
F-test	*	*	*	*	*	*
CV(%)	20.30	28.19	32.61	24.96	23.91	21.00

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT
^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับจำนวนตัวต่อการใช้สวิงโฉบใน 1 แปลงย่อย

ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

- จำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

หลังจากพ่นสารแต่ละชนิดให้กับต้นข้าวพบว่า สามารถลดความหนาแน่นของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ ปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงที่ใช้กรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงอย่างรวดเร็ว (ในช่วงที่ข้าวอายุ 44-51 วัน) ส่วนการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด มีผลให้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแต่ละแปลงลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง และถือได้ว่าจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจคือ มีค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 2.00-2.50 ตัวต่อกอ แต่ในช่วงที่ข้าวอายุ 58-79 วัน พบว่า กรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) และกลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) มีปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นคือ 6.75-7.50 ตัวต่อกอ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด

จากการสุ่มนับจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงข้าวพบว่า สารที่ใช้ในการทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยแปลงข้าวที่พ่นด้วยสารสกัดจากเมล็ดสะเดา สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดหางไหลแดง และสารสกัดยาสูบ มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากการสุ่มนับทั้ง 6 ครั้ง ต่ำที่สุดคือ 2.00, 2.25, 2.25 และ 2.50 ตัวต่อกอตามลำดับ ในขณะที่แปลงข้าวที่ใช้กรรมวิธีกลุ่มควบคุม และกรรมวิธีของเกษตรกรที่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากการสุ่มนับทั้ง 6 ครั้ง สูงที่สุดคือ 7.50 และ 6.75 ตัวต่อกอตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* Stal) ภายหลังจากใช้สารแต่ละชนิด จากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/กอ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	6.00a	7.00a	7.25a	5.25a	7.75a	7.50a
สารสกัดหางไหลแดง	3.50bc	2.25b	2.50c	2.25b	2.25c	2.25b
สารสกัดยาสูบ	3.00bc	2.75b	2.75c	2.00b	2.00c	2.50b
สารสกัดบอระเพ็ด	3.25bc	3.00b	2.75c	2.25b	2.75c	2.25b
สารสกัดเมล็ดสะเดา	1.75c	2.00b	2.75c	2.50b	2.25c	2.00b
กรรมวิธีของเกษตรกร	4.25b	3.75b	5.25b	5.00a	5.75b	6.75a
F-test	*	*	*	*	*	*
CV(%)	30.04	42.97	30.74	39.80	29.90	31.57

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับ 10 กอข้าวต่อ 1 แปลงย่อย

- จำนวนแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ

จากการสุ่มนับจำนวนแมลงศัตรูพืชในแปลงข้าว ได้แก่ เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก หนอนห่อใบข้าว หนอนกอข้าว หนอนปลอกข้าว หนอนกระทู้กล้า เป็นต้น พบว่า สารที่ใช้ในการทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรแมลงศัตรูข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยแปลงข้าวที่ไม่ใช้สาร (กลุ่มควบคุม) มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแมลงศัตรูพืชจากการสุ่มนับ 6 ครั้งสูงสุด (ช่วงที่ข้าวอายุ 44-79 วัน) คือ 11.00 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ใช้ สารสกัดจากพืช ได้แก่ สารสกัดทางไหลแดง สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดยาสูบ และกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีค่าเฉลี่ยคือ 8.75, 8.50, 8.00, และ 7.50 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดเมล็ดสะเดา มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแมลงศัตรูพืชจากการสุ่มนับน้อยที่สุดคือ 6.50 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงศัตรูพืช ภายหลังการใช้สารแต่ละชนิด จากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนแมลงศัตรูพืชหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/สวิงโฉบ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	36.25	32.00a	18.25	16.25a	9.75ab	11.00a
สารสกัดทางไหลแดง	29.25	24.00bc	19.00	14.00abc	8.75ab	8.75ab
สารสกัดยาสูบ	31.25	25.50b	19.25	15.50ab	6.50b	8.00b
สารสกัดบอระเพ็ด	37.00	27.00ab	19.75	14.75abc	10.75a	8.50ab
สารสกัดเมล็ดสะเดา	29.75	21.00bc	17.00	13.50bc	7.75ab	6.50b
กรรมวิธีของเกษตรกร	31.00	19.25c	18.00	12.25c	9.50ab	7.50b
F-test	ns	*	ns	*	*	*
CV(%)	19.07	15.10	14.52	11.42	22.26	21.57

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT
ns ไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับจำนวนตัวต่อการใช้สวิงโฉบใน 1 แปลงย่อย

- จำนวนศัตรูธรรมชาติ

จากการสุ่มนับจำนวนศัตรูธรรมชาติในแปลงข้าว ได้แก่ มวนเขียวดูดไข่ แมลงปอบ้าน แมลงปอเข็ม แมงมุม ตัวงดิน ตัวงกันกระดก ตัวงเต่า จิ้งหรีดหนวดยาว และแตนเบียนชนิดต่างๆ เป็นต้น พบว่า สารที่ใช้ทดลองมีผลให้ปริมาณจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยแปลงข้าวที่ใช้สารสกัดเมล็ดสะเดา มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติจากการสุ่มนับจำนวนทั้ง 6 ครั้งสูงมากที่สุด (ช่วงที่ข้าวอายุ 44-79 วัน) คือ 12.00 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ รองลงมาได้แก่ แปลงข้าวที่ไม่ใช้สาร (กลุ่มควบคุม) และแปลงข้าวที่ใช้สารสกัดจากพืช ได้แก่ สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดยาสูบ และสารสกัดทางไหลแดง มีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติจากการสุ่มนับจำนวนทั้ง 6 ครั้ง (ช่วงที่ข้าวอายุ 44-79 วัน) คือ 11.00, 10.75, 10.50, 10.25, และ 10.25 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีผลให้ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติต่ำที่สุดคือ 4.25 ตัวต่อการใช้สวิงโฉบ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติ ภายหลังจากใช้สารแต่ละชนิด จากการสุ่มนับจำนวน ในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนศัตรูธรรมชาติหลังการใช้สารแต่ละครั้ง (ตัว/สวิงโอบ) ^{1/}					
	44 วัน	51 วัน	58 วัน	65 วัน	72 วัน	79 วัน
กลุ่มควบคุม	5.50a	9.75a	12.00a	10.75a	11.75a	11.00a
สารสกัดหางไหลแดง	5.75a	9.00a	12.75a	10.25a	11.50a	10.25a
สารสกัดยาสูบ	6.75a	8.25a	13.75a	11.75a	10.75a	10.50a
สารสกัดบอระเพ็ด	6.25a	10.00a	12.75a	11.75a	10.75a	10.75a
สารสกัดเมล็ดสะเดา	5.75a	10.75a	13.00a	12.25a	11.50a	12.00a
กรรมวิธีของเกษตรกร	2.00b	3.00b	3.25b	3.50b	3.25b	4.25b
F-test	*	*	*	*	*	*
CV(%)	35.24	28.97	24.52	23.23	22.66	17.24

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับจำนวนตัวต่อการใช้สวิงโอบใน 1 แปลงย่อย

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากพืช เปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในสภาพแปลงนาของเกษตรกร

ฤดูปลูกที่ 1 (มิ.ย. 53-ก.ย. 53)

- ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวทางด้านความสูง และจำนวนต้นตอก

การใช้สารสกัดจากพืช เปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) ในทุกกรรมวิธี ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว แต่มีแนวโน้มว่าแปลงที่ใช้สารสกัดยาสูบส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงมากที่สุดคือ 86.00 เซนติเมตร และจำนวนต้นตอกมากที่สุดคือ 1.90 ต้นตอก รองลงมาได้แก่ สารสกัดหางไหลแดง สารสกัดเมล็ดสะเดา สารสกัดบอระเพ็ด กรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) และกลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นคือ 84.92, 83.67, 81.25, 76.87 และ 75.65 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดบอระเพ็ด สารสกัดหางไหลแดง สารสกัดเมล็ดสะเดา กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) และกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีค่าเฉลี่ยจำนวนต้นตอกคือ 1.55, 1.50, 1.40, 1.10 และ 1.05 ต้นตอก ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าว ความสูง และจำนวนต้นตอกอ หลังการใช้สารแต่ละชนิดครั้งสุดท้าย ในฤดูปลูกที่ 1 (ม.ย. 53-ก.ย. 53)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตต้นข้าวหลังการใช้สารครั้งสุดท้าย (เซนติเมตร/ต้น) ^{1/}	
	ความสูงต้น	จำนวนต้นตอกอ
กลุ่มควบคุม	75.65c	1.10cd
สารสกัดหางไหลแดง	84.92a	1.50b
สารสกัดยาสูบ	86.00a	1.90a
สารสกัดบอระเพ็ด	81.25ab	1.55b
สารสกัดเมล็ดสะเดา	83.67a	1.40bc
กรรมวิธีของเกษตรกร	76.87bc	1.05d
F-test	*	*
CV(%)	3.79	15.32

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

^{1/}ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับ 10 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย

ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

- ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวทางด้านความสูง และจำนวนต้นตอกอ

การใช้สารสกัดจากพืชเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) ในทุกกรรมวิธี ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว แต่มีแนวโน้มว่าแปลงที่ใช้สารสกัดบอระเพ็ด ส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงมากที่สุดคือ 86.50 เซนติเมตร และจำนวนต้นตอกอมากที่สุดคือ 1.90 ต้นตอกอ รองลงมาได้แก่ สารสกัดเมล็ดสะเดา สารสกัดยาสูบ สารสกัดหางไหลแดง กรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) และกลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นคือ 83.82, 83.32, 81.67, 81.67 และ 76.05 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดเมล็ดสะเดา สารสกัดยาสูบ สารสกัดหางไหลแดง กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า) และกรรมวิธีของเกษตรกร (การใช้สารเคมีสังเคราะห์) มีค่าเฉลี่ยจำนวนต้นตอกอคือ 1.55, 1.50, 1.40, 1.25 และ 1.05 ต้นตอกอ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าว ความสูงและจำนวนต้นตอกอ หลังการใช้สารแต่ละชนิดครั้งสุดท้ายในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ย. 53-ก.พ. 54)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตต้นข้าวหลังการใช้สารครั้งสุดท้าย (เซนติเมตร/ต้น) ^{1/}	
	ความสูงต้น	จำนวนต้นตอกอ
กลุ่มควบคุม	76.05c	1.25bc
สารสกัดหางไหลแดง	81.67b	1.40bc
สารสกัดยาสูบ	83.32ab	1.50b
สารสกัดบอระเพ็ด	86.50a	1.90a
สารสกัดเมล็ดสะเดา	83.82ab	1.55ab
กรรมวิธีของเกษตรกร	81.67b	1.05c

F-test	*	*
CV(%)	3.02	16.59

*มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT
1/ ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มนับ 10 ต้น ต่อ 1 แปลงย่อย

สรุปและอภิปรายผล

1. สารสกัดเมล็ดสะเดา สารสกัดหางไหลแดง สารสกัดยาสูบ และสารสกัดบอระเพ็ด มีผลในการควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในระดับหนึ่ง ส่วนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ สามารถควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการใช้สารสกัดจากพืช และการใช้สารเคมีสังเคราะห์ มีผลในการควบคุมเพลี้ยไฟไม่แตกต่างกันมากนัก

2. แปลงข้าวที่ใช้สารสกัดจากพืช และสารเคมีสังเคราะห์ สามารถลดปริมาณเพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก หนอนห่อใบข้าว หนอนกอข้าว หนอนปลอกข้าว และหนอนกระทู้กล้าได้ในระดับหนึ่ง ส่วนศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ มวนเขียวจุดไข่ แมลงปอบ้าน แมลงปอเข็ม แมงมุม ดักดิน ดักก้นกระดก ดักเต่า จิ้งหรีดหนวดยาว และแตนเบียนชนิดต่างๆ ปริมาณศัตรูธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่มีแนวโน้มให้จำนวนศัตรูธรรมชาติยังคงมีอยู่ในระดับที่มีความสัมพันธ์กันกับแมลงศัตรูพืช ดังนั้นสารสกัดจากพืช และสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ทดลอง ไม่มีผลต่อจำนวนศัตรูธรรมชาติ

3. จากการดูแนวโน้มของการใช้สารสกัดจากพืช เปรียบเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์ ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวพบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งความสูงของต้นข้าว และจำนวนต้นตอกข้าว รวมถึงองค์ประกอบผลผลิตข้าวทั้งจำนวนรวงข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร น้ำหนักเมล็ดข้าวต่อ 1 ตารางเมตร และผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) มีคุณภาพดี เช่น ลักษณะใบและทรงต้นข้าวและระยะข้าวออกรวงมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง อีกทั้งไม่มีความเป็นพิษกับข้าว

4. การใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด สามารถนำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลงชีวภาพเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวได้ รวมทั้งสามารถช่วยให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามควรเลือกใช้สารสกัดจากบอระเพ็ด และความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงจะได้ผลดีที่สุด ส่วนการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดา สารสกัดหางไหลแดง ควรใช้ในความเข้มข้นที่น้อยกว่าสารสกัดจากบอระเพ็ด อาจเนื่องจากสารสกัดทั้ง 3 ชนิดนี้เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้นอาจมีผลไปยับยั้งขบวนการงอกของเมล็ดข้าวได้

5. สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดนี้ สามารถนำไปแนะนำหรือส่งเสริมให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูข้าวในสภาพแปลงปลูก เพื่อการผลิตข้าวอินทรีย์ที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2553

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. (2552). *สรุปปริมาณการส่งออกข้าวออกไปต่างประเทศรายเดือน*. สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2552, จาก [http://agri.dit.go.th/web_dit_sec2/admin/uploadfiles/upload_files/EXP001-1\(Jan2009\).pdf](http://agri.dit.go.th/web_dit_sec2/admin/uploadfiles/upload_files/EXP001-1(Jan2009).pdf)
- [2] Bissdorf, K.J. (2008). *How to grow crops without endosulfan*. Germany: Pesticide action network (PAN).

- [3] สุภาณี พิมพ์สมาน. (2540). สารฆ่าแมลง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [4] กรมวิชาการเกษตร. 2545. หางไหล. พืชฆ่าแมลงและพืชมีพิษบางชนิดในประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- [5] ชัยวัฒน์ ธรรมจารี. (2539). ทำอย่างไรจึงจะใช้สารสกัดจากสะเดาให้ได้ผล. ว. กัญ. สัตว. 18(1): 55-60.
- [6] กรมพัฒนาที่ดิน. (2552). ฐานข้อมูลเกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์หรือลดการใช้สารเคมี. สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2552, จาก <http://sql.idd.go.th/wisdoms/PlantDtl.asp>

**SWU6-1091: ความสามารถเชิงปริมาณของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ในการละลาย
ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากแร่ธรรมชาติ**

**QUANTITATIVE CAPABILITY OF ENDOPHYTIC ACTINOMYCETES IN SOLUBILIZATION
OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN NATURAL MINERALS**

กวิพร จินะจันทา*, อรวรรณ นัตรสีรุ่ง

Kawipron chinachanta*, Arawan Shutsrirung

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University,
Thailand.

*Corresponding author, E-mail: gift_kavipron@hotmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาความสามารถของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ในการละลายธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมซึ่งอยู่ในรูปละลายยากให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ง่ายและเป็นประโยชน์แก่ต้นพืช โดยคัดเลือกเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ ได้ตัวแทนเชื้อทั้งหมด 33 ไอโซเลท จาก 6 สกุล ได้แก่ *Streptomyces*, *Nocardia*, *Nocardiopsis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และไอโซเลทที่ยังไม่สามารถระบุสกุลได้ (unidentified) ผลการทดลองพบว่า เชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ทุกไอโซเลทสามารถละลายฟอสเฟตได้ (100% ของเชื้อทั้งหมด) ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสจาก แคลเซียมฟอสเฟตได้มากที่สุดคือ ไอโซเลท TGcL 04-060 (*Nocardiopsis*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 1,317.91 mg P/L ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสจากอะลูมิเนียมฟอสเฟต ได้มากที่สุดคือ TGsR 03-002 (*Streptomyces*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 861.93 mg P/L และไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตได้มากที่สุดคือ TGsL 002-004 (*Nocardiopsis*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 396.39 mg P/L สำหรับความสามารถเชิงปริมาณในการละลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์พบว่า เชื้อแอคติโนมัยซีททั้งหมดมีความสามารถในการละลายโพแทสเซียมได้ และไอโซเลทที่สามารถละลายแร่โพแทสเซียมได้มากที่สุดคือ TGsR 03-002 อยู่ในสกุล *Streptomyces* มีค่าการละลายโพแทสเซียม 10.53 mg K /L

คำสำคัญ: แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ การละลาย ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม หินฟอสเฟต แร่เฟลด์สปาร์

Abstract

The study was performed to evaluate the capability of endophytic actinomycetes in solubilizing insoluble phosphate and potassium into soluble forms thus available to plant. The results indicated that all 33 selected isolates (100% of all isolates) from 6 genera; *Streptomyces*, *Nocardia*, *Nocardiopsis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* and unidentified isolates showed a certain ability to solubilize inorganic phosphate and potassium. Among these endophytic actinomycetes isolates, TGcL 04-060 (*Nocardiopsis*) gave maximum tricalcium phosphate solubilizing activity with the value of 1,317.91 mgP/L, TGsR 03-002 (*Streptomyces*) gave maximum aluminum phosphate solubilizing activity with the

value of 861.93 mg P/L and TGsL 02-004 (*Nocardiosis*) gave maximum rock phosphate solubilizing activity with the value of of 396.39 mgP/L The study of potassium in natural minerals (feldspar) indicated that among these endophytic actinomycetes isolates, TGsR 03-002 (*Streptomyces*) gave maximum potassium solubilizing activity with the value of of 10.53 mg K /L

Keywords: Endophytic actinomycetes, Solubilization, Phosphorus, Potassium, Rock phosphate feldspars

บทนำ

ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และโพแทสเซียม (Potassium, K) เป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช สัดส่วนของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble) ของหินแร่ธรรมชาติและการสะสมในรูปของการตกตะกอนอื่นๆ แต่ปริมาณที่ละลายได้ในดินซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีน้อยมาก โดยเฉพาะในดินที่ทำการเกษตร [1] เกษตรกรจึงต้องเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชโดยการใส่ปุ๋ยเคมี ถึงแม้ว่าปุ๋ยเคมีจะละลายได้ดีก็ตามแต่จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำอย่างรวดเร็วและตกตะกอนสะสมในดินจึงไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรืออาจถูกชะล้างด้วยน้ำฝน อีกทั้งยังปนเปื้อนสู่แม่น้ำและแหล่งน้ำใต้ดิน เมื่อปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมและตกตะกอนในดินสูงในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์เกษตรกรจึงใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้นทุกปีและเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของแร่ธรรมชาติและส่วนที่ตกตะกอนในดินกลับถือได้ว่าเป็นแหล่งกักเก็บขนาดใหญ่ของธาตุทั้งสองนี้ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะสามารถละลายออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ จุลินทรีย์ในดิน (Soil) บริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) และจุลินทรีย์ที่แยกได้จากในเนื้อเยื่อพืช (endophyte) มีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมดังกล่าวให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ [2]

หินฟอสเฟตและแหล่งแร่โพแทสเซียม พบหลายแห่งในประเทศไทยและสามารถนำมาใช้ในการเกษตรแบบอินทรีย์เพื่อลดปริมาณสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อมได้ แต่มีปริมาณธาตุอาหารที่ละลายออกมาจากรูให้พืชใช้มีน้อย จุลินทรีย์จึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยละลายหินแร่ธรรมชาติซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ [1, 3] ปัจจุบันพบว่า มีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถช่วยละลายฟอสเฟตในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นประโยชน์ได้ เช่น เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Thiobacillus* sp. และเชื้อรา *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. [4] นอกจากจุลินทรีย์จะมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสแล้วยังมีความสามารถในการช่วยละลายโพแทสเซียมด้วยพบว่า *Bacillus exlorguen* สามารถละลายแร่ซิลิเกต เช่น pegmatolite และ kietyoite ได้ [5] นอกจากจุลินทรีย์กลุ่ม แบคทีเรียและราแล้วพบว่า กลุ่มแอคติโนมัยซีทแอนโดไฟท์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชโดยไม่ก่อให้เกิดโรคพืช สามารถสังเคราะห์สารเมทาบอลไลท์ (metabolite) ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและยังสามารถเปลี่ยนฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ [6-7] แอคติโนมัยซีทแอนโดไฟท์ที่แยกได้จากส่วนต่างๆ ของเนื้อเยื่อสัมพันธ์สายน้ำผึ้งมีศักยภาพสูงในการผลิตฮอร์โมนพืช IAA (Indole acetic acid) และส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าส้มได้ [8]

การศึกษาทดลองครั้งนี้ได้คัดเลือกแอคติโนมัยซีทแอนโดไฟท์จากงานทดลองของยูพา จอมแก้ว [8] มาศึกษาความสามารถเชิงปริมาณในการย่อยละลายฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากหินแร่ธรรมชาติ ซึ่งคาดว่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามและ/หรือผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความสามารถเชิงปริมาณของแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์ในการละลายฟอสฟอรัสออกจากแร่ธรรมชาติ (หินฟอสเฟต)
2. เพื่อประเมินความสามารถเชิงปริมาณของแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์ในการละลายโพแทสเซียมออกจากแร่ธรรมชาติ (แร่เฟลด์สปาร์)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกเชื้อแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์

ทำการคัดเลือกเชื้อแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์ที่แยกได้จากงานทดลองของยูพา จอมแก้ว [8] ซึ่งมีทั้งหมด 101 ไอโซเลท (isolates) โดยเลือกเชื้อสกุล (genus) ที่ต่างกันมาทุกสกุล (6 สกุล) ส่วนในเชื้อในสกุลเดียวกันนั้น ได้เลือกจากลักษณะกายภาพ (phenotype) ที่ต่างกัน นำเชื้อที่คัดเลือกได้จาก stock culture ที่ยูพาได้เก็บที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาขยายโดยเลี้ยงบนอาหาร IMA2 (Inhibitory Mold Agar 2) [8] บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนเชื้อแต่ละ Isolate เจริญเต็มที่จึงนำเชื้อไปใช้ในการศึกษาต่อไป

2. การวิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสฟอรัส จากแคลเซียมฟอสเฟต, อะลูมิเนียมฟอสเฟต และ หินฟอสเฟต

การวิเคราะห์หาความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสจาก แคลเซียมฟอสเฟต, อะลูมิเนียมฟอสเฟต และ หินฟอสเฟต ของเชื้อแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์ [9] ทำโดยการ เลี้ยงเชื้อในอาหาร IMA 2 ประมาณ 7 วัน ทำการเจาะเส้นใยด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 มิลลิเมตร ใส่ลงในอาหาร pikovskaya's broth 25 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งมีส่วนผสมของสารตั้งต้นในการละลายฟอสฟอรัส เพียง 1 ชนิด คือ 0.5 % แคลเซียมฟอสเฟต, 0.5 % อะลูมิเนียมฟอสเฟต หรือ 0.5% หินฟอสเฟตบด ส่วนชุดควบคุม (Control) ไม่มีการใส่เชื้อ โดยมีการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มโดยเขย่าที่ความเร็ว 125 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วนำอาหารที่มีเชื้อเจริญมาแยกส่วนสารละลายโดยการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 (whatman no. 5) นำสารละลายใส่ไปวัด pH ทันที โดยใช้ pH meter และวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส [9] ส่วนตะกอนเซลล์ไปวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้งของเชื้อโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง และนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทำโดยการไปเปิดสารละลายเชื้อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก ทำการเติมสารละลาย color reagent 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 820 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

3. วิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์

การวิเคราะห์หาความสามารถในการละลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์ ของเชื้อแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์ [5] ทำการเลี้ยงเชื้อแอสคิตินัมยีสท์เอนโดไฟท์เช่นเดียวกับในข้อ 2 แต่ใช้อาหาร Silicate bacteria ที่มีแร่เฟลด์สปาร์เป็นแหล่งให้โพแทสเซียม จำนวน 25 ml /flask โดยการชั่งแร่ใส่ลงใน flask แต่ละใบในปริมาณที่ให้ K 0.15 g /Kl และทำชุดควบคุม (Control) โดยไม่มีการใส่เชื้อ โดยมีการทดลอง 3 ซ้ำ นำเชื้อที่ได้ไปบ่มโดยเขย่าที่ความเร็ว 125 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 7 วัน นำเชื้อที่ได้มาแยกส่วนสารละลายโดยการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำส่วนละลายใส่ไปวิเคราะห์หาโพแทสเซียม และนำตะกอนเซลล์ไปวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้งของเชื้อ โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง และนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายทำโดยการไปเปิดสารละลายเชื้อตัวอย่าง 1 ml ลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml แล้วใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตร แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ละลายได้โดยใช้ Atomic absorption

spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 766.5 นาโนเมตร ที่ slit width เท่ากับ 0.7 nm และที่ Energy อยู่ในช่วง 66-70

ผลการวิจัย

การคัดเลือกเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ (Phenotype) เบื้องต้น และศึกษาจากข้อมูลของงานทดลองของ ยุกา จอมแก้ว [8] ทำให้สามารถคัดเลือกตัวแทนเชื้อทั้งหมดได้ 33 ไอโซเลท จาก 6 สกุล (genus) ได้แก่ *Streptomyces*, *Nocardia*, *Nocardiopsis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และ ไอโซเลทที่ยังไม่สามารถระบุสกุลได้ (unidentified) (ตารางที่ 1) ซึ่งในทั้ง 6 สกุลนี้ คัดเลือกไอโซเลทที่มีศักยภาพในการผลิตสารที่ช่วยในการเจริญเติบโตที่ดีแตกต่างกัน การขยายตัวและเพิ่มปริมาณเชื้อได้อย่างรวดเร็ว มาทำการศึกษาความสามารถเชิงปริมาณของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ในการละลายธาตุอาหารพืชออกจากแร่ธรรมชาติ

ตารางที่ 1 ตัวแทนสกุลเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ไอโซเลทต่างๆ ที่คัดเลือกนำมาศึกษาในการทดลอง

Genus	Isolate
<i>Streptomyces</i>	TGsL 01-01, TGsL 03-14, TGcL 01-009, TGcL 04-004, TGsS 02-02, TGsS 03-07, TGsR 01-01, TGsR 01-09, TGsR 01-15, TGsR 03-02, TGcR 01-02, TGcR 04-010, TGcR 04-011, TGcR 04-018
<i>Nocardia</i>	TGsR 01-12
<i>Nocardiopsis</i>	TGsL 02-04, TGsL 02-05, TGcL 04-060
<i>Spirillospora</i>	TGsR 01-14
<i>Microbispora</i>	TGsR 01-08
<i>Micromonospora</i>	TGsR 02-03, TGsR 02-01, TGsR 02-20, TGsR 03-06
Unidentified	TGsR 03-04, TGcB 02-016, TGcB 02-020, TGcB 02-026, TGcR 01-007, TGcL 04-053, TGcL 04-064, TGcB 01-002, TGcB 01-007

การวิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสฟอรัส จากแคลเซียมฟอสเฟต

จากการทดสอบการละลายฟอสฟอรัสจากแคลเซียมฟอสเฟต พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีททั้งหมดมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสได้ทุกไอโซเลท (100% ของเชื้อทั้งหมด) โดยสามารถละลายได้ตั้งแต่ 26.91-1,317.91 mg P/L (ภาพที่ 1) (ตารางที่ 2) ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้มากที่สุดคือ TGcL 04-060 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 1,317.91 mg P/L และไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้น้อยที่สุดคือ TGcR 04-018 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 26.91 mg P/L (ภาพที่ 1) และเมื่อเปรียบเทียบตามสกุลแล้วพบว่า สกุล *Nocardiopsis* มีความสามารถละลายฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยได้มากที่สุด โดยมีปริมาณตั้งแต่ 196.13-1,317.91 mg P/L ส่วนสกุล *Streptomyces*, *Nocardia*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และเชื้อในกลุ่มที่ไม่สามารถระบุสกุลได้ มีความสามารถละลายฟอสฟอรัสได้ ดังนี้คือ 26.91-368.50, 75.06, 402.34, 177.99, 55.52-463.41 และ 67.73-314.42 mg P/L ตามลำดับ ได้วัดความสามารถในการผลิตกรดของ จุลินทรีย์โดยที่ก่อนการทดลองค่า pH ของอาหารที่ใช้มีค่าเป็นกลาง (pH 7) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (7 วัน) พบว่า ในอาหารที่มีเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์มีค่า pH ลดลงเป็น 4.21-5.32 (ตารางที่ 2) ไอโซเลทให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุดคือ TGsR 02-020 มีค่า pH 4.21 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัส 463.41 mg P/L ส่วน ไอโซเลทที่เปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างได้น้อยที่สุดคือ TGsR 02-001 มีค่า pH 5.32 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัส 55.52 mg P/L

การวิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสฟอรัส จากอะลูมิเนียมฟอสเฟต

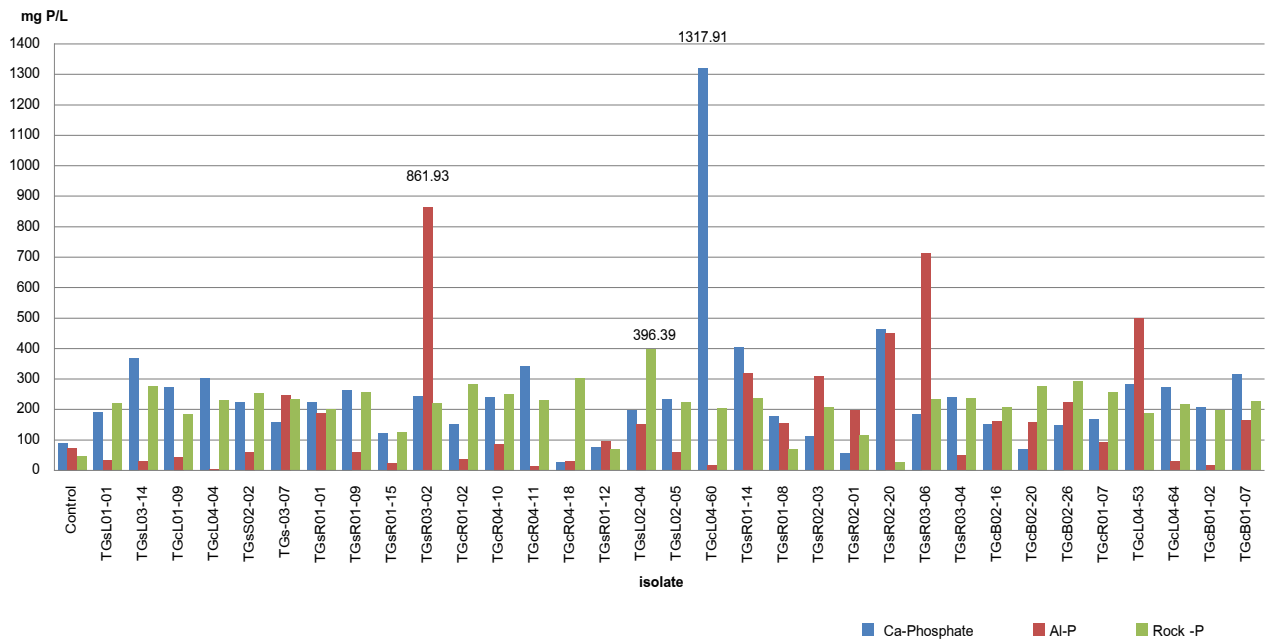
จากการทดสอบการละลายฟอสฟอรัสจากอะลูมิเนียมฟอสเฟตพบว่า เชื้อแอกติโนมัยซีททุกไอโซเลทมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด (100% ของเชื้อทั้งหมด) มีปริมาณตั้งแต่ 3.24-861.93 mgP/L (ตารางที่ 2) ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้มากที่สุดคือ TGsR 03-002 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 861.93 mgP/L และไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้น้อยที่สุดคือ TGcL 04-004 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 3.24 mgP/L และเมื่อเปรียบเทียบกับสกุลแล้วพบว่า *Streptomyces* มีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสได้มากที่สุดโดยมีปริมาณตั้งแต่ 3.24-861.93 mgP/L ส่วนสกุล *Nocardia*, *Nocardiosis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และเชื้อในกลุ่มที่ไม่สามารถ ระบุสกุลได้ มีความสามารถละลายฟอสฟอรัสได้ ดังนี้คือ 93.66, 15.97-151.69, 317.30, 152.66, 195.46-712.52 และ 14.81-498.91 mgP/L ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนค่า pH ในอาหารที่มีเชื้อแอกติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ทุกไอโซเลทมีค่าลดลง โดยมีค่า pH เป็น 2.62 ถึง 4.77 (ตารางที่ 2) ไอโซเลท ที่ให้ความเป็นกรดได้มากที่สุดคือ TGsS 03-007 มีค่า pH 2.62 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัสได้ 246.93 mg P/L ส่วนไอโซเลทกรดน้อยที่สุดคือ TGsR 02-001 มีค่า pH 4.77 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัส 195.46 mg P/L

การวิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสฟอรัส จากหินฟอสเฟต

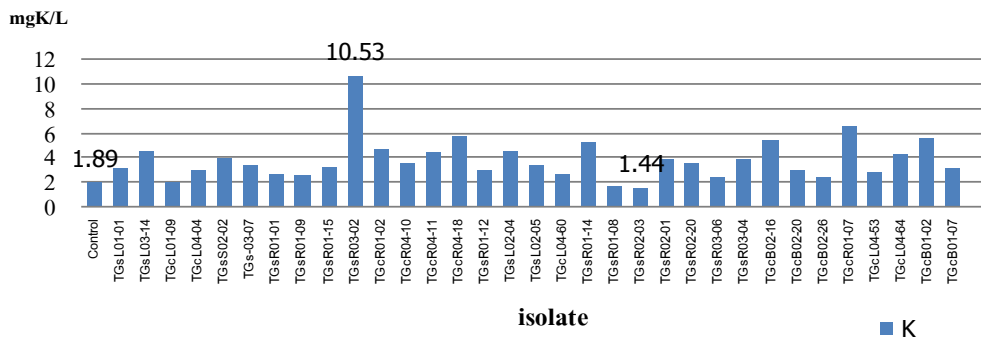
จากการทดสอบการละลายฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตพบว่า เชื้อแอกติโนมัยซีททั้งหมดมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด (100%ของเชื้อทั้งหมด) มีปริมาณตั้งแต่ 26.77-396.39 mgP/L พบว่า ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้มากที่สุดคือ TGsL 02-004 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 396.39 mgP/L และไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสได้น้อยที่สุดคือ TGsR 02-020 มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 26.77 mgP/L และเมื่อเปรียบเทียบกับสกุลแล้วพบว่า *Nocardiosis* มีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสได้มากที่สุด โดยมีปริมาณตั้งแต่ 202.46-396.39 mgP/L ส่วนสกุล *Streptomyces*, *Nocardia*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และเชื้อในกลุ่มที่ไม่สามารถระบุสกุลได้ มีความสามารถละลายฟอสฟอรัสได้ ดังนี้คือ 182.89-228.97, 66.74, 235.55, 67.57, 26.77-233.13 และ 187.75-291.41 mgP/L ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ในอาหารที่มีเชื้อแอกติโนมัยซีทเอนโดไฟท์มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นคือ pH 3.27-4.72 ไอโซเลทที่ให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุดคือ TGsL 02-004 มีค่า pH 3.27 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัสได้ 396.39 mgP/L ส่วนไอโซเลทที่ให้ค่าความเป็นกรดน้อยที่สุดคือ TGsR 02-020 มีค่า pH 4.72 และมีค่าการละลายฟอสฟอรัส 26.77 mg P/L

การวิเคราะห์หาความสามารถเชิงปริมาณในการละลายโพแทสเซียม จากแร่เฟลด์สปาร์

จากการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์พบว่า เชื้อแอกติโนมัยซีททั้งหมดมีความสามารถในการละลายโพแทสเซียมได้ทั้งหมด (100%ของเชื้อทั้งหมด) มีปริมาณตั้งแต่ 1.44-10.53 mg K/L ไอโซเลทที่สามารถละลายโพแทสเซียมได้มากที่สุดคือ TGsR 03-002 มีค่าการละลายโพแทสเซียม 10.53 mg K/L (ภาพที่ 2) (ตารางที่ 2) และไอโซเลทที่สามารถละลายได้โพแทสเซียมน้อยที่สุดคือ TGsR-01-008 มีค่าการละลายโพแทสเซียม 1.44 mg K/L และเมื่อเปรียบเทียบกับสกุลแล้วพบว่า *Streptomyces* มีความสามารถในการละลายโพแทสเซียมได้มากที่สุด โดยมีปริมาณตั้งแต่ 1.94-10.53 mgK/L ส่วนสกุล *Nocardia*, *Nocardiosis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และเชื้อในกลุ่มที่ไม่สามารถระบุสกุลได้ มีความสามารถละลายโพแทสเซียมได้ ดังนี้คือ 2.90, 2.55-4.43, 5.23, 1.60, 1.44-3.69 และ 2.29-6.53 mg K/L ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถเชิงปริมาณในการละลายฟอสฟอรัส จากแคลเซียมฟอสเฟต อะลูมิเนียมฟอสเฟต และหินฟอสเฟต ของแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ไอโซเลทต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถเชิงปริมาณในการละลายโพแทสเซียมจากแร่เฟลด์สปาร์ ของแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ไอโซเลทต่างๆกับชุดควบคุม

ตารางที่ 2 ความสามารถในการละลายฟอสฟอรัส ของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ไอโซเลตต่างๆ

Genus	Isolate	Phosphorus solubilizing activity						Potassium solubilizing activity	
		Ca-Phosphate		Al-Phosphate		Rock-Phosphate		K-feldspar	
		mg P/L ¹	pH	mg P/L ²	pH	mg P/L ³	pH	mg P/L ⁴	pH
<i>Streptomyces</i>	TGsL-01-001	190.55	4.76	32.36	3.74	221.06	3.82	3.01	7.30
	TGsL-03-014	368.50	4.61	28.31	3.82	274.13	3.90	4.51	7.45
	TGcL-01-009	271.15	4.66	43.34	3.78	182.89	4.15	1.94	7.19
	TGcL-04-004	302.21	4.99	3.24	3.81	228.97	3.86	2.86	7.20
	TGsS-02-002	221.60	4.50	60.31	3.76	251.31	3.90	3.86	7.03
	TGsS-03-007	158.45	4.99	246.93	2.67	232.16	3.76	3.28	7.41
	TGsR-01-001	221.95	5.05	188.52	3.54	200.24	3.74	2.64	7.30
	TGsR-01-009	262.43	4.37	58.58	3.61	254.78	4.06	2.39	6.52
	TGsR-01-015	121.12	5.27	24.26	4.27	123.56	4.24	3.11	7.55
	TGsR-03-002	242.54	4.62	861.93	2.76	219.25	3.93	10.53	6.46
	TGcR-01-002	152.17	4.52	34.28	3.81	283.43	4.14	4.58	7.37
	TGcR-04-010	239.40	4.61	86.34	3.47	250.61	3.28	3.49	7.29
TGcR-04-011	340.94	4.26	13.46	3.80	228.83	3.71	4.31	7.32	
TGcR-04-018	26.91	4.77	30.81	3.56	300.36	3.93	5.70	7.45	
<i>Nocardia</i>	TGsR-01-012	75.06	4.55	93.66	4.23	66.74	4.79	2.90	7.63
	TGsL-02-004	196.13	4.57	151.69	3.62	396.39	3.27	4.43	6.71
<i>Nocardioopsis</i>	TGsL-02-005	232.42	4.67	57.42	3.76	222.86	4.12	3.39	7.42
	TGcL-04-060	1317.91	4.79	15.97	4.62	202.46	3.53	2.55	7.34
<i>Spirillospora</i>	TGsR-01-014	402.34	4.96	317.30	3.73	235.55	4.20	5.23	7.37
<i>Microbispora</i>	TGsR-01-008	177.99	4.30	152.66	4.20	67.57	4.51	1.60	7.46
	TGsR-02-003	109.60	4.49	307.27	3.19	204.82	3.84	1.44	7.51
<i>Micromonospora</i>	TGsR-02-001	55.52	5.32	195.46	4.77	115.38	4.53	3.69	7.61
	TGsR-02-020	463.41	4.21	448.20	3.38	26.77	4.72	3.48	7.45
	TGsR-03-006	184.97	4.53	712.52	2.62	233.13	3.64	2.37	6.86
	TGsR-03-004	239.50	5.10	48.74	3.54	236.60	4.31	3.75	7.50
	TGcB-02-016	149.38	4.79	159.79	3.56	205.30	4.03	5.38	7.35
	TGcB-02-020	67.73	4.51	157.48	3.41	276.56	3.98	2.95	7.35
	TGcB-02-026	148.33	5.14	223.41	3.90	291.41	4.09	2.29	7.30
Unidentified	TGcR-01-007	166.82	4.47	91.54	3.54	255.54	4.12	6.53	7.51
	TGcL-04-053	281.62	4.64	498.91	3.56	187.75	3.82	2.73	7.11
	TGcL-04-064	271.15	4.65	29.27	3.78	215.79	4.10	4.15	6.70
	TGcB-01-002	207.30	4.72	14.81	3.62	196.35	4.09	5.54	7.42
	TGcB-01-007	314.42	4.69	162.87	3.79	225.36	3.98	3.02	7.41

¹Values were obtained by subtracting the control value (Control = 89.93 mgP/L)

²Values were obtained by subtracting the control value (Control = 73.03 mgP/L)

³Values were obtained by subtracting the control value (Control = 45.99 mgP/L)

⁴Values were obtained by subtracting the control value (Control = 1.89 mgP/L)

สรุปและอภิปรายผล

จากการประเมินความสามารถเชิงปริมาณของเชื้อแอสคิโนไมซีทเอนโดไฟท์ 33 ไอโซเลท จาก 6 สกุล (genus) ได้แก่ *Streptomyces*, *Nocardia*, *Nocardiosis*, *Spirillospora*, *Microbispora*, *Micromonospora* และ ไอโซเลทที่ยังไม่สามารถระบุสกุลได้ (unidentified) พบว่า เชื้อทั้งหมดที่เลือกมา (100%) มีความสามารถในการละลายทั้งฟอสฟอรัสของทุกแหล่งและโพแทสเซียมจากแร่ธรรมชาติได้ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ ภาวิณี [7] ที่ศึกษาแอสคิโนไมซีทจำนวน 57 สายพันธุ์ พบว่า มีเพียง 33% ของเชื้อเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่ละลายได้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของวุฒิชัย จันทรมบัติ [10] ซึ่งพบว่า แบคทีเรียสายพันธุ์ Rs01 สามารถละลายฟอสเฟตในรูป $Ca_3(PO_4)_2$ ได้สูงสุด 1,103 mg P/L สุภาพร จันรุ่งเรือง [11] พบว่า แบคทีเรียสายพันธุ์ Rs01 มีประสิทธิภาพการละลายแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) ได้สูงที่สุดคือ 878.5 mg P/L และ การศึกษาของนิศารัตน์ ทวีนุต [12] ซึ่งพบว่า เชื้อราไอโซเลท F003 มีความสามารถในการละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้สูงสุดคือ 1,090.6 mg P/L สำหรับในงานทดลองครั้งนี้พบว่า ไอโซเลท TGcL 04-060 (*Nocardiosis*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัสจากแคลเซียมฟอสเฟตได้สูงมากถึง 1,317.91 mg P/L (ตารางที่ 2) สำหรับอะลูมิเนียมฟอสเฟต [13] ได้ศึกษาโดยใช้เชื้อ *Eupenicillium parvum* ในอาหารที่ให้อะลูมิเนียมฟอสเฟตเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส ที่ 6 วัน พบว่า สามารถละลายฟอสฟอรัส ได้ 89.6 mg P/L และสุภาพร จันรุ่งเรือง [11] พบว่า โดยแบคทีเรียที่สามารถละลายอะลูมิเนียมฟอสเฟต ($AlPO_4$) คือ Rs01 และ Rs02 มีค่าการละลาย 36.5 mg P/L และ 119.5 mg P/L ตามลำดับ สำหรับในงานทดลองครั้งนี้ ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสจาก อะลูมิเนียมฟอสเฟต ได้มากที่สุดคือ TGsR 03-002 (*Streptomyces*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 861.93 mg P/L ส่วนในการละลายหินฟอสเฟต [14] พบว่า เชื้อที่คัดเลือกมีความสามารถในการละลายหินฟอสเฟตคือ *C. krissii*, *P. expensum* และ *M. ramosissimus* ซึ่งมีค่าการละลาย 107.2, 101.1 และ 97.7 mg P/L ตามลำดับ และนวรรตน์ เหล่าชาวลิตกุล, ประเสริฐ อะมริต และ พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ [15] พบว่า จุลินทรีย์ต่างๆ ละลายหินฟอสเฟตได้มากน้อยต่างกันคือ *Aspergillus* sp. No.1 ละลายให้ค่าฟอสฟอรัสมากที่สุดคือ 78 mg P/L สำหรับในงานทดลองครั้งนี้ ไอโซเลทที่สามารถละลายฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟต ได้มากที่สุดคือ TGsL 02-004 (*Nocardiosis*) มีค่าการละลายฟอสฟอรัส 396.39 mg P/L สำหรับความสามารถในการละลายโพแทสเซียมในการทดลองครั้งนี้พบว่า ไอโซเลท TGsR 03-002 (*Streptomyces*) มีค่าการละลายโพแทสเซียมสูงสุดคือ 10.53 mg K/L ส่วนงานทดลองของศศิณาด กานตารัมภ์ [16] การใส่เชื้อซิลิเกตแบคทีเรียลงไปในการเพาะพบว่า ทุก isolate ทำให้โพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายได้ในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือ เพิ่มจาก control ประมาณ 2.2-2.8 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบกับทดลองนี้พบว่า การไม่ใส่เชื้อแอสคิโนไมซีท (Control) มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายได้ 1.89 mg K/L แต่เมื่อใส่เชื้อแอสคิโนไมซีทลงไปในการเพาะพบว่า ทุก isolate ทำให้โพแทสเซียมทั้งหมดที่ละลายได้ในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือ เพิ่มจาก control ประมาณ 2.7-6.9 เท่าตัว

เมื่อเปรียบเทียบค่าการละลายของแร่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในการทดลองครั้งนี้พบว่า แอสคิโนไมซีทเอนโดไฟท์ให้ค่าการละลายฟอสฟอรัสสูงกว่าโพแทสเซียมมาก และเมื่อเปรียบเทียบแหล่งของฟอสฟอรัสพบว่า แอสคิโนไมซีทเอนโดไฟท์สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตได้สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานของสุภาพร จันรุ่งเรือง [11] ซึ่งพบว่า แบคทีเรียส่วนใหญ่สามารถละลายฟอสเฟตในรูป $Ca_3(PO_4)_2$ ได้ดีกว่า $FePO_4$ และ $AlPO_4$

กลไกในการละลายฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากแร่ธรรมชาติ คาดว่าเกิดจากการที่แอสคิโนไมซีทเอนโดไฟท์ผลิตกรดอินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งค่า pH ในอาหารที่มีการให้แหล่งของฟอสฟอรัสทุกแหล่งโดยเฉพาะอะลูมิเนียมฟอสเฟตมีค่าลดลงจาก 7 เป็น 2.67 (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับนวรรตน์ เหล่าชาวลิตกุล, ประเสริฐ อะมริต และ พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ [15] ที่สรุปว่า จุลินทรีย์สามารถผลิตกรดในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ โดยพบว่า เมื่อเริ่ม

การทดลองอาหารเลี้ยงเชื้อมีค่า pH 7 ปรากฏว่า ในอาหารที่มีแบคทีเรีย *Bacillus meg thorium* มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเป็น pH 4.6 เช่นเดียวกันกับนิสคาร์ตัน ทวีนูด [12] ได้ทำการคัดเลือกเชื้อรา ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสฟอรัสในปริมาณมากที่สุด โดยใช้ $Ca_3(PO_4)_2$ เป็นแหล่งของฟอสฟอรัสพบว่า การเปลี่ยนแปลง pH ของอาหารเหลว ของเชื้อราทุกๆ isolate ทำให้ pH ของอาหารลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 3 วันโดย isolate F004 ทำให้ค่า pH ของอาหารเหลวลดลงจาก 5.99 เป็น 2.96 และที่ 7 วัน pH ของอาหารลดลงมากที่สุดคือมีค่า pH 2.09 ซึ่งทุกๆ isolate มีความแตกต่างจาก control ซึ่งไม่ใส่เชื้อด้วย

ปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง จุลินทรีย์ดังกล่าวได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus* sp. และราในสกุล *Aspergillus* sp., *Thiobacillus*, *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. เป็นต้น จากผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า แอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์หลายไอโซเลท มีศักยภาพสูงในการละลายฟอสเฟตทั้งในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต อะลูมิเนียมฟอสเฟต และหินฟอสเฟตได้ใกล้เคียงหรือดีกว่าแบคทีเรีย และเชื้อราเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นตั้งได้กล่าวมาแล้ว จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเชื้อดังกล่าวไปพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพหรือประยุกต์ในภาคสนามเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรวรรณ ฉัตรสิริรุ่ง. (2551). *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] Hu, X.; Chen, J.; & Guo. J. (2006). Two phosphate and potassium-solubilizing bacteria isolated from Tianmu Mountain, Zhejiang, China. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 22: 983-990.
- [3] กฤตย์ สมสาร. (2549). ฟอสฟอรัสในดิน. ใน *สารความรู้บทความลำดับที่ 334*. เชียงใหม่: วิทยาลัยเทคนิค เชียงใหม่.
- [4] Illmer, P.; & Schinner, F. (1992). Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biochem*. 24: 389-395.
- [5] Hebei Academy of Sciences. (1996). *International training course on biological fertilizer*. n.p.: The Institute of Microbiology.
- [6] Drautz, H.; & Zahner, H. (1986). New microbial metabolites. In *Biological and Biomedical Aspects of Actinomycetes*. pp. 227-234. n.p.: Akademiai Kiado.
- [7] ภาวณี สุทธิวิริยะ; สัตยญา วัชรโรทัย และ อรัณทิพย์ ธรรมชัยพิเนต. (2551). การสร้างสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชจากเอนโดไฟติกแอคติโนมัยซีท. ใน *34th Congress on Science and Technology of Thailand*. ม.ป.พ.
- [8] ยุพา จอมแก้ว. (2552). การจำแนกลักษณะทางพีโนไทป์และจีโนไทป์ของเชื้อแอคติโนมัยซีทเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากส้มและศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของส้ม. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ปฐพีศาสตร์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [9] Pikovskaya, R.I. (1948). Mobilization of phosphorus in soil connection with the vital activity of some microbial species. *Microbiologiya*. 17: 362-370.

- [10] วุฒิชัย จันทรสุมบัตติ; นวลจันทร์ ภาสดาว และ มนต์ระวี พีราวัชร. (2550). การคัดเลือกจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. ใน *รายงานผลการวิจัยส่วนสำรวจและจำแนกดิน*. หน้า 1-51. ม.ป.ท.: สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [11] สุภาพร จันรุ่งเรือง; เบญจมาศ รสโสภา; และ กรรณิการ์ สัจจาพันธ์. (2553). ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต *Burkholderia* sp. สายพันธุ์ Rs01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2. *วารสารกำแพงแสน*. 8(1): 1-14.
- [12] นิศารัตน์ ทวีนุต. (2546). *ประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ดินต่อการย่อยสลายฟอสเฟตและการตรึงไนโตรเจนในปุ๋ยหมัก*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ปฐพีศาสตร์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [13] Pratibha, VYAS; et al. (2007). Phosphate solubilization potential and stress tolerance of *Eupenicillium parvum* from tea soil. *Mycological Research*. 3: 931-938.
- [14] Chun-qiao, Xiao; et al. (2008). Optimization for rock phosphate solubilization by phosphate solubilizing fungi isolated from phosphate mines. *Ecological Engineering*. 33: 187-193.
- [15] นวรัตน์ เหล่าชวลิตกุล; ประเสริฐ อะมริต; และ พงศ์เทพ อันตะริกานนท์. (2531). การละลายของหินฟอสเฟตโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 26 3-5 กุมภาพันธ์ 2531 รายงานผลการวิจัย สาขาพืช*. หน้า 423-431. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [16] ศิณีนาถ กานตารัมภ์. (2548). *ปริมาณและกิจกรรมของซิลิเกตแบคทีเรียสายพันธุ์พื้นเมืองในดินและการตอบสนองของสตรอเบอรี่ต่อการใส่หัวเชื้อซิลิเกตแบคทีเรียที่มีการผลิตเป็นการค้า ณ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ปฐพีศาสตร์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

**SWU6-1107: การเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย
Oscillatoria sp.**

**INCREASING THE AMOUNT OF OXYGEN IN THE WATER FROM KHLONG SAEN SAEP BY
CYANOBACTERIA *Oscillatoria* sp.**

โชติรส ตระกูลกำเนิด*, ปิยะณัฐ อินทร์แถม, วิภาดา จำรัสรักษ์, ศลิษา คงชนะ, ยุทธศักดิ์ ตำนายุทธศิลป์,
สุภาภรณ์ ศิริโสภณา, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ

Chotiros Trakoonkamnerd*, Piyanat Intham, Wipada Jumrusuk, Salisa Kongchana, Yuttasak Danyuttasilp,
Supaporn Sirisopana, Surasak Laloknam

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: poopachompoo@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp. โดยเพาะเลี้ยง *Oscillatoria* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด BG₁₁ ที่พีเอช 7.7 อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาวตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นทำการเก็บเซลล์ด้วยการเซนตริฟิวก์แล้วชั่งเซลล์ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม นำไปใส่ในตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบปริมาตร 200 มิลลิลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาวตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 14 วัน ตรวจสอบดัชนีคุณลักษณะของน้ำ ได้แก่ สี กลิ่น รส ค่าความเป็นกรด-เบส และค่าออกซิเจนละลาย พบว่า ไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp. สามารถลดกลิ่นของน้ำจากคลองแสนแสบได้และมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 7.5-9.5 จากนั้นทำการศึกษาค่าออกซิเจนละลาย (DO) พบว่า ไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp. สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบได้ โดยปริมาณไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp. ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 0.1 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ซึ่งในวันที่ 12 สามารถผลิตออกซิเจนได้สูงสุดเท่ากับ 6.42 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: ออสซิลลาทอเรีย ไซยาโนแบคทีเรีย ปริมาณออกซิเจนในน้ำ

Abstract

The aim of this research is to enhance the amount of oxygen in the water from Khlong Saen Saep by cyanobacteria *Oscillatoria* sp. The *Oscillatoria* sp. was cultured in the BG₁₁ at pH 7.7, room temperature (28°C) under white light for 14 days. Then, cells were collected by centrifugation. The 0.1, 0.2, and 0.4 g. of weighing cells were put in a sample volume of 200 ml of water from Khlong Saen Saep at room temperature (28°C) under white light for 14 days. By checking the index of the water features (including color, flavor, pH, and the dissolved oxygen), the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. can reduce the smell of the water from the Khlong Saen Saep and pH is in the range 7.5 to 9.5. From the study of dissolved oxygen (DO), the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. can increase the amount of oxygen in the water of Klong Saen Saep. The

optimal quantity of the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. for increasing the oxygen content is 0.1 g per 200 ml of water. For 12 days after experiment, a maximum of 6.42 mg of oxygen per liter can be produced.

Keywords: *Oscillatoria* sp., Cyanobacteria, Amount of oxygen in the water

บทนำ

คลองแสนแสบเป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำที่สำคัญของกรุงเทพมหานคร ประชากรส่วนใหญ่นิยมใช้การเดินทางโดยเรือผ่านคลองแสนแสบ เพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่แออัดบนท้องถนนเพื่อประหยัดระยะเวลาในการเดินทาง ทำให้ได้รับความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น [1] กิจกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันที่อาศัยอยู่บริเวณสองฝั่งของคลองแสนแสบ รวมถึงผู้ที่ใช้เป็นเส้นทางในการเดินทาง จะใช้น้ำในการชำระล้างร่างกายหรือสิ่งของเครื่องใช้แล้วปล่อยน้ำทิ้ง โดยไม่มีการกรองหรือบำบัด รวมถึงการทิ้งขยะมูลฝอย ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นลดลง เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์มากทำให้เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยจุลินทรีย์บางชนิดเนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำมีน้อยจึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นจึงทำให้การนำมาใช้ประโยชน์ของน้ำจากคลองแสนแสบได้น้อยลง [2] ด้วยลักษณะของน้ำดังกล่าวคลองแสนแสบจึงนำมาใช้ได้เพียงการคมนาคมเพราะปริมาณออกซิเจนต่ำ

ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้และให้ผลิตภัณฑ์เป็นออกซิเจน ไซยาโนแบคทีเรียมีหลายชนิดและมีรูปร่างแตกต่างกันไป เช่น อะนาบีน่า (*Anabaena* sp.) นอสตอค (*Nostoc* sp.) และ ออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) อาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม หรือสิ่งแวดล้อมเฉพาะเช่น บ่อน้ำพุร้อน ทั้งนี้เนื่องจากไซยาโนแบคทีเรียมีความสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ดี [3-4] ออสซิลลาทอเรียเป็นไซยาโนแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นสายสามารถทนต่อแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกออสซิลลาทอเรียเป็นตัวอย่างศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณในน้ำจากคลองแสนแสบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp.

วิธีดำเนินการวิจัย

การเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp.

ทำการเพาะเลี้ยงออสซิลลาทอเรียในอาหารชนิด BG₁₁ ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาวตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 14 วัน จากนั้นทำการเก็บเซลล์โดยการเซนตริฟิวก์ที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำตะกอนเซลล์ออสซิลลาทอเรียใช้ในการทดลองต่อไป

การวิเคราะห์ลักษณะของน้ำตัวอย่างจากคลองแสนแสบ

เก็บตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบบริเวณท่าเรือประสานมิตร กรุงเทพฯ โดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) [5] จากนั้นตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 [6] ซึ่งดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา (1) สี กลิ่น รส (Colour, Odour, Taste) ใช้การสังเกต (2) อุณหภูมิ (Temperature) ใช้เทอร์โมมิเตอร์ (3) ความเป็นกรด-เบส (pH) ใช้เครื่องวัดค่า pH (pH meter) และ (4) ออกซิเจนละลาย (DO) ใช้ DO meter

การศึกษาการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลอโรแลนเทียมโดยใช้เอสซิลลาทอเรีย

นำเอสซิลลาทอเรียมาซึ่งให้มีน้ำหนัก 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม แล้วใส่ลงในตัวอย่างจากคลอโรแลนเทียมปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาวตลอดเวลา แล้วทำการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ สี กลิ่น รส อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส และค่าออกซิเจนละลาย ที่เวลาเริ่มต้น 30 นาที 1 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวัดทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3

ผลการวิจัย

สีของตัวอย่างน้ำ

การศึกษาสีของตัวอย่างน้ำจากคลอโรแลนเทียมที่ใส่เอสซิลลาทอเรีย ปริมาณ 0, 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม เป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สีของตัวอย่างน้ำจากคลอโรแลนเทียมที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0 – 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

วันที่	ที่ระยะเวลา (ชั่วโมง)	สีของตัวอย่างน้ำ			
		ปริมาณไซยาโนแบคทีเรีย (กรัม) : น้ำ 200 มิลลิลิตร			
		0	0.1	0.2	0.4
0	0	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง
	0.5	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง
	1	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง	สีเทาจาง
1	12	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน
	2	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	เขียว
4	84	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	เขียว
	6	เหลืองอ่อน	เขียวอ่อน	เขียว	เขียวเข้ม
8	180	เหลือง	เขียว	เขียว	เขียวเข้ม
	10	228	เหลือง	เขียว	เขียวเข้ม
12	276	เหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง
	14	324	เหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง

จากตารางที่ 1 พบว่า ตัวอย่างน้ำจากคลอโรแลนเทียมที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2, 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่เอสซิลลาทอเรีย ในช่วง 0-1 ชั่วโมงแรก มีสีเทาจาง เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 12 เป็นต้นไป ตัวอย่างน้ำจากคลอโรแลนเทียมที่ไม่ใส่เอสซิลลาทอเรีย เริ่มมีสีเหลืองซึ่งอาจเกิดจากการตกตะกอนของกรดอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างน้ำที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม จะมีสีเขียวซึ่งเกิดจากไซยาโนแบคทีเรีย โดยในขวดที่ใส่เอสซิลลาทอเรีย 0.4 0.2 และ 0.1 กรัม มีสีเขียวเข้ม สีเขียว และสีเขียวอ่อน ตามลำดับ และพบว่า ในช่วงวันที่ 12-14 เริ่มมีสีเขียวอมเหลือง

กลิ่นของตัวอย่างน้ำ

การศึกษากลิ่นของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม และไม่ใส่เอสซิลลาทอเรียเป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงผลดังตารางที่ 2

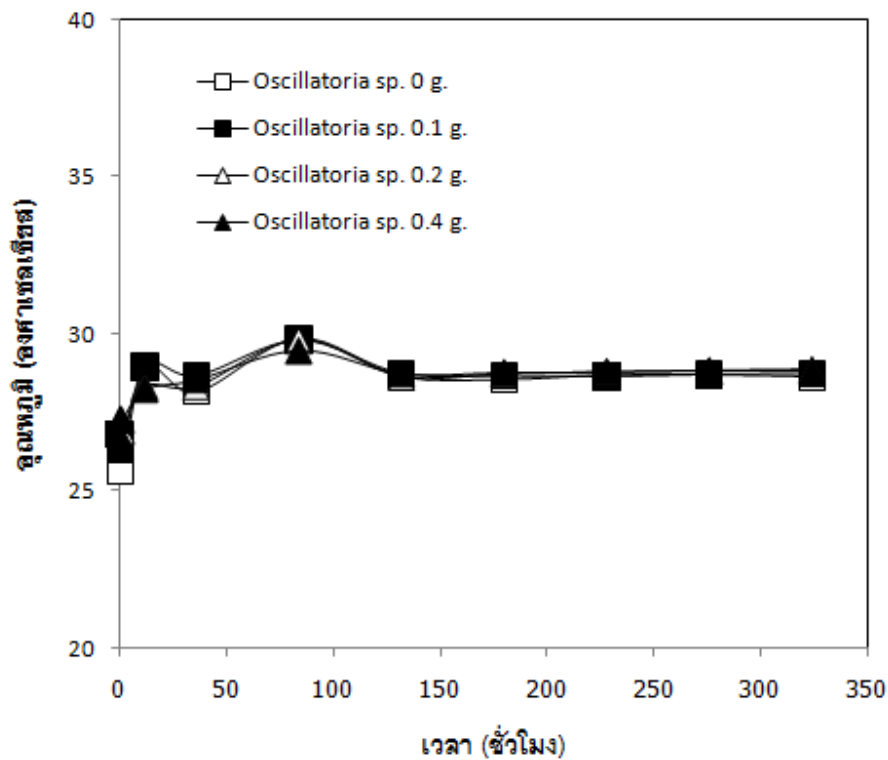
ตารางที่ 2 กลิ่นของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0 – 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

วันที่	ที่ระยะเวลา (ชั่วโมง)	กลิ่นของตัวอย่างน้ำ			
		ปริมาณไซยาโนแบคทีเรีย (กรัม) : น้ำ 200 มิลลิลิตร			
		0	0.1	0.2	0.4
	0	เหม็น	เหม็น	เหม็น	เหม็น
0	0.5	เหม็น	เหม็น	เหม็น	เหม็น
	1	เหม็น	เหม็น	เหม็น	เหม็น
1	12	เหม็น	เหม็น	เหม็น	เหม็น
	2	36	เหม็น	เหม็น	เหม็น
4	84	เหม็น	เหม็นน้อยลง	เหม็นน้อยลง	เหม็นน้อยลง
	6	132	เหม็น	เหม็นน้อยลง	เหม็นน้อยลง
8	180	เหม็น	เหม็นน้อยลง	เหม็นน้อยลง	เหม็น
	10	228	เหม็นน้อยลง	เหม็นน้อยลง	เหม็น
12	276	เหม็นน้อยลง	เหม็น	เหม็นมาก	เหม็นมาก
	14	324	เหม็นน้อยลง	เหม็น	เหม็นมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า กลิ่นของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่เอสซิลลาทอเรีย ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.4 กรัม ในวันที่ 4 พบว่า ตัวอย่างน้ำมีกลิ่นเหม็นน้อยลง และพบว่า ในวันที่ 8 ตัวอย่างน้ำที่ใส่เอสซิลลาทอเรีย 0.4 กรัม มีกลิ่นเหม็นขึ้น ในขณะที่ตัวอย่างน้ำที่ใส่เอสซิลลาทอเรีย 0.2 และ 0.1 กรัม มีกลิ่นเหม็นในวันที่ 10 และ 12 ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำที่ไม่ใส่เอสซิลลาทอเรีย ตัวอย่างน้ำมีกลิ่นเหม็นน้อยลงในวันที่ 10

อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ

การศึกษาอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่เอสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม และไม่ใส่เอสซิลลาทอเรีย เป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงผลดังภาพที่ 1

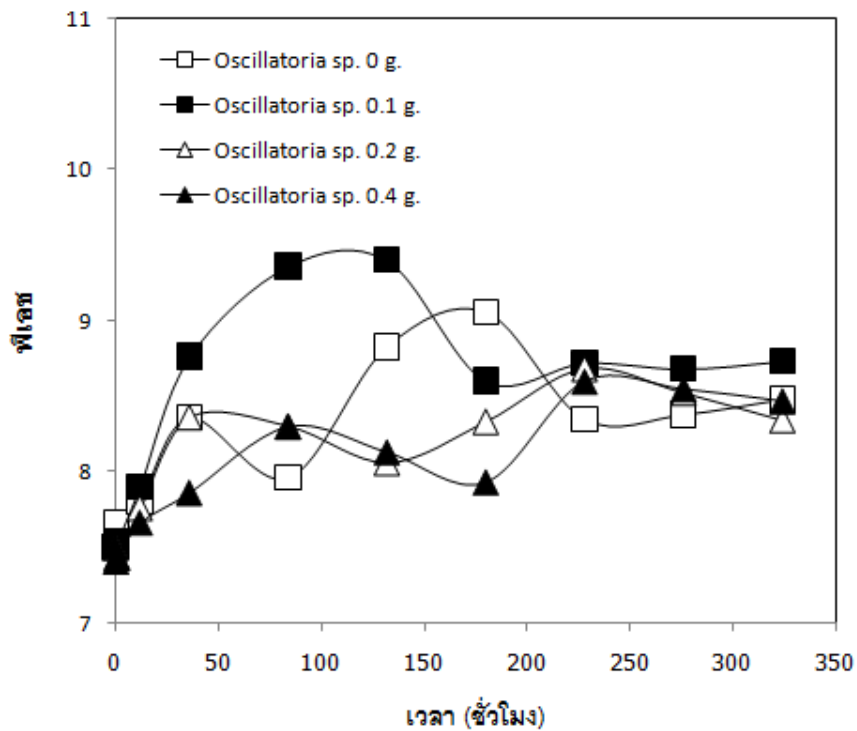


ภาพที่ 1 อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรียปริมาณ 0 – 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

จากภาพที่ 1 พบว่า ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่ออสซิลลาทอเรีย มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26-30°C ซึ่งเป็นไปตามค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิตามธรรมชาติในภาวะปกติอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส

ค่าความเป็นกรด – เบส (pH) ของน้ำ

การศึกษาค่าความเป็นกรด – เบสของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่ออสซิลลาทอเรีย เป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงผลดังภาพที่ 2

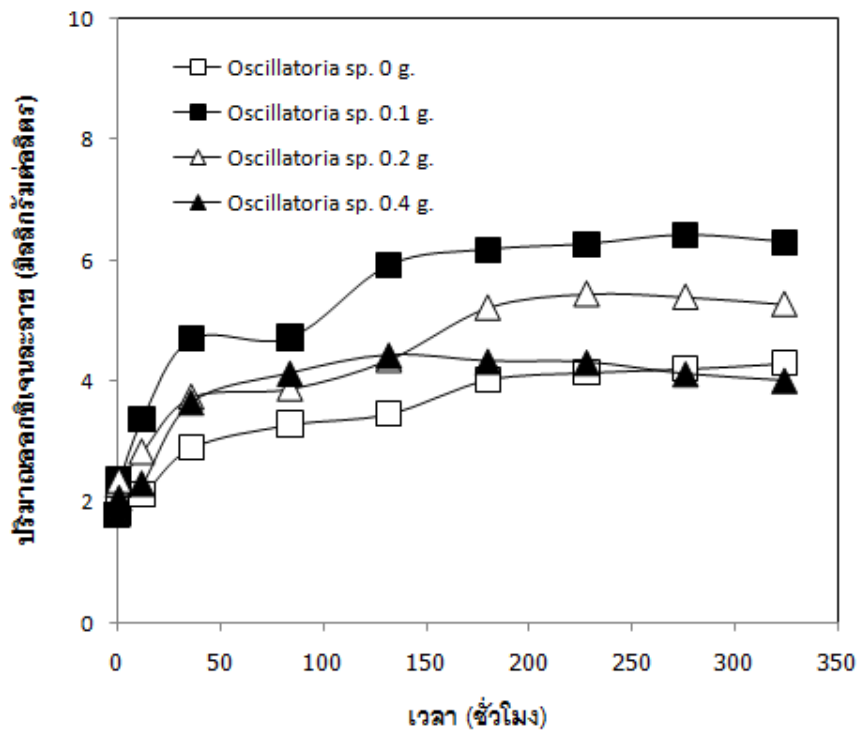


ภาพที่ 2 ค่าความเป็นกรด-เบสของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่สาหร่ายสีเขียวปริมาณ 0 – 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

จากภาพที่ 2 พบว่า ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่สาหร่ายสีเขียว ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่สาหร่ายสีเขียว มีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 7.5-9.5 ซึ่งสอดคล้องและเป็นไปตามค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำอยู่ในช่วง 5.0-9.0

ค่าปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ของตัวอย่างน้ำ

การศึกษาค่าปริมาณออกซิเจนละลายของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่สาหร่ายสีเขียว ในปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่สาหร่ายสีเขียว เป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย ปริมาณ 0 – 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

จากภาพที่ 3 พบว่า ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1, 0.2, 0.4 กรัม และที่ไม่ใส่ออสซิลลาทอเรีย มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น โดยพบว่า ในวันที่ 6 ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย 0.4 กรัม มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นเป็น 4.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 10 ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย 0.2 กรัม มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นเป็น 5.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 12 ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย 0.1 กรัม มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นเป็น 6.42 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria* sp. โดยศึกษาที่ปริมาณ 0, 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร พบว่า ตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย จะมีสีเขียวซึ่งเกิดจากการสะท้อนแสงของไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ โดยในขวดที่ใส่ ออสซิลลาทอเรีย 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม มีสีเขียวอ่อน สีเขียว และสีเขียวเข้ม ตามลำดับ และออสซิลลาทอเรีย ช่วยให้กลิ่นเหม็นของตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบลดลงได้ภายในเวลาประมาณ 10 วัน ทั้งนี้เป็นเพราะออสซิลลาทอเรียอาจจะมีการใช้สารอินทรีย์บางประเภทเป็นแหล่งอาหาร หลังจากนั้นเมื่ออาหารในตัวอย่งน้ำหมดออสซิลลาทอเรียน่าจะเริ่มตายจึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นกลับมาอีกครั้ง โดยตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรีย มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26-30°C และมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 7.5-9.5 อีกทั้งออสซิลลาทอเรียสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากคลองแสนแสบได้ โดยตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบที่ใส่ออสซิลลาทอเรียปริมาณ 0.1 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนได้สูงสุดที่ 6.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 12 ของการศึกษา ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และสอดคล้องกับการ

ที่ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีการปล่อยออกซิเจนสู่สิ่งแวดล้อมจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
[4]

เอกสารอ้างอิง

- [1] คลองแสนแสบ. (2555). สืบค้น 6 มกราคม 2555, จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/คลองแสนแสบ> 2554
- [2] มยุรี ตั้งธนาวัฒน์. (2555). ดัชนีชี้บ่งทางชีวภาพกับคุณภาพแหล่งน้ำ. สืบค้น 6 มกราคม 2555, จาก http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=88&i2=16 2544
- [3] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2555). ไซยาโนแบคทีเรีย. สืบค้น 6 มกราคม 2555, จาก http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/biol0551pt_ch2.pdf
- [4] ยุติ พีรพรพิศาล. (2549). สาหร่ายวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] สมศักดิ์ พลายมาต. (2555). วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน. สืบค้น 6 มกราคม 2555, จาก http://www.envwest.com/km/data/033-km_reo8.pdf
- [6] กรมควบคุมมลพิษ. (2555). มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. สืบค้น 6 มกราคม 2555, จาก <http://www.navy.mi.th/science/Project/Work/watersoil.files/watersoil.htm>

SWU6-1109: การเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียที่มีส่วนผสมของธูปฤาษี

THE GROWTH OF CYANOBACTERIUM *Oscillatoria* sp. IN CYANOBACTERIUM MEDIA CONTAINING CAT-TAIL

กนกกานต์ นาคทอง¹, โปธิพรรณ ครรชิตานุรักษ์¹, ชัยศาสตร์ คเชนทร์สุวรรณ¹, อนิษฐา ศรีนวล¹,
สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ^{2,3*}

Kanokgan Nakthong¹, Potitorn Kanchitanurak¹, Chaiyasad Kachensuwan¹, Anittan Srinual¹,
Surasak Laloknam^{2,3*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

³หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Reserch Unit on Science, Technology and Environment for Learning, Faculty of Science,

Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: surasakl@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำน้ำสกัดธูปฤาษีมาเป็นส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด BG₁₁ และศึกษาปริมาณไนโตรเจนในน้ำสกัดต่อการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย นำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของธูปฤาษีแบบแห้งและสดความเข้มข้นเท่ากับ 7.49 และ 3.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำน้ำสกัดไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด BG₁₁ ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 1 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียเจริญในอาหารชนิด BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดธูปฤาษีแบบแห้งได้ดีที่สุด รองลงมาคือ อาหารชนิด BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดธูปฤาษีแบบสด และไม่มีน้ำสกัดจากธูปฤาษี ตามลำดับ การศึกษาปริมาณไนโตรเจนในน้ำสกัดธูปฤาษีแบบแห้งต่อการเจริญพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 3 mg/100ml ทำให้ออสซิลลาทอเรียมีการเจริญดีที่สุด การศึกษานี้สรุปได้ว่า น้ำสกัดจากธูปฤาษีสามารถนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียได้

คำสำคัญ: ธูปฤาษี ออสซิลลาทอเรีย อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด BG₁₁

Abstract

This research aims to use cat-tail extract as a mixture of cyanobacteria medium (BG₁₁) on the growth of the cyanobacterium *Oscillatoria* sp. Two kinds of cat-tail extract, dry and fresh cat-tail samples were determined for nitrogen content. The dry and fresh cat-tail showed concentrations of 7.49 and 3.74 mg/ml, respectively. Both dry and fresh cat-tail extracts were supplement in BG₁₁ medium to a nitrogen

concentration of 1 mg/100 ml. The growth of cyanobacterium *Oscillatoria* sp. in BG₁₁ medium containing dried cat-tail extract showed the highest growth rate following BG₁₁ medium containing fresh cat-tail extract and medium without extract. Dry cat-tail extract were selected further experiment. The nitrogen concentrations of extract were varied in BG₁₁ medium. The growth rate of cyanobacterium *Oscillatoria* sp. was determined. The nitrogen concentration in BG₁₁ medium at 3 mg/100 ml showed the highest growth rate of cyanobacterium *Oscillatoria* sp. These research suggested that cat-tail could use as mixture of BG₁₁ medium.

Keywords: Cat-tail, *Oscillatoria* sp., BG₁₁ medium

บทนำ

ต้นธูปฤๅษีจัดเป็นวัชพืชที่ขึ้นบริเวณชายน้ำ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ เช่น กกช้าง กกธูป เพื่อ ปรีอ และหญ้าสลาบลวง [1] เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในอันดับ (order) Poales วงศ์ Typhaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Typha angustifolia* L. ธูปฤๅษีเป็นวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำ เช่น แหล่งน้ำในชุมชน แหล่งน้ำเสียหน้าโรงงานต่างๆ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะลดปริมาณของธูปฤๅษีโดยการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ อาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว ควาย และแพะ [2] ใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำไบโอ-เอทานอล (Bio-ethanol) [3] รวมถึงมีรายงานองค์ประกอบของผักตบชวาพบว่า มีปริมาณธาตุต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส [4]

ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) เป็นสิ่งมีชีวิตอยู่ในดิวิชันไซยาโนไฟตา (Division:Cyanophyta) [5] สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้คล้ายพืช เช่น *Microcystis* sp. *Gloeocapsa* sp. *Tolypothrix* sp. *Spirulina* sp. และ *Oscillatoria* sp. ไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้ (Nitrogen-fixing cyanobacteria) เช่น *Nostoc* sp. และ *Anabaena* sp. [6] การเจริญของไซยาโนแบคทีเรียมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และปริมาณธาตุอาหารซึ่งรวมถึงแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน เพื่อนำไปใช้สร้างพลังงานและโครงสร้างของเซลล์ [7]

ไซยาโนแบคทีเรียมีประโยชน์หลายด้าน เช่น *Chroococcus turidus* และ *Oscillatoria* sp. สามารถผลิตรงควัตถุ วิตามิน ยาปฏิชีวนะ พอลิแซคคาไรด์ กรดไขมันจำเป็น และเอนไซม์ เพื่อนำผลิตภัณฑ์มาใช้เชิงพาณิชย์ เช่น สีสผสมอาหาร ไอศกรีม ยา และเป็นแหล่งเชื้อเพลิง [8-9] มีการสกัดไฟโคไซยานินจาก *Anabaena* sp. NCCU-9 เป็นอาหารเสริม เครื่องสำอาง การวินิจฉัยและการรักษาโรคเพื่อใช้ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม ยังมีรายงานว่าสารสกัดจาก *Oscillatoria willei* มีฤทธิ์ระงับปวดและฤทธิ์ต้านการอักเสบและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [10-11]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำน้ำสกัดจากธูปฤๅษีมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย BG₁₁ เพื่อเพิ่มผลผลิตของไซยาโนแบคทีเรียและลดปริมาณธูปฤๅษีในสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างน้ำสกัดรูปถ่ายแบบสด

นำรูปถ่ายที่เก็บมาจากแหล่งน้ำมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดจากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นผสมกับน้ำในอัตราส่วนรูปถ่าย 10 กรัม ต่อน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางนำส่วนที่กรองได้ไปทำการทดลองต่อไป

การเตรียมตัวอย่างน้ำสกัดรูปถ่ายแบบแห้ง

นำรูปถ่ายที่เก็บมาจากแหล่งน้ำมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดจากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปั่นผสมกับน้ำในอัตราส่วนรูปถ่าย 10 กรัม ต่อน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองด้วยผ้าขาวบางนำส่วนที่กรองได้ไปทำการทดลองต่อไป

การหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำสกัดรูปถ่ายแบบสดและแบบแห้ง

ทำการหาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้ชุดตรวจสอบของ Hanna instruments (HI3895N-O) ตามวิธีของ อัฐวุฒิ คำแสน [12] นำตัวอย่างน้ำสกัดรูปถ่ายแบบสดและแบบแห้งปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมนสารละลายทดสอบไนโตรเจนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Jenway UV/Vis6405) นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานไนโตรเจนโดยใช้ไซโตเดียมไนเตรตเป็นสารมาตรฐาน

การติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปถ่ายชนิดสดและชนิดแห้ง

ทำการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด BG₁₁ [13] จากนั้นนำเชื้อไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรียใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาว (ความสว่าง 54 ลูเมนต่อตารางเมตร) ประมาณ 14 วัน (mid log phase) เพื่อใช้เป็นเชื้อไซยาโนแบคทีเรียเริ่มต้น

ทำการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปถ่ายแบบสดและแบบแห้งโดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายของไนโตรเจนเป็น 1 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร จากนั้นนำเชื้อไซยาโนแบคทีเรียตั้งต้นใส่ลงไปให้มีความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงสีขาว และทำการติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ปกติ อาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ที่มีผสมน้ำสกัดรูปถ่ายแบบสด และ อาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ที่มีผสมน้ำสกัดรูปถ่ายแบบแห้ง ทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

การวัดการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรีย

ทำการวัดการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรียโดยการชั่งน้ำแห้งดังนี้ นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง (A) นำเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียปริมาตร 1 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง นำไปล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในหม้อดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองที่มีไซยาโนแบคทีเรีย (B) คำนวณหาน้ำหนักแห้งดังนี้ น้ำหนักแห้งไซยาโนแบคทีเรีย = (B-A) มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

การศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต่อการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรีย

ทำการแปรผันความเข้มข้นของไนโตรเจนต่อในอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียที่มีความเข้มข้น 0-10 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำสกัดจากรูปถ่ายแบบแห้ง จากนั้นทำการติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรียตามวิธีการทดลองข้างต้น

ผลการวิจัย

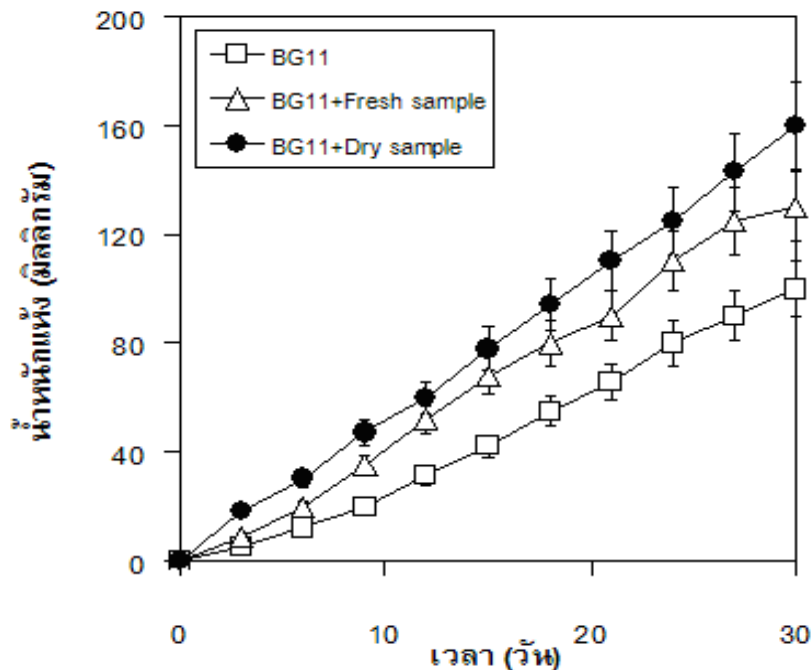
จากการเตรียมตัวอย่างน้ำสกัดรูปฤาษีแบบสดและแบบแห้งแล้วหาปริมาณไนโตรเจนของน้ำสกัดจากตัวอย่างทั้งสองแสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำสกัดรูปฤาษี

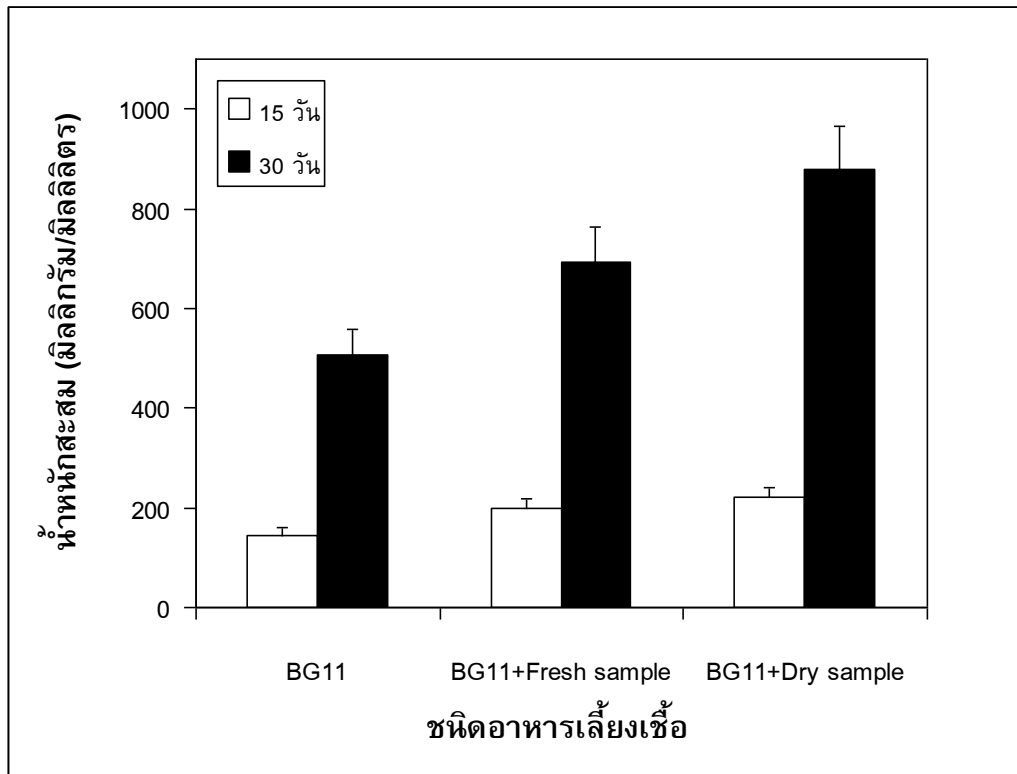
ชนิดน้ำสกัด	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
แบบสด	3.74
แบบแห้ง	7.49

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของน้ำสกัดรูปฤาษีแบบแห้งมีความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าแบบสดประมาณ 2 เท่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวอย่างแบบแห้งมีการนำไปอบก่อนที่จะนำมาเตรียมตัวอย่างน้ำสกัดจึงทำให้มีการสูญเสียน้ำออกจากตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างแบบสดนั้นตัวอย่างยังมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่

นำตัวอย่างน้ำสกัดรูปฤาษีแบบสดและแห้งมาเป็นส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด BG₁₁ โดยให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน 1 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากนั้นทำการติดตามการเจริญของออสซิลลาทอเรียตามวิธีการทดลอง ผลการทดลองแสดงผลดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ

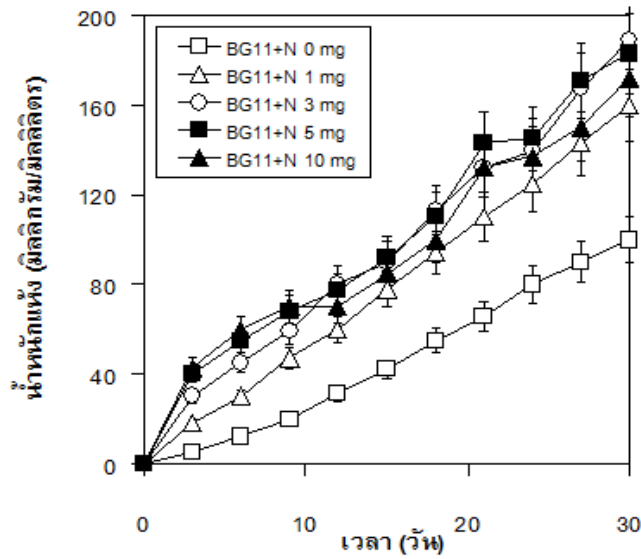


ภาพที่ 2 น้ำหนักแห้งสะสมของออสซิลลาทอเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่างๆ วันที่ 15 และ 30

ภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ออสซิลลาทอเรียสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปถ่ายซีทั้ง 2 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีน้ำสกัดรูปถ่ายซี และออสซิลลาทอเรียสามารถเจริญได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบแห้ง รองลงมาคือ อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบสด และไม่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปถ่ายซีตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อผสมน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบสดและแบบแห้งเท่ากันคือความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แต่การเจริญของทั้ง 2 ภาวะไม่เท่ากันทั้งนี้การเจริญของไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียผสมน้ำสกัดแบบแห้งดีกว่าอาจเป็นเพราะว่ามีปริมาณความเข้มข้นของสารบางตัวที่เหมาะสมต่อการเจริญของออสซิลลาทอเรียซึ่งอาจจะรวมถึงธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น คาร์บอน และฟอสฟอรัส ดังนั้นจึงทำการเลือกน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบแห้งทำการทดลอง

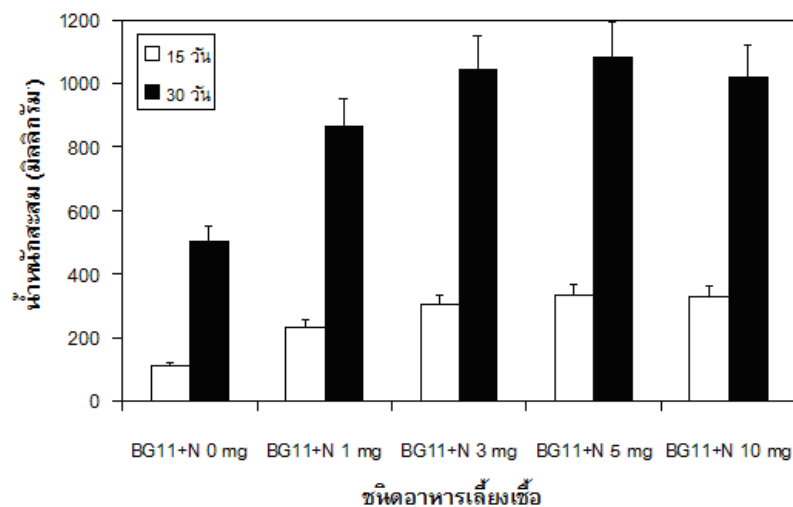
ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณออสซิลลาทอเรียสะสมในวันที่ 15 และ 30 วัน ของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด BG₁₁ ที่มีและไม่มีน้ำสกัดจากรูปถ่ายซีแบบสดและแบบแห้งมีผลไปในทางเดียวกันคือ น้ำหนักสะสมมากที่สุดคือวันที่ 30 ได้ปริมาณน้ำหนักออสซิลลาทอเรียสะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีน้ำสกัดรูปถ่ายซี มีน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบสด และมีน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบแห้งเท่ากับ 0.51, 0.69 และ 0.87 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองนี้ การเลี้ยงออสซิลลาทอเรียเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงควรทำการเลี้ยงเป็นเวลา 30 วัน

จากนั้นทำการศึกษหาปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เหมาะสมของน้ำสกัดรูปถ่ายซีแบบแห้งผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ต่อการเจริญของออสซิลลาทอเรีย โดยแปรผันความเข้มข้นของไนโตรเจน 0 1 3 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ติดตามการเจริญด้วยวิธีการหาน้ำหนักเซลล์แห้งที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ผลของความเข้มข้นไนโตรเจนในน้ำสกัดรูปธาตุแบบแห้งต่อการเจริญของ
 ไชยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ออสซิลลาทอเรียสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BG₁₁ ที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดรูปธาตุแบบแห้งทุกความเข้มข้นของไนโตรเจน โดยปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโต โดยที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ออสซิลลาทอเรียมีการเจริญดีที่สุด ซึ่งความเข้มข้นไนโตรเจนที่มากกว่านี้ให้ผลของการเจริญไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมน้ำสกัดรูปธาตุที่มีความเข้มข้นไนโตรเจน 3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในการเลี้ยงออสซิลลาทอเรียต่อไป จากการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของน้ำสกัดรูปธาตุแบบแห้งที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่ามีแนวโน้มการเจริญลดลงทั้งนี้เป็นไปได้ว่ารูปธาตุมีสารบางอย่างที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของออสซิลลาทอเรียได้ แต่ต้องมีปริมาณความเข้มข้นสูง และมีรายงานว่าสารสกัดบางอย่างสามารถยับยั้งการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียได้ เช่น KCl, KHCO₃, NaHCO₃ [14]



ภาพที่ 4 น้ำหนักแห้งสะสมของออสซิลลาทอเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนต่างกัน
 วันที่ 15 และ 30

ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณออกซิเดชันของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด BG₁₁ ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนต่างกันมีผลไปในทางเดียวกันคือ น้ำหนักสะสมมากที่สุดคือ วันที่ 30 ดังนั้นการเลี้ยงออกซิเดชันของอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงควรทำการเลี้ยงเป็นเวลา 30 วัน

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าออกซิเดชันของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของน้ำสกัดจากสาหร่ายสีเขียวและแบคทีเรีย โดยการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมน้ำสกัดจากสาหร่ายสีเขียวแบบแห้งให้ผลดีกว่าแบบสด และอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณน้ำสกัดจากสาหร่ายที่ความเข้มข้นของไนโตรเจน 3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ให้การเจริญดีที่สุดและให้ผลผลิตสูงสุดที่ 30 วัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] นพพล เกตุประสาท. (2554). *ธูปฤๅษี*. นครปฐม: หน่วยอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชพันธุ์ฝ้ายปฏิบัติกรวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2554, จาก <http://clgc.rdi.ku.ac.th/index.php/rs/weed/373-typha>
- [2] ดวงพร สุวรรณกุล; และ รังสิต สุวรรณเขตนิคม. (2544). *วัชพืชในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] Suda Katherine; et al. (2007). The Feasibility of Using Cattail from Constructed Wetland to Product Bioethanol. *Environmental Science and Technology*.
- [4] Boyd; & Hess. (1970). Factors influencing shoot production and mineral nutrient levels in *Typha latifolia*. *Ecology*. 51(2): 296-300.
- [5] Bold, H.; & Wynne, M. (1978). *Introduction to the algae: structure and reproduction*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- [6] ยุวดี พิธีพรพิศาล; และคนอื่นๆ. (2551). กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระที่ร้อนของรงควัตถุกลุ่มไฟโคบิลิโปรตีนจากไซยาโนแบคทีเรียในน้ำพุร้อนเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ที่ร้อนด้านอื่น. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] พิมพ์ภาพ มณีธร. (2554). *ผลของแสงสีต่างๆ และการเพาะเลี้ยงในสภาวะเฮเทอโรโทรฟิกที่มีต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไฟโคบิลิโปรตีนของไซยาโนแบคทีเรีย Oscillatoria sp. KC 45*. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม (ชีววิทยา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [8] Mohan, N.; et al. (2010). Mass Cultivation of *Chroococcus turgidus* and *Oscillatoria sp.* and Effective Harvesting of Biomass by Low-cost methods. *Journal of nature*.
- [9] Hemlata; et al. (2009). Studies on *Anabaena sp.* NCCU-9 with special reference to phycocyanin. *Journal of Algal Biomass Utiln.* 2(1): 30-51.
- [10] Rajavel, R.; et al. (2007). Evaluation of analgesic and anti-inflammatory activities of *Oscillatoria willei* in experimental animal models. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3(7): 533-537.
- [11] ชยากร ภูมาศ; และคนอื่นๆ. (2550). *การคัดกรองไฟโคบิลิโปรตีนและกิจกรรมด้านออกซิเดชันที่ทนอุณหภูมิสูงจากไซยาโนแบคทีเรียเจริญที่อุณหภูมิสูงบางชนิด*. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม (ชีววิทยา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- [12] อัจฉิณี คำแสน; และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2010). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการใช้ชุดกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพดินและการเปลี่ยนแปลงของดินสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [13] Laloknam, S.; et al. (2006). Halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica* contains a betaine transporter active at alkaline pH and high salinity. *Appl. Environ. Microbiol.* 72(9): 6018-6026.
- [14] Parke, L.; et al. (1997). Potassium Salts Inhibit Growth of the Cyanobacteria *Microcystis* spp. in Pond Water and Defined Media: Implications for Control of Microcystin-Producing Aquatic Blooms. *Journal of American Society for Microbiology.* 63(6): 2324-2329

SWU6-1152: การผลิตไฮโดรเจนจากไฮโดรไลเซสของชานอ้อยโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ: ผลของค่าพีเอชเริ่มต้นและความเข้มข้นของสับเสตรท

PRODUCTION OF BIOHYDROGEN FROM BAGASSE HYDROLYSATE BY ANAEROBIC MIXED CULTURES: EFFECTS OF INITIAL pH, AND SUBSTRATE CONCENTRATION

Naphat Phowan^{1*}, Nataporn Poomipak²

¹Department of Cultural Environment and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand

²Department of Biotechnology, Faculty of Technology, Khon Kaen University, Khon Kaen 40001, Thailand

***Corresponding author, E-mail:** naphat@swu.ac.th

บทคัดย่อ

ศักยภาพของชานอ้อยไฮโดรไลเซสใช้สำหรับการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ถูกศึกษาในกระบวนการหมักแบบกะ ชานอ้อยถูกไฮโดรไลซ์ในหม้อหนึ่งความดันที่ 121 °C โดยใช้ H₂SO₄ ที่ระดับความเข้มข้นและเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 0.2 เปอร์เซ็นต์ H₂SO₄ สัดส่วน 1:15 (น้ำหนักแห้งชานอ้อยต่อปริมาตร) เป็นเวลา 30 นาที ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด 25.2 กรัมต่อลิตร ชุดของการทดลองจัดขึ้นเพื่อศึกษาผลของพีเอชและความเข้มข้นของสับเสตรทเริ่มต้นที่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่าการผลิตไบโอไฮโดรเจนสูงสุดที่ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมในเบื้องต้นรวมคือ 25 กรัมซีโอดีต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้น 5.5 ได้ผลผลิตไฮโดรเจน (HY) สูงสุดคือ 348.8 มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดี และอัตราการผลิตไฮโดรเจน (HPR) 3,381 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อวัน

คำสำคัญ: ชานอ้อยไฮโดรไลเซส การผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการหมัก กลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ

Abstract

The potential use of bagasse hydrolysate for fermentative hydrogen production by anaerobic mixed culture was investigated in I batch fermentation. Bagasse was hydrolyzed in autoclave at 121 °C using H₂SO₄ at different concentrations and reaction times. The optimal conditions obtained were 0.2% H₂SO₄ at the ratio of 1:15 (dry wt.: volume) for 30 min, which gave the maximum yield of 25.2 g L⁻¹ of total sugar. A series of batch fermentation were investigated for the effects of initial pH and initial substrate concentration. The results indicated that the highest bio-hydrogen production at the optimal initial total sugar concentration of 24.5 g COD L⁻¹ with initial medium pH of 5.0 with the peak values of hydrogen yield (HY) of 348.8 ml H₂ g⁻¹ COD_{reduced} and the hydrogen production rate (HPR) of 3,381 ml H₂ L⁻¹ d⁻¹.

Keywords: bagasse hydrolysate, fermentative hydrogen production, anaerobic mixed culture

Introduction

The use of fossil fuel has induced very serious environmental pollution. Thus, it is necessary to find alternative energy sources that are renewable and environmentally friendly [1,2]. Hydrogen is expected to be a major energy carrier in the future, essentially due to its non-polluting nature, cost-effective production and versatility in application as fuel [3]. The important operating parameters affecting the hydrogen yield and formation rate in dark fermentation are the initial pH, and substrate concentration [5]. Initial pH is also an important factor that influences the activities of hydrogen-producing bacteria, and the fermentative hydrogen production, because it could affect the hydrogenase activity as well as the metabolic pathways [5].

Bagasse, a lignocellulosic material produced in industrial sectors after sugar extraction processes. The composition of bagasse includes lignin, hemicellulose and cellulose, which can be utilized by microorganisms for H₂ production. Plant materials, such as rice, carrot and potato, were also tested as substrates for fermentative hydrogen production, however, the exploration on the use of energy crop residues like bagasse is scarce. Consequently, it would be of great interest in using bagasse for effective bio-hydrogen production by mixed culture.

Objectives

To identify the optimal culture condition on initial pH and substrate concentration improve the hydrogen production efficiency by acid pretreatment of bagasse and anaerobic mixed culture.

Materials and Methods

Bagasse used in this study was obtained from a local market in Bangkok, Thailand. Anaerobic mixed culture (MC) from the UASB wastewater treatment plant of a local brewery company, Khon Kaen, Thailand. The culture was concentrated by sedimentation and the concentrated sludge was heat-treated at 105°C in a hot air oven for 2 h [6] in order to eliminate the hydrogen consuming methanogens and to select the spore forming and hydrogen producing acidogenic bacteria. The heat-treated seed was anaerobically cultivated in a synthetic medium containing glucose (60 g L⁻¹), peptone (10 g L⁻¹), yeast extract (0.6 g L⁻¹), MgSO₄·7H₂O (0.25 g L⁻¹), K₂HPO₄ (1 g L⁻¹), KH₂PO₄ (1 g L⁻¹), L cysteine-HCl·H₂O (0.1 g L⁻¹) at 35°C and pH = 6.5 in an incubator shaker [7]. Argon gas was purged into the cultivation medium before incubation and the cultivation flasks were closed with gas-tight silicone stoppers and screw caps. The cultivated seed inocula were used for inoculation of experimental bottles after three days of incubation [5,7].

Acidification pretreatment of the substrate

Acid hydrolysis of bagasse was conducted at 121°C, 1.5 Kg cm⁻² for 60 min in autoclave with a mass ratio of solid (g dry weight) to liquid (ml) at 1:15 [8]. Bagasse was hydrolyzed by H₂SO₄ at various concentrations of 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4 and 5% (v v⁻¹). The hydrolysate from each condition was analyzed for sugar contents as well as the concentrations of acetic acid and furfural. The optimum concentration of H₂SO₄ that yield the hydrolysate which gave the highest sugar content was further used to investigate

the effect of reaction times on hydrolysis of cassava pulp. After hydrolysis, the solid residue was separated by filtration through a thin layer cloth. The pH of hydrolysate was adjusted to pH 10 with $\text{Ca}(\text{OH})_2$, the resulting precipitate was removed by centrifugation (1,500 rpm, 15 min) and then reacidified to pH 7.0 [9], followed by further centrifugation to discard the sediment.

Experimental procedure

The batch fermentation treatments were performed in duplicate in 100 ml serum bottles with a working volume of 70 ml comprising of 60 ml of bagasse hydrolysate, 10% (v v^{-1}), viz. 7 ml of each mixed culture, 1.5 ml of 3.75% (w v^{-1}) L-cysteine as a reducing agent and 1.5 ml of nutrient stock solution. Nutrient solution contains (in g L^{-1}) NH_4HCO_3 , 80; KH_2PO_4 , 1.24; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.1; NaCl, 0.01; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.01; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.01; $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.015; and FeCl_2 , 0.0278 [28]. The tested initial pH was varied from 5.0 to 8.0 using 1N HCl or 1N NaOH, while the initial total sugar was fixed at 20 g COD L^{-1} . The optimum pH obtained from this experiment were further used to investigate the effect of initial substrate concentration affecting hydrogen production. The initial total sugar concentrations ranging from 5–40 g COD L^{-1} were obtained by acid hydrolysis with appropriate bagasse to acid ratios and dilutions. The inoculated bottles were placed in an incubator at a constant temperature of 35°C. The volume of biogas produced was measured by plunger displacement method [10,11].

Analytical methods

Hydrolysate samples were centrifuged, filtered through 0.45 μm cellulose acetate membrane and analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC) for total sugar content (glucose xylose, arabinose), acetic acid and furfural. The HPLC analysis were carried out using a LC-10AD (Shimadzu, Japan) with an analysis column (Biorad, Aminex HPX-87H column) maintained at 40°C in a column oven, 1 mM H_2SO_4 as mobile phase at the flow rate of 0.6 ml min^{-1} and a refraction index detector (Shimadzu-RID-6A). Total sugar concentration in the hydrolysate is a summation of glucose, xylose and arabinose concentrations obtained from HPLC analysis in each case.

Samples from the liquid phase were analyzed for total sugars (TS), reducing sugars (RS), and total volatile fatty acids (TVFAs). VSS were measured according to Standard Methods [36], understanding that VSS is the volatile fraction of TSS after ignition [12]. The components of biogas in the headspace including hydrogen, nitrogen, methane and carbon dioxide were determined using a gas chromatography (GC, Shimadzu 2014, Japan) equipped with a thermal conductivity detector (TCD) and 3m x 3 mm diameter stainless-steel column packed with activated charcoal (60/80 mesh) (GL Science Inc., Japan). The temperatures of injector, detector and column oven were 150, 145 and 150°C, respectively. Argon was used as the carrier gas at a flow rate of 25 ml min^{-1} . The concentrations of volatile fatty acids (VFAs) including acetic HAc), propionic (HPr), normal butyric (HBu) acids and solvents including ethanol (EtOH) and butanol (BuOH) were determined using GC (Shimadzu 17A, Japan) equipped with a flame ionization detector (FID) and a 3 m x 3.2 mm diameter glass column packed with Unisole F-200 (30/60 mesh) (GL Science Inc., Japan). The operational temperatures of the injector, detector and column oven were 150, 140 and 150°C, respectively. Nitrogen was used as carrier gas with flow rate of 50 ml min^{-1} .

Kinetic analysis

The volume of biogas produced was calculated by a mass balance equation previously described by Zheng and Yu [38]. The cumulative hydrogen production followed the modified Gompertz equation (Equation 1) [13]:

$$H(t) = P \exp\left\{-\exp\left[\frac{R_m e}{P}(\lambda - t) + 1\right]\right\} \quad (1)$$

Where H is the cumulative volume of hydrogen produced (ml), P is the H_2 production potential or HP (ml), R_m is the maximum hydrogen production rate or HPR ($\text{ml } H_2 \text{ L}^{-1} \text{ d}^{-1}$), λ is the lag phase time (h), t is the incubation time (h) and e is the $\exp(1) = 2.71828$.

The cumulative hydrogen gas production was determined by using the mass balance equation [7].

$$V_{H,i} = V_{H,i-1} + C_{H,i}(V_{G,i} - V_{G,i-1}) + V_{H,0}(C_{H,i} - C_{H,i-1}) \quad (2)$$

Where $V_{H,i}$ and $V_{H,i-1}$ are the cumulative hydrogen gas volumes at the current and previous time, respectively; $V_{G,i}$ and $V_{G,i-1}$ are total biogas volume at the current and previous time; $C_{H,i}$ and $C_{H,i-1}$ are the fraction of hydrogen gas in the headspace at the current and previous time, respectively; V_H is the volume of headspace of serum bottles (30 ml).

Results and Discussion

Glucose and xylose were found as the main hydrolysis products of bagasse. The HPLC results indicated that a small amount of arabinose was also found in the hydrolysates. The concentrations of glucose and xylose were the highest, viz. 12.55 and 9.67 g L^{-1} respectively, when bagasse was hydrolyzed with 0.5% H_2SO_4 for 30 min. (Table 1)

Table 1 Major composition of the bagasse hydrolysate obtained from different acid treatment conditions

Conditions	Glucose (g L^{-1})	Xylose (g L^{-1})	Arabinose (g L^{-1})	HAc (g L^{-1})	Furfural (g L^{-1})	*Total sugar (g L^{-1})
% H_2SO_4 † :						
0.25%	6.35 ^a	8.56 ^{cd}	1.77 ^a	2.13 ^a	0.11 ^a	16.68
0.5%	12.55 ^c	9.67 ^e	2.24 ^b	2.56 ^{ab}	0.13 ^a	24.46
1.0%	9.12 ^{bc}	9.44 ^{de}	2.14 ^b	2.47 ^{ab}	0.28 ^{ab}	20.70
2.0%	8.85 ^{abc}	8.44 ^{bcd}	2.05 ^{ab}	2.37 ^{ab}	0.41 ^{bc}	19.34
3.0%	8.74 ^{ab}	7.67 ^{abc}	1.91 ^{ab}	2.17 ^a	0.62 ^c	18.32
4.0%	7.96 ^{ab}	6.30 ^{ab}	1.94 ^{ab}	2.67 ^{ab}	0.68 ^c	16.20
5.0%	7.84 ^{ab}	5.93 ^a	1.76 ^a	2.92 ^b	0.97 ^d	15.53

Conditions	Glucose (g L ⁻¹)	Xylose (g L ⁻¹)	Arabinose (g L ⁻¹)	HAc (g L ⁻¹)	Furfural (g L ⁻¹)	*Total sugar (g L ⁻¹)
<i>Reaction time†† :</i>						
15min	6.44 ^{ab}	6.55 ^a	1.23 ^a	1.67 ^a	0.11 ^a	14.22
30min	13.44 ^c	11.66 ^b	2.34 ^b	2.36 ^b	0.12 ^a	25.20
60min	12.81 ^c	10.97 ^b	2.24 ^b	2.56 ^b	0.13 ^a	24.02
90min	12.55 ^c	10.44 ^b	2.20 ^b	2.78 ^b	0.13 ^a	23.23
120min	12.54 ^c	9.67 ^{ab}	2.38 ^b	2.86 ^b	0.16 ^a	22.55

^{a, b, c} and ^d denote groups of figures which are significantly different (Duncan, $p \leq 0.05$)

*Total sugar = glucose + xylose + arabinose; HAc: acetic acid.

† obtained at a fixed reaction time of 60 min

†† obtained at a fixed percentage of H₂SO₄ of 0.5% (v v⁻¹)

Table 2 Effect of initial pH of bagasse hydrolysate on production of soluble metabolites by fermentative hydrogen production by UASB granule [temperature = 35^oC, initial total sugar concentration (S₀) = 20 g COD L⁻¹]

Initial pH	Final pH	Total sugar consumed (g-COD/L)	Hydrogen yield (ml H ₂ g ⁻¹ COD _{reduced})	Soluble metabolites (g COD L ⁻¹)							HBu/ TVFAs
				HAc	HBu	HPr	EtOH	BuOH	TVFAs	SMP	
5.0	4.12	13.07	250.8	1.15	5.88	0.06	0.2	0.15	7.14	7.47	0.83
5.5	4.62	14.75	285.9	1.18	6.95	0.07	0.15	0.05	8.24	8.40	0.84
6.0	4.26	13.41	232.4	1.20	5.95	0.08	0.20	0.07	7.27	7.58	0.81
6.5	4.38	13.03	227.0	1.26	5.52	0.06	0.34	0.20	6.59	7.14	0.81
7.0	4.19	13.05	143.5	1.15	4.83	0.09	0.42	0.33	6.03	6.75	0.80
8.0	4.24	10.24	111.3	0.94	3.98	0.05	0.32	0.26	4.85	5.64	0.79

HAc: acetic acid; HBu: normal butyric acid; HPr: propionic acid; EtOH: ethanol; BuOH: butanol;

TVFAs (total volatile fatty acids) = HAc+HBu+HPr;

SMP (soluble microbial products) = TVFAs+EtOH+BuOH

pH is an important factor that influences the fermentative hydrogen production and activities of hydrogen-producing bacteria because it could affect the metabolism pathways as well as the hydrogenase activity [14]. The effect of the initial pH of bagasse hydrolysate on hydrogen production by UASB granule sludge was investigated at a fixed initial biomass concentration of 2.0 g L⁻¹ and initial total sugar concentration of 20 g COD L⁻¹. The hydrogen production potential (HP), the maximum hydrogen production rate (HPR) and hydrogen yield (HY) were estimated using modified Gompertz equation.

Regardless of initial pH value, pH of the cultures dropped during the cultivation to the final value of around 4.1–4.6 (Table 2). The maximum hydrogen production is generally associated with the ratio of H_{Bu}/TVFAs, the results also show that the initial pH of 5.5 gave the maximum hydrogen yield of 285.9 ml H₂ g⁻¹COD_{reduced} with the maximum of H_{Bu}/TVFAs ratio of 0.84 (Table 2). This result was in accordance with Chen et al. [18] which indicated that the highest hydrogen production from glucose by mixed cultures from sewage sludge occurred at the maximum H_{Bu}/TVFAs ratio. Hence, the pH control at an optimum value is needed in order to obtain high hydrogen productivity.

The initial pH values affected the cumulative hydrogen production significantly. The highest cumulative volume of hydrogen (370ml) was obtained from the medium with the initial pH of 5.5, while the medium initial pH of 8.0 gave the lowest cumulative volume of hydrogen (120 ml) as indicated in Fig 1. The results of previous reports about the optimal initial pH for fermentative hydrogen production were diverse, e.g. the optimal initial pH as reported by Mu et al. [15] was 4.2, while that reported by Zhao and Yu [16] was 7.0 The possible reason for this disagreement was the difference of these studies in the terms of inoculum, substrate and initial pH range.

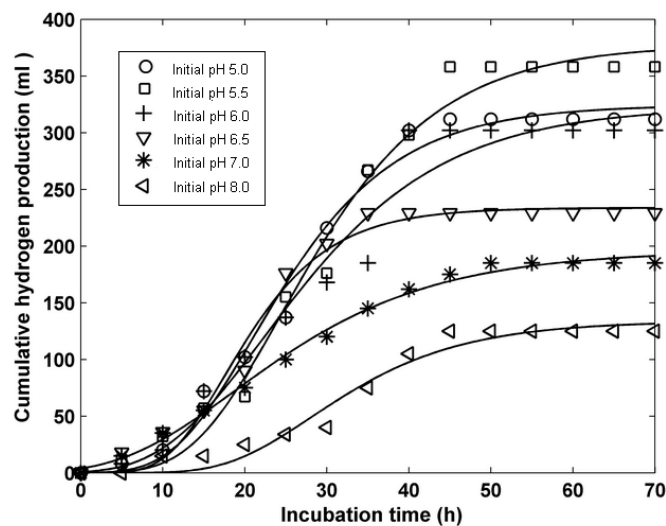


Figure 1 Fermentation time course of cumulative hydrogen gas production as affected by different initial pH [temperature = 35°C, initial total sugar concentration (S_0) = 20 g COD L⁻¹, initial biomass concentration (X_0) = 2.0 g L⁻¹; symbols: observed data, curves: predicted data with Gompertz equation]

The effect of initial total sugar concentrations of bagasse hydrolysate by adjusting to 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0 and 40.0 g COD L⁻¹ using the optimal initial pH 5.5 and incubation temperature at 35°C. Fig 2 indicated that the hydrogen production (HP) increased with the increase of initial total sugar concentration from 5-25 g COD L⁻¹ and decreased when the initial total sugar concentrations were 30 g COD L⁻¹ and 40 g COD L⁻¹. The cumulative H₂ yield increased remarkably with the increasing initial total sugar concentration from 200 ml H₂ g⁻¹COD_{reduced} as the initial total sugar concentration was 5 g COD L⁻¹ to 348.8 ml H₂ g⁻¹COD_{reduced} as the initial total sugar concentration of 25 g COD L⁻¹ was used. The

maximum hydrogen yield was found to be at the initial total sugar concentration of 25 g COD L⁻¹. Their HPR, HP and hydrogen yield decreased at the initial total sugar concentration of 30 g COD L⁻¹ and 40 g COD L⁻¹, which could be resulted from the substrate inhibition [17].

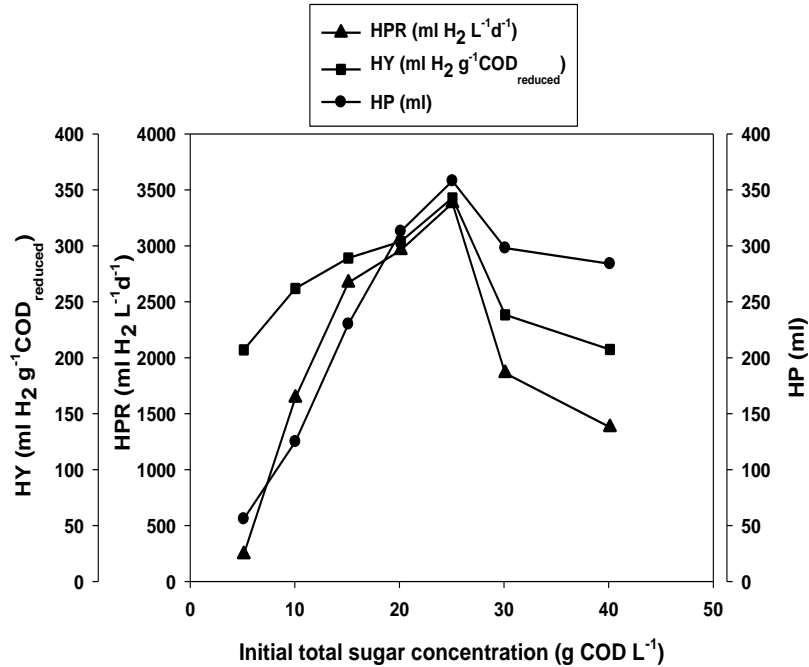


Figure 2 Relationships between hydrogen production (HP), hydrogen production rate (HPR), hydrogen yield (HY) derived from different initial total sugar concentrations [temperature = 35°C, initial pH= 5.5]

Table 3-Effect of initial total sugar concentrations on the production of soluble metabolites by UASB granule [temperature = 35°C, initial pH of 5.5]

Total sugar (g COD L ⁻¹)		Hydrogen yield (ml H ₂ g ⁻¹ COD _{reduced})	Soluble metabolites (g COD L ⁻¹)							HBu/TVFAs
initial	final		HAc	HBu	HPr	EtOH	BuOH	TVFAs	SMP	
5	1.84	205.0	0.63	0.96	0.06	0.19	0.04	1.65	1.88	0.58
10	4.32	261.5	0.73	2.22	0.08	0.16	0.04	3.03	3.23	0.73
15	5.65	289.4	0.86	3.96	0.07	0.42	0.08	4.89	5.39	0.81
20	7.83	303.5	1.07	5.04	0.05	0.34	0.19	6.16	6.69	0.82
25	11.28	348.8	1.12	5.98	0.06	0.58	0.19	7.16	7.93	0.84
30	19.24	238.8	0.95	4.27	0.08	0.35	0.17	5.3	5.82	0.81
40	29.75	207.9	0.85	3.66	0.12	0.46	0.15	4.63	5.24	0.79

HAc: acetic acid; HBu: normal butyric acid; HPr: propionic acid; EtOH: ethanol;

BuOH: butanol; TVFAs (total volatile fatty acids) = HAc+HBu+HPr;

SMP (soluble microbial products) = TVFAs+EtOH+BuOH

The results revealed that the excessive substrate concentrations causes the accumulation of VFAs in the system leading to a decline of pH in the medium, and thus leads to the increase in partial pressure of the fermentation system. The hydrogen production would be switched to solvent production as the partial pressure in the headspace of the reactor increased, consequently the growth of hydrogen producers and hydrogen production would be inhibited [1,5]. Liquid product analysis shows that the major VFAs components in liquid metabolites at various initial total sugar concentrations are mainly butyrate (HBU) and acetate (HAc) with small amounts of propionate (HPr) (Table 3). The results indicated that the initial total sugar concentration of 25 g COD L⁻¹ with the maximum of HBU/TVFAs ratio of 0.84 resulted in the maximum hydrogen yield (348.8 ml H₂ g⁻¹ COD_{reduced}) (Table 3).

Conclusions

The present investigation shows that it is possible to produce H₂ from bagasse hydrolysate by UASB granule sludge in a batch process and that the yields are highly dependent on several factors. The hydrogen yield (HY) and the hydrogen production rate (HPR) were maximum at the total sugar concentration of 25 g COD L⁻¹ and the initial medium pH of 5.5 with peak values of hydrogen yield (HY) of 348.8 ml H₂ g⁻¹ COD_{reduced} and the hydrogen production rate (HPR) of 3,381 ml H₂ L⁻¹ d⁻¹. During the bioconversion of bagasse hydrolysate to hydrogen, acetate, butyrate, butanol and ethanol were the main metabolic by-products in the process. It clearly evidenced that the high hydrogen productivity occurs concurrently with the formation of VFAs and alcohols. The investigation suggests that bagasse could be pretreated by dilute acid hydrolysis to sugar containing hydrolysate and anaerobically fermented for hydrogen production. The results obtained from this study could be further applied in the design of a high rate hydrogen bioreactor.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge financial support by the Ministry of Science and Technology, Thailand under “Capital UDC_002/2548”.

References

- [1] Kapdan I.K., Kargi F. (2006). Bio-hydrogen production from waste materials. *Enz Microbial Technol.* 38(5): 569–582.
- [2] Winter C.J. (2005). Into the hydrogen energy economy-milestones. *Int.J. Hydrogen Energy.*30: 681–685.
- [3] Das D., Veziroglu T.N. (2001). Hydrogen production by biological processed: a survey of literature. *Int.J. Hydrogen Energy.* 26 :13–28.
- [4] Kotay S.M., Das D. (2008). Biohydrogen as a renewable energy resource – prospects and potentials. 33 :258–263.
- [5] Yokoi H., Saito A.S., Uchida H., Hirose J., Hayashi S., Takasaki Y. (2001). Microbial hydrogen production from sweet potato starch residue. *J. Biosci Bioeng.*91:58–63.

- [6] Khanal S.K., Chen W.H., Li L., Sung S. (2004). Biological hydrogen production: effects of pH and intermediate products. *Int.J. Hydrogen Energy*. 29:1123–1131.
- [7] Argun H, Kargi F, Kapdan IK, Oztekin R. (2008). Batch dark fermentation of powdered wheat starch to hydrogen gas: Effects of the initial substrate and biomass concentrations. *Int.J.Hydrogen Energy*.33: 6109-6115.
- [8] Neureiter M., Danner H., Thomasser C., Saidi B., Braum R. (2002). Dilute-acid hydrolysis of sugarcane bagasse at varying conditions. *Appl Biochem Biotechnol*. 49: 98-100.
- [9] Nigam J.N. (2000). Cultivation of *Candida langeronii* in sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate for the production of single cell protein. *World J Microbiol Biotechnol*. 16: 367–372.
- [10] Lee K.S., Hsu Y.F., Lo Y.C., Lin P.J., Lin C.Y., Chang J.S. (2008). Exploring optimal environmental factors for fermentative hydrogen production from starch using mixed anaerobic microflora *Int.J. Hydrogen Energy*. 33: 1565–1572.
- [11] Owen W., Stuckey C., Healy J., Young L., McCarty P.(1978). Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity. *Water Res*. 13:485-493.
- [12] Arnaiz C., Gutierrez J.C., Lebrato J. (2006). Biomass stabilization in the anaerobic digestion of wastewater sludges. *Biores Technol* .97: 1179-1184.
- [13] Zwietering M.H., Jongenburger L., Rombouts F.M., Van't R.K. (1990). Modeling the bacterial growth curve. *Appl Environment Microbiol*. 56:1875-1881.
- [14] Jianlong W., Wei W. (2009). Factors influencing fermentative hydrogen production: A review. *Int.J. Hydrogen Energy*. 34:799-811.
- [15] Mu Y., Yu H.Q., Wang Y. (2006). The role of pH in the fermentative H₂ production from an acidogenic granule-based reactor. *Chemosphere*. 64:350–358.
- [16] Zhao Q.B., Yu H.Q. (2008). Fermentative H₂ production in an upflow anaerobic sludge blanket reactor at various pH values. *Biores Technol*. 99:1353–1358.
- [17] Kalia VC, Joshi AP. (1995).Conversion of waste biomass (pea-shells) into hydrogen and methane through anaerobic digestion. *Biores Technol*. 53:165–168.
- [18] Chen W.M., Tseng Z.J., Lee K.S., Chang J.S. (2005). Fermentative hydrogen production with *Clostridium butyricum* GCS5 isolated from anaerobic sewage sludge. *Int.J. Hydrogen Energy*. 30:1063-1070.

SWU6-1157: การวิจัยและพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟาง

STRAW MUSHROOMS PROCESSING RESEARCH AND DEVELOPMENT

สุมาลี เหลืองสกุล*, ขจีนาฏ โพธิเวชกุล, ประวีติ อังประภาพรชัย

Leungsakul,S.*, Potivejkul, K., Angprapornchai, P.

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: sumalee@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดฟางให้ผลผลิตดีในทุกภาคของประเทศไทยโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งต่างๆ จากการเกษตรในการเพาะ ดังนั้นจึงมีการสนับสนุนให้เกษตรกรเพาะเห็ดฟางกันอย่างแพร่หลาย เมื่อมีการผลิตหัวเชื้อและเพาะเห็ดฟางเพิ่มขึ้นมากเป็นผลให้ในบางฤดูกาลมีเห็ดฟางล้นตลาดทำให้ราคาตก และเห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีอายุสั้นเกิดการเน่าเสียได้อย่างรวดเร็วรวมทั้งผู้บริโภคนิยมบริโภคเห็ดดอกตูม เมื่อดอกเห็ดบานจะมีราคาต่ำหรือขายไม่ได้ จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนากระบวนการยืดอายุการเก็บและแปรรูปเห็ดฟางให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของเห็ดฟางให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย การนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ถ่ายทอดให้กับเกษตรกรในชุมชนยังช่วยสร้างเครือข่ายการทำงานระหว่างชุมชนกับมหาวิทยาลัยอีกด้วย การวิจัยนี้ได้วิจัยและพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟางเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายชนิดเพื่อยืดอายุการเก็บและแปรรูปเห็ดฟางให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ได้แก่ ซอสเห็ดฟางปรุงรส เห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง และขนมเห็ดฟาง และได้ถ่ายทอดผลการวิจัยสู่ชุมชนจนสามารถแปรรูปได้ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปแก้ปัญหาในชุมชน ตำบลอาษา อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

คำสำคัญ: กระบวนการแปรรูปเห็ดฟาง ซอสเห็ดฟางปรุงรส เห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง ขนมเห็ดฟาง

Abstract

Straw mushrooms are can be give high production in all parts of Thailand by using agricultural by products. Therefore, farmers are widely encouraged to produce straw mushrooms by government. However, in some season, the production of straw mushrooms are too abundant, in addition, straw mushrooms are highly perishable and so their price is substantially reduced,. From this problems, we have developed the processes for extentsion shelf life, and the novel food products from straw mushrooms; which give the consumers more choices, and value added of the straw mushrooms for the farmers. In distributing the knowledge from our research to the farmers, it helps establishing collaborateing network between the community and the University. In this research, we have developed the process for making straw mushrooms sauces; desiccated straw mushrooms, straw mushrooms cracker and the recipes for fermented straw mushroom, and transfered the knowledge to the community, tumbon arsa Nakorn Nayoke Province, for solving their problem.

Keyword: Straw mushrooms processing, Straw mushrooms sauces, Desiccated straw mushrooms, Fermented straw mushrooms.

บทนำ

การเพาะเห็ดฟาง ทำได้ในทุกฤดูกาล และมีวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดฟางอย่างเพียงพอ ใช้พื้นที่น้อย และสามารถเก็บผลผลิตได้เร็วกว่าการเพาะเห็ดชนิดอื่น ระยะตั้งแต่ใส่เชื้อจนเก็บดอกเห็ดใช้เวลาเพียง 12-14 วัน จึงมีการเพาะเห็ดฟางในหลาย ๆ จังหวัดทั่วประเทศ เห็ดฟางมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วที่มีความชื้นเท่ากันจะพบว่าเห็ดฟางมีโปรตีนสูงกว่าถั่วทุกชนิด โดยที่เห็ดฟางจะมีโปรตีนประมาณ 39.5 - 45.0% ส่วนถั่วต่าง ๆ จะมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 20.0 - 32.0% เห็ดฟางมีอายุสั้นและเน่าเสียได้เร็ว เกษตรกรต้องส่งขายทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ดอกเห็ดที่บ้านแล้วราคาจะถูกหรือขายไม่ได้เลย และในบางฤดูกาลมีผลผลิตเห็ดฟางออกมาในปริมาณมาก ทำให้ราคาขายตกต่ำหรือมีเห็ดฟางเหลือจากการจำหน่ายมาก จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการยืดอายุเห็ดฟางโดยการพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟางให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ แหนมเห็ดฟาง เห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง และซอสเห็ดฟางปรุงรส เพื่อเพิ่มมูลค่าให้เห็ดฟางที่เหลือจากการจำหน่าย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องเห็ดฟางมีอายุการเก็บสั้น
2. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดใหม่จากเห็ดฟางซึ่งจะเป็นการต่อยอดจากองค์ความรู้ในการผลิตเห็ดฟางสดของชุมชน
3. เพื่อสร้างเครือข่ายการทำงานระหว่างกลุ่มเกษตรกรกับบุคลากรในมหาวิทยาลัย ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **วิธีการพัฒนาการแปรรูปเป็นซอสเห็ดฟางปรุงรส**
มีการพัฒนาโดยศึกษาการใช้เห็ดฟางสดและหนึ่งในการหมักโดยการเปรียบเทียบการใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae*, *A. sojae* และไม่ใช่เชื้อในการหมักเห็ดฟางตามวิธีการผลิตซีอิ๊ว ตลอดจนศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ ในการปรุงรสหลังการหมัก แล้ววิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ
2. **วิธีการพัฒนาการแปรรูปเป็นเห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง**
 - เห็ดฟางอบแห้ง
ศึกษาอายุของเห็ดฟาง สภาพเห็ดสดหรือหนึ่งที่น่ามาใช้ เปรียบเทียบขนาดของชิ้นเห็ด อุณหภูมิ ระยะเวลา และวิธีการใช้ในการอบแห้ง
 - ข้าวเกรียบเห็ดฟาง
ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมที่ใช้ ได้แก่ ปริมาณของเห็ดฟาง กระเทียม พริกไทย และเกลือ แล้ววิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ
3. **วิธีการพัฒนาการแปรรูปเป็นแหนมเห็ดฟาง**
ศึกษาการใช้เห็ดฟางในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ เห็ดฟางสดบดละเอียด เห็ดฟางนึ่งบด เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต และความเหมาะสมของการใช้ส่วนผสมอื่น ๆ ในสัดส่วนต่าง ๆ ตลอดจนการใช้เห็ดฟางหมักเป็นหัวเชื้อในการผลิต แล้ววิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ
4. **การถ่ายทอดความรู้ในการพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟางสู่ชุมชน**
คณะผู้วิจัยได้จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ 3 ครั้ง ได้แก่
ครั้งที่ 1 จัดการฝึกอบรมการผลิตเห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟางและแหนมเห็ดฟางให้กับชุมชน

ผู้สนใจที่ตำบลอาษา และตำบลใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

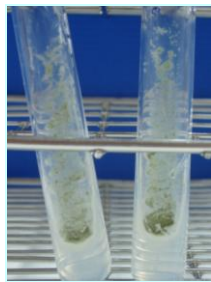
ครั้งที่ 2 จัดการฝึกอบรมการผลิตซอสเห็ดฟางปรุงรสให้กับคณะครูและนักศึกษาศึกษาการศึกษานอกโรงเรียน
ของตำบลอาษา และตำบลใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

ครั้งที่ 3 จัดการฝึกอบรมการผลิตซอสเห็ดฟางปรุงรสให้กับชุมชนผู้สนใจที่ตำบลอาษา และตำบล
ใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

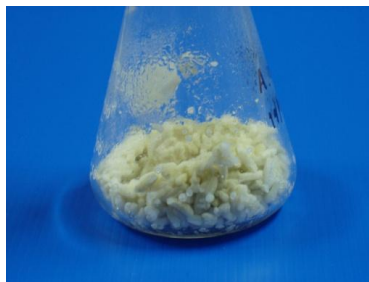
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาการแปรรูปเป็นซอสเห็ดฟางปรุงรส

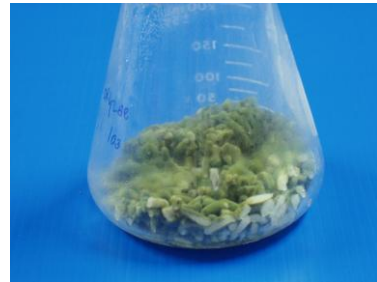
ได้สูตรการผลิตซอสที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับ โดยการหมักเห็ดฟางหนึ่งด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* ในน้ำเกลือ 20% นาน 3-5 เดือน น้ำหมักที่ได้นำมาปรุงรสตามสูตรดังนี้ สูตรที่ 1 เป็นซอสที่มีรสชาติคล้ายซีอิ้วขาวที่ผลิตจากถั่วเหลืองประกอบด้วย น้ำหมัก 30 มิลลิลิตร เกลือ 1.5 กรัม น้ำตาลทรายแดง 0.22 กรัม น้ำชะเอมเข้มข้น 2.5 มิลลิลิตร และกากน้ำตาล 0.5 มิลลิลิตร สูตรที่ 2 เป็นซอสหวาน ประกอบด้วยน้ำหมัก 20 มิลลิลิตร น้ำตาลทรายแดง 16.7 กรัม กากน้ำตาล 4 มิลลิลิตร แป้งมัน 3.5 กรัม แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ผลการยอมรับของผู้บริโภคในสูตร 1 ในระดับดีขึ้นไปร้อยละ 64.6 ระดับปานกลางร้อยละ ส่วนผลการยอมรับของผู้บริโภคในสูตร 2 ในระดับดีขึ้นไปร้อยละ 86.67 สูตร 1 มีโปรตีน 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสูตร 2 มีโปรตีน 0.76 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



A.oryzae



เห็ดฟางหนึ่ง



หัวเชื้อ



คลุกแป้งสาลี



โคจิ



หมักน้ำเกลือ



น้ำหมัก



กรอง



ซอสปรุงรส

2. การพัฒนาการแปรรูปเป็นเห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง

- เห็ดฟางอบแห้ง

ผลการทดลอง พบว่าเห็ดดอกตูมที่มีขนาดใหญ่ให้ผลดี และต้องหันให้เห็ดฟางหนา 2 มิลลิเมตร การอบต้องวางบนตะแกรงในตู้อบที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ได้เห็ดที่แห้งสีขาวนวลจนถึงสีครีม มีกลิ่นหอม เมื่อนำมาลวกน้ำอุ่นหรือน้ำธรรมดาประมาณ 2-3 นาที พบว่ามีรสชาติใกล้เคียงเห็ดสดและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น

- ข้าวเกรียบเห็ดฟาง

ได้สูตรของข้าวเกรียบรสชาติดี มีส่วนผสมที่ใช้ได้แก่ ปริมาณของเห็ดฟางหั่นละเอียด 300 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1,000 กรัม ไข่ไก่ 1 ฟอง ไข่แดง 1 ฟอง ไข่ขาว 1 ฟอง เกลือป่น 33.52 กรัม และผงชูรส 14.92 กรัม จากสูตรนี้จะได้ข้าวเกรียบเห็ดฟางแห้ง 1 กิโลกรัม นำเห็ดฟางสดมาล้างให้ละเอียด และผสมกับส่วนผสมต่างๆ เติมน้ำเดือดลงไปและนวดจนกระทั่งจับตัวเป็นก้อน ปั้นเป็นท่อนยาวและห่อด้วยใบตอง นำไปนึ่งจนกระทั่งแป้งสุก ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น 1 คืน จากนั้นนำมาหั่นเป็นแผ่นบางๆ นำไปอบหรือตากแดดให้แห้ง เก็บใส่ถุงพลาสติกปิด เมื่อจะบริโภคให้นำมาทอดจนเหลือง ผลการยอมรับของผู้บริโภคในระดับดีถึงดีมากร้อยละ 75.36 คุณค่าทางโภชนาการมีคาร์โบไฮเดรต 84.63 กรัม โปรตีน 2.44 กรัม



ส่วนผสม



นวด



ปั้น



นึ่ง



แช่แข็ง

3. การพัฒนาการแปรรูปเป็นแหนมเห็ดฟาง

ได้สูตรในการผลิตแหนมที่มีรสชาติดี มีส่วนผสม ดังนี้ เห็ดฟางหั่นเป็นเส้นหนึ่งซีก (บีบน้ำออกแล้ว) 1,000 กรัม หัวเชื้อเห็ดฟางหมัก 1,000 กรัม (บีบน้ำออกแล้ว) เกลือป่น 19.8 กรัม ไข่ไก่ 1 ฟอง ไข่แดง 1 ฟอง ไข่ขาว 1 ฟอง เกลือป่น 33.52 กรัม และผงชูรส 14.92 กรัม จากสูตรนี้จะได้แหนมเห็ดฟางแห้ง 1 กิโลกรัม นำเห็ดฟางสดมาล้างให้ละเอียด และผสมกับส่วนผสมต่างๆ เติมน้ำเดือดลงไปและนวดจนกระทั่งจับตัวเป็นก้อน ปั้นเป็นท่อนยาวและห่อด้วยใบตอง นำไปนึ่งจนกระทั่งแป้งสุก ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น 1 คืน จากนั้นนำมาหั่นเป็นแผ่นบางๆ นำไปอบหรือตากแดดให้แห้ง เก็บใส่ถุงพลาสติกปิด เมื่อจะบริโภคให้นำมาทอดจนเหลือง ผลการยอมรับของผู้บริโภคในระดับดีถึงดีมากร้อยละ 75.36 คุณค่าทางโภชนาการมีคาร์โบไฮเดรต 84.63 กรัม โปรตีน 2.44 กรัม

วันที่อุณภูมิห้อง จึงนำมาบริโภคได้ ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ มีโปรตีนร้อยละ 6.51 และมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 16.99 ผลการยอมรับอยู่ในระดับปานกลางถึงดีร้อยละ 84.99



หัวเชื้อ



เห็ดฟางนึ่งหั่นฝอย



การห่อ



การห่อ



แหนมเห็ด

4 ผลการถ่ายทอดความรู้ในการพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดฟางสู่ชุมชน

คณะผู้วิจัยได้จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ 3 ครั้ง ได้แก่

ครั้งที่ 1 จัดการฝึกอบรมการผลิตเห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟางและแหนมเห็ดฟางให้กับชุมชนผู้สนใจที่ตำบลอาษา และตำบลใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก วันที่ 28-29 เมษายน 2546

ครั้งที่ 2 จัดการฝึกอบรมการผลิตซอสเห็ดฟางปรุงรสให้กับคณะครูและนักศึกษาศึกษาโรงเรียนของตำบลอาษา และตำบลใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก วันที่ 23 สิงหาคม 2546

ครั้งที่ 3 จัดการฝึกอบรมการผลิตซอสเห็ดฟางปรุงรสให้กับชุมชนผู้สนใจที่ตำบลอาษา และตำบลใกล้เคียงในอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก วันที่ 7 กันยายน 2546

ผู้เข้าฝึกอบรมได้ปฏิบัติการแปรรูปและซักถามปัญหาต่างๆ จนสามารถเลือกแปรรูปได้ตามศักยภาพของแต่ละคน





สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยกระบวนการแปรรูปเห็ดฟางให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ได้แก่ ซอสเห็ดฟางปรุงรส เห็ดฟางอบแห้ง ข้าวเกรียบเห็ดฟาง และแหนมเห็ดฟาง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เหล่านี้จะช่วยยืดอายุและเพิ่มมูลค่าของเห็ดฟาง ได้ผลิตภัณฑ์ที่ให้รสชาติที่แตกต่าง และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้รับประทานอาหารมังสวิรัต และยังแก้ปัญหาราคาคาตกของเห็ดฟางที่เหลือจำหน่ายให้แก่ชาวบ้านในชุมชนได้อีกด้วย ขณะเดียวกันก็เกิดเครือข่ายระหว่างชุมชนกับมหาวิทยาลัย



เห็ดฟางสด



ซอสปรุงรส



เห็ดฟางอบแห้ง



ข้าวเกรียบเห็ดฟาง



แหนมเห็ดฟาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ภายใต้โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน และเศรษฐกิจฐานราก

เอกสารอ้างอิง

สุมาลี เหลืองสกุล. (2541). จุลชีววิทยาทางอาหาร ชัยเจริญการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of the protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72, 248-254.

**SWU6-1003: การสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ สำหรับ
ประชาชน ในชุมชนรอบเขาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา**

**THE CONSTRUCTION OF MULTIMEDIA FOR A LEARNING PROCESS ON KHAO KHO
HONG ECOSYSTEM FOR THE PUBLIC IN COMMUNITIES AROUND KHAO KHO HONG,
HATYAI DISTRICT, SONGKHLA PROVINCE**

ฐาปนีย์ สังข์สวัสดิ์¹, เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี^{2*}, เยาวนิจ กิจดิทรกุล³

Thapanee Sangsawat¹, Saowalak Roongtawanreongsri^{2*}, Jawanit Kittitornkool³

¹สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Thailand.

²หน่วยวิจัยเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

²Environmental Economic Research Unit, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkhla University, Thailand.

³คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³Faculty of Environmental Management, Prince of Songkhla University, Thailand.

*Corresponding author, E-Mail: saowalak.or@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) เพื่อสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ที่เหมาะสมสำหรับประชาชน ในชุมชนรอบเขาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของประชาชน หลังผ่านการใช้สื่อประสม ดังกล่าวโดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้ วิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับระบบนิเวศเขาคอหงส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พิจารณาความเหมาะสมในการสร้างสื่อจากเนื้อหาที่รวบรวมมาทั้งหมด ดำเนินการสร้างสื่อประสมประกอบด้วย แบบจำลอง ไปสเตอร์ นิทรรศการภาพถ่าย สารคดี และกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประเมินสื่อ แล้วนำสื่อประสมมาปรับปรุงแก้ไข สร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ แบบสอบถามความคิดเห็น และแบบสอบถามความพึงพอใจ ให้ผู้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสม นำมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ทดลองใช้กับกลุ่มทดลองครั้งที่ 1 คือ ชุมชนบ้านทุ่งโดน จำนวน 31 คน นำมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มทดลองครั้งที่ 2 คือ ชุมชนบ้านพรุเตาะ จำนวน 30 คน นำมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือ ชุมชนบ้านเขากลอย จำนวน 23 คน โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของประชาชนในชุมชนบ้านทุ่งงาย มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์ ช่วยให้ประชาชนในชุมชนบ้านทุ่งงายมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การสร้างสื่อประสม กระบวนการเรียนรู้ ระบบนิเวศเขาคอหงส์

Abstracts

This research aims to 1) create multimedia for learning process on KHH ecosystem for people around KHH, Hatyai District, Songkhla Province, 2) study the learning outcome the people after the use of multimedia in the learning process. The research steps involve, reviewing documents and researches related to the KHH ecosystem, designing appropriate media according to the information collected from previous step, consists of a KHH model, photo exhibition, posters, video documentaries and learning activities. The media were assessed for its appropriateness and consistency by 3 experts and the media were improved according to the suggestions. The learning outcome was studied by a test, a questionnaire on opinion about the learning process and media, and a satisfaction survey. The test and questionnaire were assessed by three experts and revised accordingly. The trials were delivered in 2 communities consecutively: Ban Tung Don (31 people) and Ban Prutor (30 people). After improvement of media and research tools, they were then applied to the sample in Ban Khao Kloy with 30 people. The achievement test show that the average score in the post-test was higher than pre-test, with the difference statistically significant at the .01 level, meaning people's understanding about KHH ecosystem increase by using the multimedia and learning process on KHH ecosystem.

Keywords: The Construction of Multimedia, Learning process, Kho Hong Hill (KHH) ecosystem

บทนำ

เขาคอหงส์ เป็นพื้นที่ป่าขนาดใหญ่ผืนสุดท้ายที่อยู่ใกล้กับนครหาดใหญ่ที่สุด มีพื้นที่ทั้งหมด 7,577.60 ไร่ [1] ซึ่งประกาศ สว่างโชติ [2] ได้กล่าวสรุปความสำคัญของเขาคอหงส์ไว้ดังนี้ เขาคอหงส์เป็นป่าไม่ผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบเสื่อมสภาพ เขาคอหงส์มีความสำคัญต่อชุมชนโดยรอบ เขาคอหงส์มีความสำคัญทั้งในด้านเป็นแหล่งต้นน้ำ เป็นพื้นที่ซับน้ำ เป็นแหล่งผลิตอากาศบริสุทธิ์ และเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์นานาชนิด ซึ่งความหลากหลายของพืชและสัตว์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพความสมบูรณ์ของพื้นที่ได้ แต่ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขาคอหงส์ได้เปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติบนเขาคอหงส์เริ่มเสื่อมโทรม เนื่องจากการกระทำของมนุษย์ที่เข้าไปลักลอบตัดไม้ ล่าสัตว์ ปลูกยางพารา และบางส่วนได้เข้าไปตั้งบ้านเรือน ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล ก่อให้เกิดผลกระทบตามมา ไม่ว่าจะเป็น ภาวะแห้งแล้งของชุมชนพรุตะเค การเกิดน้ำท่วมของชุมชนรอบเขาคอหงส์ การชะล้างพังทลายของหน้าดินบนเขาคอหงส์ รวมถึงผลจากการสำรวจพื้นที่ป่าบริเวณเขาคอหงส์ทั้งโดยการเดินป่าและการใช้เฮลิคอปเตอร์สำรวจในปี พ.ศ. 2551 พบว่า มีการบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำการเกษตรและจับจองเป็นพื้นที่ส่วนบุคคลในพื้นที่ป่ามากขึ้นเรื่อยๆ หากทุกฝ่ายไม่ร่วมกันแก้ไขป้องกันปัญหาดังกล่าว ในอนาคตอันใกล้พื้นที่ป่าเขาคอหงส์ทั้งหมดจะกลายเป็นป่าเสื่อมโทรมไม่อาจฟื้นฟูได้อีก และอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โดยรอบ รวมทั้งก่อให้เกิดผลเสียอย่างยิ่งต่อวิถีชีวิตของคนในชุมชนรอบเขาคอหงส์ ดังนั้นในปัจจุบันได้มีโครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์ ซึ่งเป็นการร่วมมือประสานงานระหว่าง คณะวิทยาศาสตร์ และ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เริ่มขับเคลื่อนโครงการโดยการวิจัยระหว่างสองคณะที่เชื่อมโยงกัน จึงทำให้เกิดแนวทางการวิจัย เพื่อแก้ปัญหาด้านระบบนิเวศบริเวณรอบเขาคอหงส์

แนวทางหนึ่งซึ่งสามารถช่วยในการป้องกันและฟื้นฟูปัญหาในระบบนิเวศเขาคอหงส์เสื่อมโทรม คือการให้การศึกษาแก่ประชาชนโดยรอบเขาคอหงส์ให้เข้าใจถึงความสำคัญในการรักษาความสมดุลตามธรรมชาติ ซึ่งจะมีผลต่อการทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น การให้การศึกษาเพื่อจะให้ประชาชนเข้าใจในหลักการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างมี

ประสิทธิภาพและยั่งยืน การให้การศึกษาในเรื่องสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคน โดยเป็นการศึกษาที่ให้แนวคิดและการชี้แนะเพื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและด้วยความชำนาญ [3] ซึ่งในกระบวนการให้การศึกษาสำหรับประชาชนต้องอยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งผ่านข้อมูล ความรู้ได้อย่างเหมาะสมในสถานการณ์และบริบทของประชาชน จึงจำเป็นต้องอาศัยสื่อประสมในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้เป็นเครื่องมือช่วยถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก เพิ่มพูนทักษะ และประสบการณ์ สร้างสถานการณ์การเรียนรู้ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาศักยภาพ การคิด เสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรม สื่อประสมจึงเป็นตัวกลางที่จะช่วยให้การสื่อสารสามารถสร้างความเข้าใจให้กับประชาชนและเกิดเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยต้องการศึกษาเรื่อง การสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคองหงส์ สำหรับประชาชน ในชุมชนรอบเขาคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เพื่อถ่ายทอดและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ให้ประชาชน ในชุมชนรอบเขาคองหงส์ เพื่อเกิดความตระหนักในคุณค่าของเขาคองหงส์ ซึ่งจะนำไปสู่ความรัก ความหวงแหน และความต้องการดูแลรักษาเขาคองหงส์ รวมถึงคิดว่าเขาคองหงส์เป็นทรัพยากรของตนและส่วนรวม ควรค่าแก่การอนุรักษ์ไว้สำหรับรุ่นลูกหลานต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคองหงส์ ที่เหมาะสมสำหรับประชาชน ในชุมชนรอบเขาคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของประชาชน หลังผ่านการใช้สื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคองหงส์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคองหงส์ สำหรับประชาชนในชุมชนรอบเขาคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา ได้แก่ บ้านทุ่งโดน เป็นชุมชนกลุ่มทดลองเพื่อการพัฒนา ครั้งที่ 1 บ้านทุ่งงาย เป็นชุมชนทดลองเพื่อการพัฒนา ครั้งที่ 2 และบ้านเขากลอย เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ การเลือกพื้นที่ศึกษาใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เหตุผลในการเลือกพื้นที่ชุมชนบ้านเขากลอย สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุมชนบ้านเขากลอย เป็นชุมชนที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากผู้วิจัยได้พื้นที่ไปสัมผัสกับชาวบ้านบริเวณรอบเขาคองหงส์ในรัศมี 3 กิโลเมตร เพื่อเก็บแบบสอบถามงานวิจัยเรื่อง ความรู้ ความเข้าใจ และทัศนคติของชุมชนรอบเขาคองหงส์ต่อคุณค่า ปัญหา และการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เขาคองหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งจากการได้พูดคุยทำให้ทราบว่าคนส่วนใหญ่เป็นคนที่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าเขาคองหงส์ โดยการปลูกยางพาราและสวนผลไม้บนพื้นที่ป่าเขาคองหงส์เป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับคนในพื้นที่ มีความสนใจ และมีความพร้อมในการเข้าร่วมการจัดกระบวนการควคูสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องระบบนิเวศเขาคองหงส์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

1. ประชากร คือ ประชาชนบ้านเขากลอย มีจำนวนประชากรรวม 1,029 คน
2. กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ ประชาชนบ้านเขากลอย โดยมีผู้เข้าร่วมในการจัดกระบวนการครั้งนี้ทั้งหมด 23 คน

วิธีดำเนินการดำเนินวิจัย มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างและตรวจสอบคุณภาพสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ การทดลองใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการใช้สื่อประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

- 1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารโดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลที่ภาควิชาชีพวิทยาศาสตร์และงานวิจัยจากคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้รวบรวมไว้ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบนิเวศเขาคอหงส์ ประกอบด้วยพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์ ที่มีอยู่ในระบบนิเวศทั้ง 3 ระบบ
- 2) ศึกษาและสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศ โดยการเข้าไปสำรวจพื้นที่โดยตรงจากแหล่งการเรียนรู้บริเวณเขาคอหงส์ ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิ
- 3) นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อกำหนดและออกแบบสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์ในขั้นตอนต่อไป

2. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบถามความคิดเห็น แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรายละเอียดดังนี้

ก. ศึกษาทฤษฎี หลักการและวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ลักษณะที่ดีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากหนังสือต่าง ๆ เช่น การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา [4] และหนังสือการวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล [5] เป็นต้น

ข. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วัดดูประสงค์ เพื่อวางแผนการออกข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัดดูประสงค์ที่ต้องการวัดในการใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 4 กิจกรรมการเรียนรู้

ข. จัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อกำหนดสัดส่วนของข้อสอบ ในเนื้อหาแต่ละกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย ตามทฤษฎีของบลูมและคณะ [6]

ค. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 38 ข้อ โดยวิเคราะห์เนื้อหาและวัดดูประสงค์การเรียนรู้ ตามกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรม ซึ่งลักษณะข้อคำถามจะเป็นความจำ และการวิเคราะห์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความครอบคลุมเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรม ปรับปรุง ตามข้อเสนอนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดูความเหมาะสม ความถูกต้อง และความสอดคล้องของแบบทดสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไข

2) แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ มีรายละเอียดดังนี้

ก. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น ตามวิธีของลิเกิร์ต จากหนังสือหลักการวิจัยทางการศึกษา [7] หนังสือการสร้างและประมวลผลข้อมูลจากแบบสอบถาม [8]

ข. ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ โดยมีเกณฑ์ระดับคะแนนความคิดเห็น 5 ระดับ (Rating Scale) ตามมาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert) เป็นแบบข้อความเชิงนิมิต (ทางบวก) และข้อข้อความเชิงนิเสธ (ทางลบ)

ข. นำแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้อง พิจารณาความเหมาะสมด้านเนื้อหา ด้านสำนวน ภาษา และความครอบคลุมผลการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์ ปรับปรุงแก้ไข แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดูความเหมาะสม ความถูกต้อง และความสอดคล้องของแบบทดสอบ

3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อประสม และกิจกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้หลังการผ่านการใช้สื่อประสม ประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับการประเมินไว้ 2 ส่วน ได้แก่ ประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ และประเมินสื่อประสม โดยมีเกณฑ์ระดับคะแนนความคิดเห็น 5 ระดับ (Rating Scale) ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert)

4) แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ มีรายละเอียดดังนี้

ก. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมิน จากหนังสือเทคนิคการวิจัยทางการศึกษา [7] และหนังสือการวัดผลการศึกษา [9]

ข. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องมือสำหรับการวิจัยที่สร้างขึ้น แล้วกำหนดประเด็นต่าง ๆ ที่ต้องการประเมิน แล้วนำมาเขียนเป็นข้อคำถามให้มีความครอบคลุมประเด็นข้อคำถาม

ข. ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน โดยนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอนั้น แล้วนำแบบสอบถามไปประเมิน

3. การสร้างสื่อและตรวจสอบคุณภาพสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้

1) วางแผนการสร้างสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้มาวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับการสร้างสื่อแต่ละประเภท

2) ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของสื่อที่ดี เช่น สื่อที่ดีต้องเข้าใจง่ายและสื่อความหมายได้ถูกต้อง แม่นยำตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ [10] เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน [11]

3) ศึกษาและวิเคราะห์ประเภทของสื่อการสอน รวมถึงรูปแบบ และวิธีการใช้เทคโนโลยีในการเรียน การสอน พร้อมคุณสมบัติข้อดี และข้อจำกัดของสื่อแต่ละชนิด [12]

4) ศึกษาและวิเคราะห์การเลือกสื่อการสอนให้เหมาะกับอายุ สติปัญญา ความสามารถ เวลาที่สอน เพื่อให้การสอนประสบความสำเร็จ [13]

5) ดำเนินการออกแบบและสร้างสื่อประสมและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะใช้กับสื่อประสม แล้วนำสื่อประสมและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดำเนินการสร้างเสร็จ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยพิจารณาความถูกต้อง และความเหมาะสมระหว่างสื่อประสมกับเนื้อหาที่ครอบคลุม เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ครอบคลุมทุกกิจกรรมการเรียนรู้ ปรับปรุงแก้ไขข้อเสนอนั้นของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6) นำสื่อประสมและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหา ระหว่างสื่อประสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ และนำมาแก้ไขปรับปรุง

7) ผลิตสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์ที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย แบบจำลองระบบนิเวศเขาคอหงส์ โปสเตอร์ นิทรรศการภาพถ่าย สารคดี และกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับกลุ่มทดลองใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้

4. การทดลองใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือการทดลองเพื่อการพัฒนา และการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดลองเพื่อพัฒนาครั้งที่ 1 กับประชาชนบ้านทุ่งโดน และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2) การทดลองเพื่อพัฒนาครั้งที่ 2 กับประชาชนบ้านพุดเตา และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

3) การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างกับประชาชนบ้านเขากลอย

5. การประเมินผลการใช้สื่อประกอบการกิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินผลการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งมีการประเมินผลก่อนการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้ ระหว่างการใช้สื่อประสมควบคุมการจัดกระบวนการเรียนรู้ และหลังการใช้สื่อประสมควบคุมการจัดกระบวนการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 การประเมินผลการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้	การนำมาวิเคราะห์และสรุปผล				ผู้ถูกประเมิน
	บรรยาย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-test	ผู้เข้าร่วมกระบวนการ
ก่อนการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้					
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)	-	✓	✓	✓	✓
ระหว่างการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้					
- แบบสังเกต	✓	-	-	-	✓
หลังการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้					
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)	-	✓	✓	✓	✓
- แบบสังเกต	✓	-	-	-	✓
- แบบสอบถามความคิดเห็น	-	✓	✓	✓	✓
- แบบสอบถามความพึงพอใจ	-	✓	✓	✓	✓
- ใบสะท้อนความคิดเห็นแนวทางการอนุรักษ์	✓	-	-	-	✓
- การสัมภาษณ์	✓	-	-	-	✓

ผลการวิจัย

ผลจากการสร้างสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ สำหรับประชาชนในชุมชนรอบเขาคอหงส์ สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น ได้แก่ เอกสารโดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลที่ภาควิชาชีพ วิชา คณะวิทยาศาสตร์และคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้มีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบนิเวศเขาคอหงส์ พันธุ์พืชบนเขาคอหงส์ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน นก และมด ซึ่งผู้วิจัยได้นำเนื้อหาดังกล่าวมาวิเคราะห์และปรับให้มีความเหมาะสมกับสื่อประสม เรื่องระบบนิเวศเขาคอหงส์ สำหรับประชาชนในชุมชนรอบเขาคอหงส์ รวมถึงผู้วิจัยได้เข้าไปสำรวจพื้นที่โดยตรงจากแหล่งการเรียนรู้บริเวณเขาคอหงส์ ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิ

2. ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 38 ข้อ หลังจากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา ลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ แล้วนำมาหาค่า IOC พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้เชี่ยวชาญให้ตัดทิ้ง 2 ข้อ เนื่องจากข้อคำถามง่ายเกินไป และตัดทิ้งข้อคำถามออก 6 ข้อ เนื่องจากคำถามยากเกินไปไม่เหมาะกับประชาชน ซึ่งสรุปได้ว่าข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคงเหลือ 30 ข้อ สำหรับนำไปใช้วัดผลและประเมินก่อนและหลังการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้

2.2 ผลการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป มีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ และส่วนที่ 2 ความตระหนักและการรับรู้ถึงความสำคัญของเขาคอหงส์ มีข้อคำถามจำนวน 25 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็นข้อความเชิงบวก 21 ข้อ และข้อความเชิงลบจำนวน 4 ข้อ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความคิดเห็นไปใช้ในขั้นตอนการประเมินผลหลังการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยผู้เข้าร่วมกระบวนการเป็นผู้ประเมินผลการเรียนรู้

2.3 ผลการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ประเมินความพึงพอใจกิจกรรมการเรียนรู้ มีข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ และส่วนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ มีข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ แบบสอบถามความพึงพอใจได้นำไปใช้ในขั้นตอนการประเมินผลหลังการใช้สื่อประสมประกอบการจัดกระบวนการเรียนรู้

2.4 ผลการสร้างแบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 2 ชุด คือ แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อความเหมาะสมของเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

2.5 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีดังนี้

1) ผลการประเมินความคิดเห็นโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหน่วยการเรียนรู้โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.17 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นต่อภาพรวมของหน่วยการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมสำหรับการจัดกระบวนการเรียนรู้ ประกอบอยู่ในระดับมาก

2) ผลการประเมินความคิดเห็นโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อความเหมาะสมของเครื่องมือสำหรับงานวิจัย พบว่า ค่าดัชนีมีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่าเครื่องมือสำหรับการวิจัยมีความสอดคล้อง ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของผลการเรียนรู้ได้

3. ผลการสร้างสื่อและตรวจสอบคุณภาพสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการสร้างสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวม

สื่อประสม	เนื้อหาที่ใช้กับสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้
1. แบบจำลอง	ระบบนิเวศเขาคอหงส์ทั้ง 3 ระบบ ซึ่งประกอบด้วยระบบนิเวศสันเขา ระบบนิเวศไหล่เขาและหุบเขา และระบบนิเวศริมเขา รวมถึงความสัมพันธ์ของระบบนิเวศไม่ว่าจะเป็นสัตว์หรือพืช
2. โปสเตอร์	1. โปสเตอร์อธิบายความสำคัญของระบบนิเวศในภาพรวม 2. โปสเตอร์อธิบายระบบนิเวศเขาคอหงส์ทั้ง 3 ระบบ เพื่อเสริมการอธิบายจากแบบจำลองระบบนิเวศเขาคอหงส์ เพื่อให้คนที่เข้าร่วมกระบวนการ

สื่อประสม	เนื้อหาที่ใช้กับสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้
	สามารถเห็นภาพจริงของพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์บนเขาคอหงส์ได้ รวมถึงหากไม่มีผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมสื่อก็สามารถเชื่อมโยงและอธิบายได้โดยตัวของมันเอง
3. นิทรรศการภาพถ่าย	อธิบายถึงลักษณะที่โดดเด่นของพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ และทะเลหมอกบนเขาคอหงส์
4. สารคดี	อธิบายถึงภาพรวมเขาคอหงส์ในอดีต จนถึงปัจจุบัน และการใช้ประโยชน์จากป่าเขาคอหงส์ เช่น การนำน้ำมาผลิตน้ำประปาใช้ในหน่วยงาน และบ้านเรือน และกล่าวถึงการบุกรุกป่าเขาคอหงส์ในปัจจุบัน หากทุกคนไม่ช่วยดูแลป่าเขาคอหงส์ก็จะหมดไปรวมถึงส่งผลกระทบต่อตามมามากมาย
5. กิจกรรมการเรียนรู้	เป็นเสมือนคู่มือที่อธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรม สำหรับเป็นเนื้อหาในการใช้สื่อประสมควบคุมการจัดกระบวนการเรียนรู้

ผลการตรวจสอบคุณภาพสื่อประสม โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีต่อสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.43 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีความคิดเห็นต่อสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

4. ผลการทดลองใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผลการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างการวิจัย มีดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับกลุ่มตัวอย่างประชาชนในชุมชนบ้านเขากลอยพบว่า ก่อนการใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 16.65 และหลังการทดลองการใช้สื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 25.13 พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคือ 8.48 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t-test คือ 9.660 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ทำให้ประชาชนที่เข้าร่วมกระบวนการมีความรู้เพิ่มมากขึ้น

4.2 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ของประชาชนบ้านเขากลอย โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26 แสดงว่าผู้เข้าร่วมกระบวนการรู้เห็นความสำคัญของระบบนิเวศเขาคอหงส์โดยรวมอยู่ในระดับมาก

4.3 ผลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศเขาคอหงส์ ของประชาชนบ้านเขากลอย โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 แสดงว่าผู้เข้าร่วมกระบวนการรู้ มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมและสื่อประสมการเรียนรู้ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เรื่องการนำสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในครั้งต่อไป ให้เข้าใจกระบวนการทั้งหมด เพื่อจะได้นำสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ควรนำสื่อประสมควบคุมการจัดกระบวนการเรียนรู้เสนอแก่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เพื่อจะได้นำสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ต่อไป

3. ควรมีการสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำไปประยุกต์ในเรื่องต่างๆ โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นประชาชน เพราะสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ประชาชนมีความสนใจที่จะเรียนรู้และทำให้ได้ผล

การเรียนรู้ที่ดี เนื่องจากสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้สามารถอธิบายวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยต้องการสื่อสาร
ต่อกลุ่มเป้าหมาย โดยไม่ต้องยืนอธิบาย

4. ควรมีการสร้างสื่อประสมประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง กฎหมายการอนุรักษ์
และการจัดการทรัพยากรเขาคอหงส์ในอนาคต เพื่อเป็นกฎเกณฑ์และแนวทางสำหรับการอนุรักษ์ และการจัดการ
ทรัพยากรเขาคอหงส์ สำหรับประชาชนชุมชนรอบเขาคอหงส์เพิ่มเติม เพื่อให้ประชาชนสามารถดูแลทรัพยากรเขา
คอหงส์สืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี; ประกาศ สว่างโชติ; และ น้ำฝน พลอยนิลเพชร. (2554). ลองแล งานวิจัยใน
ม.อ. 3. ใน การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน การสำรวจพันธุ์ไม้และการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์
ของไม้บนเขาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. นรินทร์ สุมาลี, บรรณาธิการ. หน้า 22-26.
กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.
- [2] ประกาศ สว่างโชติ. (ม.ป.ป.). โครงการฝึกอบรมตามกิจกรรมปฎิบัติพันธกิจกรมพืช. ม.ป.พ.
- [3] ก้องเกียรติ ขอบเวศน์. (2548). การพัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แหล่งการเรียนรู้ในชุมชน ตำบลพรุใน อำเภอเกาะยาว จังหวัดพังงา.
ปริญญาณิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). ภูเก็ต: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- [4] บุญศรี พรหมมาพันธุ์; และ นवलเสนห์ วงศ์เชิดธรรม. (2545). การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมิน
การศึกษา. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- [5] บุญชม ศรีสะอาด. (2543). การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- [6] พิชิต ฤทธิ์จรรยา. (2550). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: แฮ็ส ออฟ เคอร์
มิสท์.
- [7] ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- [8] สรชัย พิศาลบุตร; เสาวรส ใหญ่สว่าง; และ ปรีชา อัครเดชาบุตร. (2553). การสร้างและประมวลผล
ข้อมูลจากแบบสอบถาม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จูน พับลิชชิ่ง.
- [9] ไพศาล หวังพานิช. (2526). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- [10] มงคล บัตลา. (2542). สื่อที่เหมาะสมสำหรับการให้ความรู้แก่ประชาชนด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ.
วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พัฒนาสังคม). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [11] สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (ม.ป.ป.). การสร้างสื่อการสอนและนวัตกรรมการเรียนรู้ สื่อการพัฒนาผู้เรียน.
ม.ป.พ.
- [12] กิดานันท์ มลิทอง. (2548). เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- [13] มุกดา เมืองนาม. (2541). รูปแบบของสื่อที่มีต่อความรู้ความเข้าใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดมหาสารคาม.
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (ภูมิศาสตร์). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

SWU6-1014: การพัฒนารูปแบบขององค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโครงสร้างเชิงเส้น

A LEARNING ORGANIZATION MODEL DEVELOPMENT OF RAJABHAT UNIVERSITIES USING LISREL FACTOR ANALYSIS

วิชิต แสงสว่าง

Wichit Saengsawang

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

Program in Computer Education, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: WSSW_9@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ความเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ 3) เพื่อพัฒนารูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ 4) เพื่อประเมินความสอดคล้องของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ การดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การหาองค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อย และตัวบ่งชี้องค์การแห่งการเรียนรู้ โดยการศึกษาวិเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี บทความทางวิชาการ ผลงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับองค์การแห่งการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 การยืนยันองค์ประกอบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการจัดสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ การหาค่าเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และการหาค่าความเชื่อมั่นจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ขั้นตอนที่ 3 การหาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลสูงที่ส่งเสริมการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ เก็บรวบรวมแบบสอบถามที่ส่งไปตามมหาวิทยาลัยราชภัฏ 40 แห่งและวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Lisrel ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการจัดสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ และนำมาจัดทำรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้

ผลสรุปของการศึกษาค้นคว้า

องค์ประกอบทั้ง 6 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงระบบ การเป็นบุคคลรอบรู้ การมีแบบแผนความคิด การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม การปรับเปลี่ยนองค์การ และการใช้เทคโนโลยี เป็นองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพบว่า องค์ประกอบของโมเดลองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 48.49 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value}=0.0643$) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.98 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.92 ส่วนค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.035 ค่ามาตรฐานค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ 0.14 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบขององค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยองค์ประกอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานสูงสุดคือ การมีแบบแผนความคิด และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า แสดงว่า ตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลประจักษ์ในระดับดี ซึ่งผลการวิจัยทำให้ได้ องค์ประกอบองค์การเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 6

องค์ประกอบหลัก 18 องค์ประกอบย่อย และ 126 ตัวบ่งชี้ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้เป็นโมเดลรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้และแบบสอบถามการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้

คำสำคัญ: การพัฒนารูปแบบ องค์การแห่งการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

Abstract

The purpose of the research was to study the factors of a learning organization model, develop indicators and a model of a learning organization for Rajabhat Universities, and evaluate a consistency of the organization model using the empirical data. The study consisted of four steps (1) to research the principal factors, sub factors and indicators from different academic sources, (2) to facilitate a focus group of 30 experts to have consensus on Rajabhat Learning Organization Model on content validity and data reliability, (3) to study influential factors enhancing the existing of learning organization of 40 Rajabhat Universities using lisrel factor analysis, (4) to evaluate the existing of Rajabhat Universities' learning organization using a focus group of 30 experts in the field and implementing into a learning organization model.

The result of the study indicated that there were six important factors in the existing of a learning organization: system thinking, learned persons, team learning, changing agents, and technology development. The study showed that Chi-square was at 48.49. There was insignificant difference (p -value = 0.0643). The value of GFI was 0.98, AGFI 0.92, RMSEA 0.035, and SRMR 0.14. Co-efficiency of Rajabhat Universities' factors of learning organization was all positive and was at the significance of 0.01 with the highest rank order on system thinking. The model development was consistent with the empirical data at a high level. In conclusion, the study confirmed 6 factors, eighteen sub-factors and 126 indicators for an existing of Rajabhat Universities' learning organization.

Keywords: Model Development, Learning Organization, Rajabhat Universities

บทนำ

กระแสการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่ต้องเผชิญไม่ว่าจะเป็นบุคคลหรือองค์การ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมันรวดเร็ว และรุนแรงก็ด้วยปัจจัยที่เกิดจากการก้าวกระโดดของเทคโนโลยีสารสนเทศที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง และความซับซ้อนของระบบเศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงาน ทั้งภายในและภายนอกองค์การ ส่งผลให้เวทีการแข่งขันที่เคยจำกัดอยู่ในวงแคบ ๆ ขยายขอบเขตออกไปครอบคลุมทั่วโลก ดังนั้นในปัจจุบันจึงเป็นยุคสังคมฐานความรู้ และแรงงานความรู้ (Knowledge and Knowledge Workers) เป็นยุคที่ใช้ความรู้เป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนา โดยเฉพาะระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ ซึ่งเป็นระบบเศรษฐกิจที่อาศัยการผลิตการแพร่กระจาย และการใช้ความรู้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่จะต้องอาศัยสถาบันอุดมศึกษาในการพัฒนาสังคม [1] ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการปฏิรูปการศึกษาในระดับสถาบันอุดมศึกษา เพื่อพัฒนาแรงงานความรู้ พัฒนางค์ความรู้ สร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยี โดยกระบวนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ มีการวิจัยและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ และการจัดการความรู้ (Management of Knowledge) ที่ครบวงจรจะเอื้ออำนวยให้การเสริมสร้างสังคมไทยให้เป็นสังคมฐานความรู้ และการผลิตบุคลากรเป็นไปตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการปฏิรูปการอุดมศึกษาของไทยด้านการเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันให้ประสบความสำเร็จ ตามแนวคิดที่ว่า สถาบันอุดมศึกษาสามารถสร้างคน สร้างความรู้ สู่อำนาจเป็นเลิศได้ [2]

การบริหารราชการแนวใหม่ ได้เน้นถึงการทำให้ส่วนราชการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ และจะต้องพัฒนาความรู้ความเชี่ยวชาญ ให้แก่ข้าราชการอย่างเพียงพอแก่การปฏิบัติงาน และให้สอดคล้องกับสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยใช้ “การจัดการความรู้” เป็นเครื่องมือที่จะช่วยสร้างพลังทวิคูณ (Synergy) ที่ผู้บริหารของทุกองค์กรควรให้ความสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากในโลกยุค “สังคมแห่งการเรียนรู้ ยุคโลกาภิวัตน์และยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง” หน่วยงานราชการจะต้องปรับตัว เปลี่ยนกระบวนทัศน์ใหม่ และเปลี่ยนวิถีทำงานใหม่ มิฉะนั้นสังคมไทยก็จะไม่สามารถแข่งขันได้ในสังคมโลกเครื่องมือหรือแรงขับเคลื่อนหลักในการปฏิบัติราชการ จะต้องยกระดับจากข้อมูล (data) และสารสนเทศ (information) ไปเป็นความรู้ (Knowledge)

สถาบันอุดมศึกษาจึงควรพัฒนาบทบาทเพื่อให้สามารถเป็นที่พึ่งและความหวังของชนทุกชั้น ทุกสาขาอาชีพ เพื่อพัฒนาให้ก้าวหน้าและยืนหยัดในกระแสโลกได้อย่างภาคภูมิใจ สถาบันอุดมศึกษาควรทบทวนบทบาทและปรับกระบวนทัศน์ใหม่ และต้องใช้การศึกษาเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาคนในสังคมให้มีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554) และแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) ที่กำหนดให้ “คน” เป็นศูนย์กลางของการพัฒนาอย่างมี “คุณภาพ” [3] ประเวศ วะสี [4] ได้กล่าวเสริมว่า เราต้องเปลี่ยนแปลงการศึกษา เพราะการเปลี่ยนแปลงอยู่รอบ ๆ ตัว การศึกษาต้องผลิตนักคิดและนักแก้ปัญหาที่มีวิจรรย์ญาณที่ดี ได้กล่าวย้ำเตือนคนไทยว่า ต้องมีสภาวะจิตใจสาธารณะ คือสนใจเรื่องของส่วนรวม ร่วมคิด ร่วมทำ โดยการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมไปสู่การร่วมคิด ร่วมทำ สังคมไทย จึงสามารถฝ่าวิกฤตไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน เพราะแม้แต่ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (กพร.) ยังกำหนดให้การจัดการความรู้เป็นส่วนหนึ่งของตัวบ่งชี้ในการประเมินหน่วยงานราชการ การพัฒนาส่วนราชการให้เป็น “องค์กรแห่งการเรียนรู้” โดยอาศัยกระบวนการ “การจัดการความรู้” ในยุคที่มีการแข่งขันและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่วนราชการต้องสร้างให้ข้าราชการในส่วนราชการมีความรู้ เข้มแข็งและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบเพื่อช่วยผลักดันส่วนราชการให้บรรลุผลตามยุทธศาสตร์ โดยในพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546 ระบุในมาตรา 11 ว่า “ส่วนราชการมีหน้าที่พัฒนาความรู้ในส่วนราชการเพื่อให้มีลักษณะเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ” โดยต้องรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และสามารถประมวลผลความรู้ในด้านต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติราชการได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเหมาะสมต่อสถานการณ์ รวมทั้งต้องส่งเสริมและพัฒนาความรู้ความสามารถ สร้างวิสัยทัศน์ และปรับเปลี่ยนทัศนคติของข้าราชการในสังกัด ให้เป็นบุคลากรที่มีประสิทธิภาพ และมีการเรียนรู้ร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติราชการของส่วนราชการให้สอดคล้องกับการบริหารราชการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ตามพระราชกฤษฎีกานี้ และได้กำหนดเป็นหลักการว่า ส่วนราชการต้องมีการพัฒนาความรู้ เพื่อให้มีลักษณะเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ อย่างสม่ำเสมอ โดยมีแนวทางปฏิบัติ คือ 1) ต้องสร้างระบบให้สามารถรับรู้ข้อมูลข่าวสารได้อย่างกว้างขวาง 2) ต้องสามารถประมวลผลความรู้ในด้านต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติราชการได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป 3) ต้องมีการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ความสามารถ สร้างวิสัยทัศน์ และปรับเปลี่ยนทัศนคติของข้าราชการ เพื่อให้ข้าราชการทุกคน เป็นผู้มีความรู้ ความสามารถในวิชาการ สมัยใหม่ตลอดเวลา มีความสามารถในการปฏิบัติหน้าที่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและมีคุณธรรม 4) ต้องมีการสร้างความมีส่วนร่วมในหมู่ข้าราชการให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อการนำมาพัฒนาใช้ในการปฏิบัติราชการร่วมกันให้เกิดประสิทธิภาพ [5]

วิจารณ์ พานิช [6] กล่าวว่า การใช้การจัดการความรู้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาหน่วยงานราชการไปสู่องค์กรแห่งการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสร้างพลังทวิคูณในการปฏิบัติราชการของข้าราชการทุกระดับ ให้สามารถสร้างผลงานในระดับสร้างสรรค์ มีผลสัมฤทธิ์สูงส่ง แต่ที่เน้นมาก คือ ความรู้ของข้าราชการระดับปฏิบัติการ โดยเน้นความรู้ที่ควบคู่อยู่กับการปฏิบัติในลักษณะ “ไม่ทำ ไม่รู้” ซึ่งไม่ใช่ความรู้เชิงทฤษฎี เป็นการดึงเอาพลังปัญญาที่

ถูกละเลยออกมาใช้ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของความรู้ฝังลึก แต่ก็ไม่ละเลยความรู้ที่เปิดเผยหรือความรู้เชิงทฤษฎี การจัดการความรู้ มีเป้าหมาย 3 ประการใหญ่ คือ 1) เพื่อพัฒนางานให้มีคุณภาพและผลสัมฤทธิ์ยิ่งขึ้น 2) เพื่อการพัฒนาคน คือ พัฒนาผู้ปฏิบัติงาน แต่ที่ได้ประโยชน์มากที่สุดคือ ข้าราชการ ชั้นผู้น้อย และระดับกลาง 3) เพื่อการพัฒนา “ฐานความรู้” ขององค์กรหรือหน่วยงาน เป็นการเพิ่มพูนทุนความรู้ หรือทุนปัญญาขององค์กร ซึ่งจะช่วยให้องค์กรมีศักยภาพในการฝ่าความยากลำบาก หรือความไม่แน่นอนในอนาคตได้ดีขึ้น โดยแบ่งความรู้ ออกเป็น 2 ยุค คือ ความรู้ยุคที่ 1 เป็นความรู้ที่สร้างโดยนักวิชาการ เน้นเหตุผลพิสูจน์ได้เป็นวิทยาศาสตร์หรือวิชาการ มีการจำแนกแยกแยะเป็นความรู้เฉพาะสาขาวิชาการเป็นความรู้ที่เน้นความลึก ความเป็นวิชาการเฉพาะด้าน (Specialization) ความรู้ยุคที่ 2 เป็นความรู้ที่ใช้งานและสร้างโดยผู้ปฏิบัติงาน โดยการสร้างขึ้นจากการเลือกเอาความรู้เชิงทฤษฎี หรือความรู้เหล่านี้มีลักษณะบูรณาการ และมีความจำเพาะต่อบริบทของงาน

สำนักงานพัฒนาระบบราชการได้เสนอตัวชี้วัดเพื่อประเมินและรับรองผลการปฏิบัติราชการของสถาบันอุดมศึกษา มีการกำหนดตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานและเป้าหมายในระดับหน่วยงานจนถึงระดับบุคคล รวมถึงจัดให้มีการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานตามเป้าหมายด้วย ซึ่งการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ก็เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินตนเอง ซึ่งปรากฏในองค์ประกอบที่ 7 การบริหารและการจัดการ ตัวบ่งชี้ที่ 7.3 มีการพัฒนาสถาบันสู่องค์กรเรียนรู้ ชนิดตัวบ่งชี้: กระบวนการ ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานไว้ 5 ข้อ และมีเกณฑ์มาตรฐานข้อหนึ่งได้กล่าวถึงการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ คือ “มีการทบทวนและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อมุ่งสู่องค์กรแห่งการเรียนรู้ และประชาสัมพันธ์เผยแพร่ให้ประชาคมของสถาบันรับทราบ” รวมอยู่ด้วย ตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และมุ่งเน้นให้ตอบสนองและสอดคล้องต่อบทบาทและภารกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏซึ่งกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547

ดังนั้นบทบาทและหน้าที่ของสถาบันอุดมศึกษาทุกระบบการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นในระบบ นอกกระบบ และตามอรรถาธิบาย ฟังปฏิบัติให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษาระดับสูง ที่มุ่งพัฒนาศักยภาพของคนไทยให้มีความพร้อมที่จะรับผิดชอบต่อการดำเนินชีวิตในสังคมสมัยใหม่อย่างมีคุณภาพ และก่อให้เกิดการเรียนรู้ในชุมชน ช่วยแก้ปัญหาสังคมและประเทศชาติ ตลอดจนการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ปัญญาและจริยธรรมของบุคคลและสังคมไปสู่สันติสุข เสรีภาพ การยอมรับนับถือ สิทธิมนุษยชนและประชาธิปไตย ดังนั้นสถาบันอุดมศึกษาพึงส่งเสริมการวิจัย การสรรหา การคัดเลือก และรักษานักวิชาการที่มีคุณภาพ และจัดให้มีกิจกรรม “เสวนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้” ระหว่างนักวิชาการและนักวิจัยอย่างอิสระ และการมีเสถียรภาพทางวิชาการ ส่งเสริมสนับสนุนทรัพยากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาบุคลากรอย่างจริงจัง [7] มหาวิทยาลัยราชภัฏควรที่จะนำเอาองค์ประกอบของการแสวงหาความรู้ การจัดการความรู้ และการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ เข้ามาเป็นส่วนสำคัญในการปฏิบัติพันธกิจของมหาวิทยาลัยมากขึ้น ในลักษณะที่ทำให้มหาวิทยาลัยกลายเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ และก่อให้เกิดระบบการจัดการความรู้ที่เป็นรูปธรรม มหาวิทยาลัยต่างๆ ควรจะร่วมมือกัน เพื่อแสวงหาสมการที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุด อันจะเป็นมาตรฐานของทุกๆ มหาวิทยาลัย เพื่อก่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์เครือข่ายและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ในลักษณะการนี้ มหาวิทยาลัยในฐานะกลุ่มอาจจะเพิ่มและจัดเก็บความรู้ที่แต่ละฝ่ายเข้าถึงเพื่อก่อให้เกิดความแตกต่างในพันธกิจของตน และในคุณภาพของโปรแกรม ซึ่งจัดให้แก่มิตรมีส่วนได้ส่วนเสียในสังคม [7] อีกทั้งผลการวิเคราะห์สภาพการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏที่ได้ศึกษาระดับการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ซึ่งวิเคราะห์จากระดับความคิดเห็นของบุคลากรที่เป็นข้าราชการในมหาวิทยาลัยราชภัฏพบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏมีระดับการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีการดำเนินการด้านการเรียนรู้มากกว่าด้านอื่น และมีการดำเนินการด้านการจัดการความรู้ น้อยกว่าด้านอื่น [8]

อีกทั้งผู้วิจัยสนใจในเรื่องขององค์การแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งจะทำการศึกษาวิจัยการพัฒนา รูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยเป็นการนำทฤษฎีมาบูรณาการสร้างรูปแบบองค์การ แห่งการเรียนรู้ในบริบทสังคมวัฒนธรรมของไทยจากระบบการบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏ ว่ามีองค์ประกอบ ไດบ้างที่จะบ่งบอกได้ว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏนั้นๆ เป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ จึงคาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการ เสริมสร้างการบริหาร และขยายองค์ความรู้ใหม่ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทสังคมไทยได้ อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และจะก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรงต่อองค์การทางการศึกษาที่สามารถพัฒนา สู่การเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้มีศักยภาพในการพัฒนาให้บรรลุตามวัตถุประสงค์และมีศักยภาพในการแข่งขันได้ ในระดับสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ
2. เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ความเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ
3. เพื่อพัฒนารูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ
4. เพื่อประเมินความสอดคล้องของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้กับข้อมูลเชิงประจักษ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การหาองค์ประกอบหลัก องค์ประกอบ ย่อย และตัวบ่งชี้ขององค์การแห่งการเรียนรู้ โดยการศึกษาวิเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี บทความทางวิชาการ ผลงานวิจัย ทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์การแห่งการเรียนรู้ ทำให้ได้ 7 องค์ประกอบหลัก 19 องค์ประกอบย่อย 165 ตัวบ่งชี้ ขั้นตอนที่ 2 การยืนยันองค์ประกอบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการจัดสนทนา กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 10 ท่าน ทำให้ได้ 6 องค์ประกอบหลัก 18 องค์ประกอบย่อย 139 ตัวบ่งชี้ จัดทำ แบบสอบถามและนำไปหาค่าเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และการหาค่าความเชื่อมั่นจากกลุ่ม ตัวอย่าง จำนวน 30 คน ทำให้ได้ 6 องค์ประกอบหลัก 18 องค์ประกอบย่อย 127 ตัวบ่งชี้ ขั้นตอนที่ 3 การหา องค์ประกอบที่มีอิทธิพลสูงที่ส่งเสริมการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ เก็บรวบรวม แบบสอบถามที่ส่งไปตามมหาวิทยาลัยราชภัฏ 40 แห่ง และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Lisrel ทำให้ได้ 6 องค์ประกอบหลัก 18 องค์ประกอบย่อย 126 ตัวบ่งชี้ ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของ มหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยการจัดสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 10 ท่าน และนำมาจัดทำรูปแบบองค์การแห่ง การเรียนรู้

ผลการวิจัย

1. โมเดลของตัวบ่งชี้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ตัวบ่งชี้ ทุกตัวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูล ประจักษ์ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบอันดับสองของโมเดลองค์การแห่ง การเรียนรู้ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีความลงเส้นคงวา ในการอธิบายความแปรปรวนร่วมกันขององค์ประกอบอันดับ สองของโมเดลองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏในระดับสูง (Consistency)
2. ผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบคะแนน มาตรฐานในทุกตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบอันดับหนึ่งมีขนาดของสัมประสิทธิ์สูงกว่า 0.50 ทุกตัว แสดงว่า ตัวบ่งชี้ใน

องค์ประกอบอันดับสองมีความแปรปรวนร่วมกันในการอธิบายองค์ประกอบอันดับหนึ่งของโมเดลองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏได้สูง

3. ผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง สรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบคะแนนมาตรฐานในทุกตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบอันดับสองมีขนาดของสัมประสิทธิ์สูงกว่า 0.70 ทุกตัว แสดงว่า ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบอันดับสองมีความแปรปรวนร่วมกันในการอธิบายองค์ประกอบอันดับสองของโมเดลองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏได้สูง

4. ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้กับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบคะแนนมาตรฐานที่มีค่ามากที่สุดคือ การมีแบบแผนความคิด (MM) รองลงมาคือการปรับเปลี่ยนองค์การ (OT) การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม (TL) การเป็นบุคคลรอบรู้ (PM) การใช้เทคโนโลยี (TA) และการคิดเชิงระบบ (ST) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้ของโมเดลการวัดขององค์ประกอบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจะพบว่า มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกค่า แสดงว่า องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้ที่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในระดับดี

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้องค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีความสอดคล้องของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการนำตัวบ่งชี้ไปประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก จึงขออภิปรายผลเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ (System Thinking)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้ของโมเดลการคิดเชิงระบบ (ST) พบว่า เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ องค์ประกอบด้านวิสัยทัศน์ (Vision) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้มีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ วิสัยทัศน์เป็นที่รับรู้ร่วมกันของบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏและชุมชน (Vision 2) องค์ประกอบด้านพันธกิจ (Missio) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้มีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ บุคลากรสามารถพัฒนาแผนงานต่าง ๆ เพื่อเพิ่มพูนองค์ความรู้ และความเชี่ยวชาญที่มีอยู่ได้ (Missio 3) องค์ประกอบด้านยุทธศาสตร์ (Strate) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้มีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ บุคลากรมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น เพื่อการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ (Strate 6) ซึ่งสอดคล้องกับ Sandra M. Kaiser [9] ได้สนับสนุนแนวคิดเรื่ององค์การแห่งการเรียนรู้สามารถเพิ่มประสิทธิผลให้กับองค์การได้กล่าวถึง พันธกิจและยุทธศาสตร์ หมายถึง เป้าหมายที่องค์กรกำหนดและตั้งใจปฏิบัติงานให้สำเร็จเกินกว่าวัตถุประสงค์ขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งมีอยู่ 3 ประการ ประกอบด้วย การคิดเชิงระบบหรือการคิดเชิงระบบคือ พฤติกรรมของสมาชิกในองค์การที่ยอมรับและกำหนดขอบเขตของการปฏิบัติงาน เพื่อปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงแผนงานในแต่ละหน่วยงาน สามารถให้หน่วยงานจากภายนอกองค์การตรวจสอบได้ และการเสริมสร้างองค์ความรู้และการเผยแพร่ซึ่งแจ้งข้อมูลสารสนเทศที่เป็นพื้นฐานองค์ความรู้ขององค์กร เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการปฏิบัติงานในองค์การต่อไป

2. การเป็นบุคคลรอบรู้ (Personal Mastery)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้ของโมเดลการเป็นบุคคลรอบรู้ (PM) พบว่า เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบการเป็นบุคคลรอบรู้องค์ประกอบด้านการแสวงหาความรู้ (Pursui) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ส่งเสริมให้บุคลากรแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อแสวงหาข้อมูลองค์ความรู้ใหม่ ๆ ในการปฏิบัติงาน (Pursui 5) องค์ประกอบด้านการสร้างความรู้ (Creati) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการกระตุ้นให้บุคลากรสร้างนวัตกรรม และองค์ความรู้ใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นในองค์กร (Creati 3) องค์ประกอบด้านการจัดเก็บความรู้ (Store) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ส่งเสริมให้มีการจัดเก็บข้อมูลความรู้เป็นระบบเพื่อความสะดวกต่อการค้นหาที่จะนำความรู้ไปใช้ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน (Store 2) และมีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ หมวดยุทธศาสตร์เพื่อให้บุคลากรในองค์กรเข้ามาสืบค้นได้ตามความต้องการ (Store 3) องค์ประกอบด้านการถ่ายโอนความรู้และการใช้ประโยชน์ (Transf) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในองค์กร (Transf 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Marquardt [10] ได้สนับสนุนว่า ความรู้ได้กลายเป็นสิ่งสำคัญสำหรับองค์กรมากกว่าทรัพยากรด้านการเงิน ที่ตั้งทางการตลาด เทคโนโลยีหรือทรัพย์สินอื่น ๆ ความรู้เป็นทรัพยากรหลักที่ใช้ในการทำงาน โดยที่ ประเพณี วัฒนธรรม เทคโนโลยี การปฏิบัติการ ระบบต่างๆ และขั้นตอนการทำงานขององค์กร ล้วนมาจากพื้นฐานของความรู้และความชำนาญทั้งสิ้นพนักงานต้องการความรู้เพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการให้กับลูกค้าทั้งภายในและภายนอก ความรู้ที่ทันสมัยเพื่อเปลี่ยนแปลงระบบโครงสร้างและสื่อสารการแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมทั้งยังได้สรุปว่า ความรู้เปรียบเสมือนอาหาร (food) ขององค์กรแห่งการเรียนรู้ ความรู้ได้รับการจัดการ โดยการใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ความรู้จากการได้รับความรู้ (acquired) สร้างองค์ความรู้ (created) จัดเก็บความรู้ (stored) และถ่ายโอนความรู้ (transferred)

3. การมีแบบแผนความคิด (Mental Models)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้ของโมเดลการมีแบบแผนความคิด (MM) พบว่า เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบการมีแบบแผนความคิด องค์ประกอบด้านการบริหารจัดการ (Manage) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ผู้บริหารส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการบริหารงาน ประสานผลประโยชน์ขององค์กร (Manage 3) องค์ประกอบด้านการดำเนินการจัดการ (Action) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการทบทวนการปฏิบัติงานนำผลมาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนางาน (Action 5) ซึ่งสอดคล้องกับสมคิด สร้อยน้ำ [11] ได้ศึกษาปัจจัยทางการบริหารที่มีอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมต่อความเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้พบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติด้านการจัดการ ประกอบด้วย คุณลักษณะที่บ่งชี้คือ การจัดระบบราชการ การมีบุคลากรรับผิดชอบ การมีวัสดุอุปกรณ์ การอำนวยความสะดวกที่เหมาะสม ระบบการติดต่อสื่อสารทั้งภายในและภายนอก ระบบและกลไกการนิเทศ ระบบและกลไกการประกันคุณภาพภายใน การรายงานผลการดำเนินงาน และการประชุมสัมมนาเพื่อวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย มาลี สิบกระแส [12] กล่าวว่า การสร้างวิสัยทัศน์โดยเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมในการบริหาร

โดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมไปจัดทำแผนพัฒนาขององค์กรในอนาคต มีการกำกับติดตามการดำเนินงาน การวางระบบและกลไกการนิเทศและติดตามความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาระบบและ กลไกการประเมินคุณภาพภายในองค์กร มีการทบทวนการปฏิบัติงานนำผลมาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับในการ พัฒนางานอย่างสม่ำเสมอ มีการนำข้อเสนอแนะของผู้บริการมาปรับปรุงพัฒนาคุณภาพ และรายงานผลการ ดำเนินงานและประชาสัมพันธ์ผลการดำเนินงานตามเป้าหมายให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ

4. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม (Team Learning)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้โมเดลการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม (TL) พบว่า เมื่อพิจารณาคำนำหน้าขององค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีมองค์ประกอบด้านภาวะผู้นำ (Leader) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ผู้บริหารมีการสนับสนุนและส่งเสริมการจัดตั้งทีมงาน (Leader 3) องค์ประกอบด้านบรรยากาศในการทำงาน (Enviro) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ทีมงานฝ่ายบริหารของมหาวิทยาลัยราชภัฏมีการมอบหมายงาน การปฏิบัติงานสู่ทีมงานระดับล่างอย่างเหมาะสม (Enviro 8) องค์ประกอบด้านการจูงใจ (Solici) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ผู้บริหารมีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน (Solici 1) กับผู้บริหารมีการกระตุ้นให้บุคลากรมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติงาน (Solici 5) ซึ่งสอดคล้องกับ Senge [13] กล่าวว่า การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีมเป็นการเน้นการทำงานเป็นทีมมุ่งเน้นให้ทุกคนในทีมมีส่วนร่วมกัน ช่วยเพิ่มคุณค่าแก่ลูกค้า ประสานกับการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม และการสร้างภาวะผู้นำแก่ผู้นำองค์กรทุกระดับ ผู้บริหารต้องสร้างบรรยากาศและส่งเสริมการทำงานเป็นทีมให้สมาชิกในทีมแต่ละคนเกิดการเรียนรู้ และเติบโตไปพร้อมๆ กัน

5. การปรับเปลี่ยนองค์การ (organization transformation)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้โมเดลการปรับเปลี่ยนองค์การ (OT) พบว่า เมื่อพิจารณาคำนำหน้าขององค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบปรับเปลี่ยนองค์การ องค์ประกอบด้านวัฒนธรรมองค์กร (Corpor) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด บุคลากรสร้างบรรยากาศที่ดีในการปฏิบัติงานในเชิงบวก (Corpor 5) กับสนับสนุนให้บุคลากรมีปฏิสัมพันธ์เพื่อสร้างวัฒนธรรมใหม่อันดีงามร่วมกัน (Corpor 6) เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบโครงสร้างองค์กร (Struct) ตัวบ่งชี้ Struct3 มีค่า Factor Loading = 0.27 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.30 ผู้วิจัยจึงได้ทำการตัดตัวบ่งชี้ Struct3 ทิ้ง และได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบด้านโครงสร้างองค์กร (Struct) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการจัดโครงสร้างการบริหารงาน ความรับผิดชอบ ของหน่วยงานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมชัดเจน (Struct 1) กับ มีการกำหนดตัวบุคลากรที่รับผิดชอบงานสอดคล้องกับความรู้ความสามารถ (Struct 6) องค์ประกอบด้านระบบองค์กร (Enterp) โดยมีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีคำนำหน้าขององค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ ระบบการปฏิบัติงานสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับทุกหน่วยงาน (Enterp1) ซึ่งสอดคล้องกับ Sandra M. Kaiser [9] ได้สนับสนุนแนวคิดเรื่ององค์กรแห่งการเรียนรู้สามารถเพิ่มประสิทธิผลให้กับองค์กร จึงได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยที่มีอิทธิพลต่อการเป็นองค์กร

แห่งการเรียนรู้คือ วัฒนธรรมองค์การ (Organizational Culture) หมายถึง วิธีการประพจน์ ปฏิบัติงานของสมาชิกในองค์การ มีค่านิยมแห่งการแลกเปลี่ยนความรู้ การมีอิสระในการเรียนรู้ กล้าเสี่ยงและทดลองสิ่งใหม่ๆ และมีความเป็นเอกภาพในองค์การ โดยยอมรับและเข้าใจเป้าหมายขององค์การ โครงสร้างองค์การ (Organizational Structure) หมายถึง ลักษณะโครงสร้างของการจัดหน้าที่ และบุคคลเข้าสู่ระดับของความรับผิดชอบ การแบ่งงานและความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน การรายงาน การกำหนดความสัมพันธ์ของสมาชิก สายงานบังคับบัญชา ช่วงการบังคับบัญชา การกระจายอำนาจ และการตัดสินใจ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และประสิทธิผลขององค์การ และการมีปฏิสัมพันธ์กันภายในหน่วยงาน ระบบองค์การ (Organizational Systems) หมายถึง การที่องค์การมีระบบข้อมูลข่าวสาร ระบบสารสนเทศ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบบริหารทรัพยากรมนุษย์ มีมาตรฐานด้านนโยบายและการมีกลไกที่อำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงาน รวมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ของสมาชิก และการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของสมาชิก Sandra M. Kaiser [9] ได้ระบุว่าระบบองค์การไม่มีอิทธิพลต่อบัจจัยอื่นๆ แต่จำเป็นต้องมีระบบสนับสนุนในด้านการบริหารบุคคล ข้อมูลสารสนเทศ และการติดต่อสื่อสาร เพื่อการที่จะนำไปสู่องค์การแห่งการเรียนรู้

6. การใช้เทคโนโลยี (technology application)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตัวบ่งชี้โมเดลการใช้เทคโนโลยี (TA) พบว่า เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า ซึ่งอาจเป็นเพราะผลการตรวจสอบตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบการใช้เทคโนโลยีองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (Inform) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยให้การปฏิบัติงานอย่างเพียงพอ (Inform 2) องค์ประกอบด้านเทคโนโลยีพื้นฐานการเรียนรู้ (Learn) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการแสวงหาเทคโนโลยีทางการสื่อสารมาลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อประสานงาน (Learn 1) องค์ประกอบด้านระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน (Elect) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวสังเกตได้ที่เป็นตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกตัว โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุดคือ มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารมาใช้ในการผลิตสื่อด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ (Elect 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Brain Quinine [14] กล่าวว่า เทคโนโลยีเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการจัดการความรู้ขององค์การ การใช้ความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ของการเรียนรู้ การสื่อสาร ข้อมูลสารสนเทศ และคอมพิวเตอร์ซึ่งองค์ประกอบย่อยของเทคโนโลยีเพื่อที่สร้างองค์การแห่งการเรียนรู้ ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีพื้นฐานของการเรียนรู้ และระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน เทคโนโลยีนับเป็นปัจจัยสำคัญมาก สำหรับโลกในยุคนี้ เพราะหากองค์การใดก็ตามมีอำนาจทางเทคโนโลยีสูงจะได้เปรียบสามารถที่จะก้าวล้ำหน้าองค์การอื่นได้ Marquardt [10] กล่าวถึงความต้องการและใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ที่ดี องค์การที่ยังขาดเทคโนโลยีสารสนเทศคือ ความสามารถในการใช้ การเก็บ และการถ่ายทอดความรู้ ถ้าความรู้คือ อาหารขององค์การ แต่เทคโนโลยีเป็นระบบย่อยอาหารที่สำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพการเรียนรู้ในองค์การ ศูนย์การเรียนรู้กับเทคโนโลยีจะส่งเสริมการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลและกลุ่มสมาชิก ดังนั้น องค์การต้องการแนะนำการปฏิบัติการที่สนับสนุนระบบต่างๆ ระบบสารสนเทศจะส่งผลไปยังสมาชิกในด้านการอธิบาย การจำกัดความ การบรรยาย การแสดงกิจกรรม ฝึกปฏิบัติ การประเมินผล การส่งผลข้อมูลย้อนกลับ และแหล่งข้อมูลสารสนเทศอื่นๆ และยังเสนอระบบย่อยด้านเทคโนโลยีใน 3 มิติ ที่เกี่ยวข้องกับ องค์การแห่งการเรียนรู้ ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีพื้นฐานของการเรียนรู้ และระบบปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน

องค์ประกอบทั้ง 6 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงระบบ การเป็นบุคคลรอบรู้ การมีแบบแผนความคิด การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม การปรับเปลี่ยนองค์การ และการใช้เทคโนโลยี เป็นองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพบว่า องค์ประกอบของโมเดลองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 48.49 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value}=0.0643$) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.98 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.92 ส่วนค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.035 ค่ามาตรฐานค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ 0.14 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบขององค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยองค์ประกอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานสูงสุดคือ การมีแบบแผนความคิด และมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ทุกค่า แสดงว่า ตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลประจักษ์ในระดับดี ซึ่งผลการวิจัยทำให้ได้ องค์ประกอบการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 6 องค์ประกอบหลัก 18 องค์ประกอบย่อย และ 126 ตัวบ่งชี้ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้เป็นโมเดลรูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้และแบบสอบถามการเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Brooker Group. (1999). *Background Paper on Higher Education Prepared for the Asian Development Bank.* n.p.
- [2] วิจิตร ศรีสอาด. (2547). ผลกระทบของการปฏิรูปอุดมศึกษาของไทยต่อสังคมฐานความรู้. *วารสารวิชาการ.* 1(1): 15-23.
- [3] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎีกา. (2545). *รายงานชุด “แนวทางการปฏิรูปอุดมศึกษาไทย” รูปแบบและภารกิจอุดมศึกษา.* กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- [4] ประเวศ วะสี. (2541). การปฏิรูปการศึกษาจังหวัดเพื่อคนทั้งมวล. ใน *แนวคิดและนโยบายกระทรวงศึกษาธิการ: พื้นฐานการปฏิรูปการศึกษาเพื่อประชาชน.* หน้า 23-28. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- [5] พระราชกฤษฎีกาว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2549, form <http://www.rdpb.go.th/news/deeka2546.pdf>,4
- [6] วิจารย์ พานิช. (2547). *การจัดการความรู้เพื่อคุณภาพที่สมดุล.* ม.ป.ท.: สถาบันพัฒนาและรับรองคุณภาพโรงพยาบาล.
- [7] พรชูลี อาชวอำรุง. (2543). *แนวทางการปฏิรูปโครงสร้างและการบริหารจัดการอุดมศึกษา: รูปแบบการจัดกลุ่มอุดมศึกษาที่สอดคล้องกับศักยภาพปัจจุบัน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] ศันสนีย์ จะสุวรรณ์. (2550). *การพัฒนาารูปแบบองค์การแห่งการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏ.* วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [9] Kaiser, Sandra M. (2000). *Mapping the Learning Organization: Exploring A Model of Organization Learning.* Dissertation, Ph.D. n.p.: Louisiana State University.
- [10] Marquardt, M. (1996). *Building the learning organization.* New York: McGraw-Hill.
- [11] สมคิด สร้อยน้ำ. (2547). *การพัฒนาตัวแบบองค์กรแห่งการเรียนรู้ในโรงเรียนมัธยมศึกษา.* วิทยานิพนธ์. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- [12] มาลี สืบกระแสน. (2552). *การพัฒนารูปแบบขององค์การแห่งการเรียนรู้ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา*.
วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. (การบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม.
- [13] Senge, Peter M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of The Learning Organization*. New York: Doubleday Currency.
- [14] Brain Quinine. (1996). *Topographic Organization of Fos-like immune reactivity in the Rostra nucleus of the solitary tract evoked by gustatory stimulation with sucrose and quinine*. from www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6SYR-3VXHKS28&

SWU6-1018: การใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรของผู้เรียนระดับอุดมศึกษา USING LESSON LEARNED ACTIVITY BY GALAMASUTRA OF HIGHER EDUCATION LEARNERS

วิชัย วงษ์ใหญ่, มารุต พัฒผล*

Wichai Wongyai, Marut Patphol*

สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Curriculum Research and Development Program, Graduate School, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: marutp@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการถอดบทเรียน (After Action Review) ตามหลักกาลามสูตรที่มีต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับอุดมศึกษา กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยคือผู้เรียนระดับปริญญาเอก สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร และสาขาการบริหารการศึกษา ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 20 คน ดำเนินการวิจัยโดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการถอดบทเรียนทุกครั้งเมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนตลอดภาคการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบการถอดบทเรียน และแบบรายงานตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ อันเกิดมาจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า การใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรทำให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ 5 ด้าน ดังนี้ 1) มีสติและสมาธิอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ทบทวนบทเรียนและสรุปสาระสำคัญ 3) การศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจยารณญาณ และ 5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้

คำสำคัญ: การถอดบทเรียน กาลามสูตร

Abstract

This research objectives were to study the effects of using lesson learned (After Action Review) by GalamaSutra of higher education students. The participants were 20 people of doctoral students in curriculum research and development program and educational administration program in second semester of academic year 2553. The participants were take the lesson learned of the completion of the course throughout the semester. Tools used for data collection include 1) observation learning behavior form 2) lesson learned form and 3) self – report on what they have learned form. The data were analyzed by content analysis. The results showed that using the lesson learned by the GalamaSutra were developed learning outcomes in 5 areas: 1) concentration on learning activities 2) review and summary the lesson 3) self – learning 4) analysis synthesis and critical thinking and 5) sharing knowledge.

Keywords: Lesson Learned, GalamaSutra

บทนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีความสลับซับซ้อนข้อมูลข่าวสารรวมทั้งความรู้ต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างมากมายและรวดเร็วซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบการเรียนรู้ของผู้เรียนที่จะต้องปรับเปลี่ยนจากการเรียนรู้ที่มีลักษณะแยกส่วนเป็นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงมากขึ้น อันจะทำให้ผู้เรียนมีกระบวนการเรียนรู้ และการคิดที่กว้างไกล ปรชญาการอุดมศึกษาไทยมุ่งผลิตบัณฑิต ให้มีคุณลักษณะที่สำคัญหลายประการ โดยที่หนึ่งในนั้นคือการมีความสนใจใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เรียนรู้ตลอดชีวิต สามารถโต้ตอบโดยแสดงเหตุผลเป็นที่ยอมรับได้ รู้และเข้าใจ รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ ให้ได้คำตอบที่มีเหตุผล

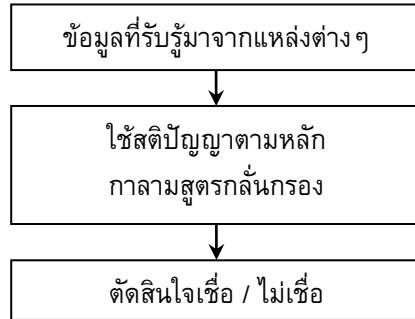
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาได้ประกาศใช้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 ซึ่งมีจุดเน้นสำคัญคือผลการเรียนรู้ 5 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านคุณธรรม จริยธรรม 2) ด้านความรู้ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ [1-2] จากปรชญาการอุดมศึกษาและกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาที่กล่าวมาจะเห็นว่าให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ (learning outcomes) ของผู้เรียนเป็นสำคัญการจัดการเรียนการสอนต้องตอบสนองผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงกันได้

การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีมีหลายวิธี การถอดบทเรียน (After Action Review: AAR) เป็นวิธีการหนึ่งที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ความรู้และประสบการณ์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการปฏิบัติหรือการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3-6] นอกจากนี้การถอดบทเรียนยังเป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างเป็นระบบต่อคณะทำงานเกี่ยวกับผลการปฏิบัติกิจกรรมที่ดำเนินการแล้ว เป็นการกระตุ้นให้คณะทำงานเกิดความตื่นตัวและมีความรู้สึกผูกพัน (involve) อยู่กับงาน เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่มของนักวิชาชีพต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยเน้นผลการปฏิบัติว่าเป็นไปตาม “สิ่งที่คาดหวัง” อย่างไร ให้ผู้ปฏิบัติได้รู้จักบททวนตนเอง การจับประเด็นความรู้ที่เกิดขึ้นสั้นๆ ภายหลังการทำกิจกรรมของกลุ่ม รวมทั้งทบทวน และสะท้อนบทเรียนเพื่อนำไปสู่การวางแผนต่อไป [7-8] อย่างไรก็ตามวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบไทยคือการเชื่อเพราะเป็นครูอาจารย์ กล่าวคือ เมื่อได้เรียนอะไรจากบุคคลที่เป็นครูอาจารย์ของตนเองจะมีแนวโน้มที่จะเชื่อในสิ่งที่ครูอาจารย์สอนโดยปราศจากการคิดวิเคราะห์ใคร่ครวญหาเหตุผล ก่อนที่จะปลงใจเชื่อ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขาดการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และขาดเหตุผลประกอบการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่ขาดปัญญา และเป็นการเรียนรู้เพื่อให้ความรู้เหมือนกับสิ่งที่อาจารย์รู้ ไม่สามารถนำไปเชื่อมโยงและสร้างสรรค์ได้

หลักกาลามสูตร (GalamaSutra) เป็นหลักธรรมคำสอนของพระพุทธเจ้า ที่ไม่ให้เชื่อถือสิ่งใดอย่างมกมาย มีหลักการอยู่ 10 ประการ เรียกว่า “กาลามสูตร” คือ พระสูตรที่พระพุทธเจ้าทรงแสดงแก่ชาวกาลามะ เป็นหลักแห่งความเชื่อที่พระพุทธองค์ทรงวางไว้ให้แก่พุทธศาสนิกชน ไม่ให้เชื่อสิ่งใดๆ อย่างมกมายโดยไม่ใช้ปัญญาพิจารณาให้เห็นจริงถึงคุณโทษหรือดีไม่ดีกว่าก่อนเชื่อ มีอยู่ 10 ประการ ดังนี้ [9]

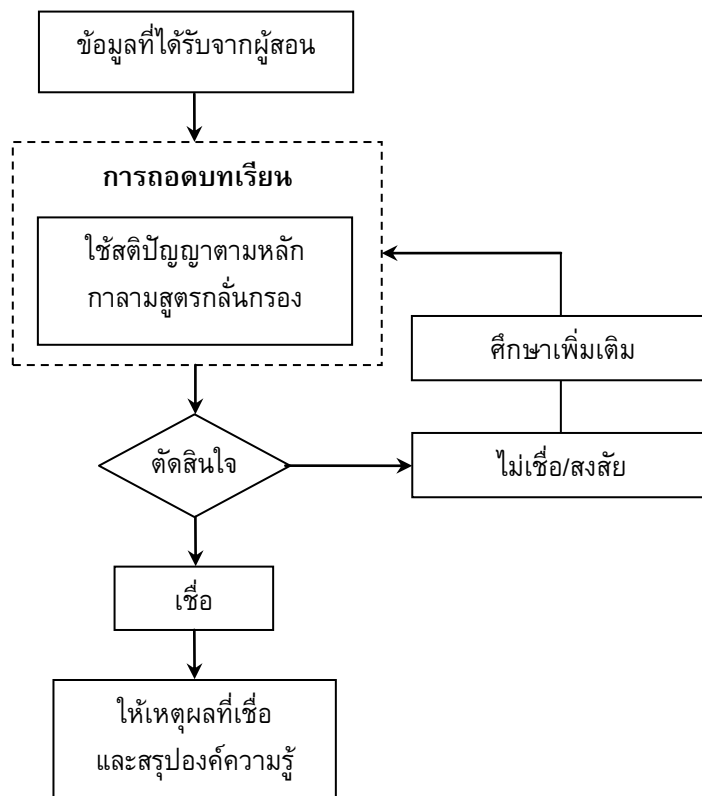
1. อย่าเชื่อโดยฟังตามกันมา
2. อย่าเชื่อโดยถือว่าเป็นที่ทำสืบทอดกันมา
3. อย่าเชื่อโดยถือว่าเป็นคำล่ำลือ
4. อย่าเชื่อโดยอ้างตำรา
5. อย่าเชื่อโดยนึกเดาเอาเอง
6. อย่าเชื่อโดยคาดคะเน
7. อย่าเชื่อโดยการตรึกตรองตามเหตุผล
8. อย่าเชื่อโดยเห็นว่าถูกต้องตามความเชื่อของตน
9. อย่าเชื่อโดยเห็นว่าผู้พูดมีความน่าเชื่อถือ
10. อย่าเชื่อโดยถือว่าเป็นครู อาจารย์ ของตน

การใช้กาลามสูตรเป็นสิ่งที่ช่วยกลั่นกรองข้อมูลที่รับรู้มาจากแหล่งต่างๆ ที่ได้รับรู้มาโดยใช้สติปัญญาพิจารณาใคร่ครวญไตร่ตรองตามหลักกาลามสูตรก่อนปลงใจเชื่อในสิ่งนั้น ดังภาพประกอบ 1 ต่อไปนี้



ภาพที่ 1 การใช้สติปัญญาตามหลักกาลามสูตรกลั่นกรองข้อมูลที่รับรู้มาจากแหล่งต่างๆ

เมื่อนำการถอดบทเรียนมาบูรณาการกับหลักกาลามสูตรแล้วจะทำให้การทำกิจกรรมการถอดบทเรียนมีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมการเรียนรู้แบบไทยมากขึ้น เพราะได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ใช้วิจารณญาณประกอบการตัดสินใจ ในการที่จะเชื่อหรือไม่เชื่อในสิ่งที่ได้เรียนจากผู้สอน การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด จะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น [3-6, 8-9] สรุปเป็นภาพที่ 2 ได้ดังนี้



ภาพที่ 2 การบูรณาการการถอดบทเรียนกับหลักกาลามสูตร

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่น่าสนใจว่า ถ้าผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรแล้วผู้เรียน จะเกิดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นผลมาจากการได้ใช้กระบวนการคิดกลั่นกรอง ใคร่ครวญ ตรวจสอบสิ่งต่างๆ อย่างรอบคอบ แล้ว จะเกิดผลการเรียนรู้เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรที่มีต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

ผู้เรียนระดับปริญญาเอกสาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร และสาขาการบริหารการศึกษา จำนวน 20 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

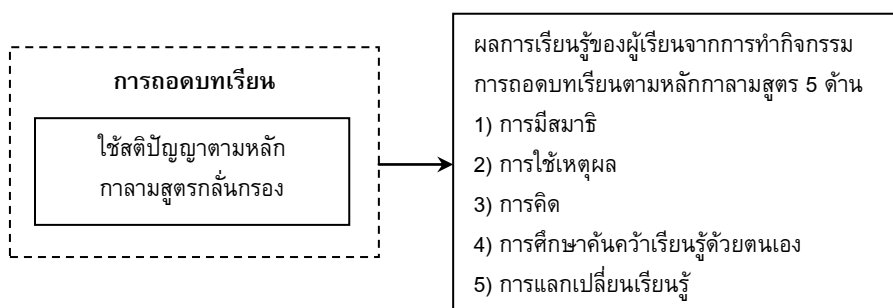
ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร 5 ด้าน ได้แก่ 1) การมีสมาธิ 2) การใช้เหตุผล 3) การคิด 4) การศึกษาค้นคว้าเรียนรู้ด้วยตนเอง และ 5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลการใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรที่มีต่อผลการเรียนรู้ (learning outcomes) ของผู้เรียน 5 ด้าน ได้แก่ การมีสมาธิ การใช้เหตุผล การคิด และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ดังภาพที่ 3 ต่อไปนี้



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผลที่เกิดจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรของการวิจัยในครั้งนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ 1) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนชนิดไม่มีโครงสร้าง 2) แบบการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรชนิดมีโครงสร้าง 3) แบบรายงานตนเองการเรียนรู้ที่เกิดจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร ซึ่งผ่านกระบวนการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้ก่อนที่จะนำมาใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ 1) การให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร โดยใช้แบบการถอดบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ภายหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ตลอดภาคการศึกษา

2) การสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน และ 3) การให้ผู้เรียนรายงานตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ จากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรเมื่อสิ้นภาคการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบความถูกต้องและเชื่อถือได้ของข้อมูลการถอดบทเรียน การสังเกตพฤติกรรมและการเขียนรายงานตนเอง โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลสามเส้า (triangulation) มุ่งตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากทั้ง 3 แหล่ง และวิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัยทั้งสองคนร่วมกันพิจารณา ซึ่งผลจากการตรวจสอบพบว่า ข้อมูลมีความถูกต้องและเชื่อถือได้

2. จัดเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ ข้อมูลจากการถอดบทเรียน และข้อมูลจากการรายงานตนเองของผู้เรียน

3. ให้รหัส (Coding) และจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Category) โดยการวิเคราะห์จากคำหลัก (keywords) ซึ่งผู้วิจัยจัดได้ 5 หมวดหมู่ ได้แก่ 1) การมีสติและสมาธิอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การทบทวนบทเรียนและสรุปสาระสำคัญ 3) การศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจัย วิจารณ์ และ 5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้

4. จัดทำข้อสรุปชั่วคราวและการตัดทอนข้อมูล (Memoing Data Reduction) โดยการเขียนข้อสรุปผลการเรียนรู้ที่เกิดจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร 5 ด้าน และตัดข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาสร้างข้อสรุปชั่วคราวได้ออกไป

5. วิเคราะห์เชื่อมโยงข้อสรุปทั้ง 5 ด้าน โดยการทำให้สัมพันธ์ (Mapping) แสดงการเรียนรู้ที่เกิดจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร

6. พิสูจน์ข้อสรุปโดยการให้ผู้เรียนระดับปริญญาเอกสาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรอีก 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรเช่นเดียวกับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยเพื่อยืนยันข้อสรุป

ผลการวิจัย

จากการสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ การวิเคราะห์การถอดบทเรียน และการรายงานตนเองพบว่า ผู้เรียนตั้งใจและจดจ่ออยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ไม่มีการนำกิจกรรมอื่นมาทำในชั้นเรียน นอกจากนี้ผู้เรียนหลายคนได้รายงานตนเองสอดคล้องกันว่าต้องมีสติและสมาธิในการเรียน เพราะว่าจะต้องถอดบทเรียน และทำให้ต้องคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ คิดวิจารณ์ วิจารณ์ ใช้เหตุผลทบทวนบทเรียนและสรุปสาระสำคัญ รวมทั้งต้องศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่นอีกด้วย ดังตัวอย่างการถอดบทเรียนและการรายงานตนเองดังต่อไปนี้

“กิจกรรมการถอดบทเรียนเหมาะสำหรับการเรียนรู้ในยุคปฏิรูปการศึกษารอบสองเป็นอย่างยิ่ง ... บทบาทของผู้เรียนเปลี่ยนไป จะต้องเรียนรู้พร้อมๆ กับการฝึกทักษะการคิด ฝึกการจับประเด็นของเนื้อหาสาระในแต่ละครั้ง ต้องพยายามทำความเข้าใจบทเรียน ต้องมีสมาธิในการเรียน ต้องสามารถคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์บทเรียนในแต่ละครั้ง”

“กิจกรรมการถอดบทเรียนทำให้ผู้เรียนได้รับทักษะในการสังเคราะห์ และการสรุปสาระสำคัญของบทเรียน”

“การที่ผู้สอนมอบหมายให้ถอดบทเรียนทุกครั้ง ทำให้ ข้าพเจ้าได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่นมากมาย”

“การถอดบทเรียนเป็นกระบวนการที่ทำให้เราได้รวบรวม ประมวลความรู้ที่ได้เรียนไปว่าในแต่ละครั้งนั้นเราได้เรียนรู้อะไรบ้าง เป็นการสรุปภาพรวมของการเรียนรู้ในครั้งนั้น และที่สำคัญมันยังเป็นตัวบอกให้เราทราบว่าในการเรียนแต่ละครั้งนั้นมีสิ่งใดบ้างที่เรายังคลุมเครือต้องแสวงหาความรู้เพิ่มเติมเติมสิ่งที่ขาดหายไปโดยส่วนตัวแล้วชอบมากค่ะ”

“คำถามส่วนใหญ่เป็นการถามเรื่อง ความเชื่อและความถูกต้องขององค์ความรู้ที่ได้รับ ข้าพเจ้าเชื่อว่าอาจารย์ต้องการให้เรารู้จักไตร่ตรองในองค์ความรู้ที่ได้รับและหากจะเชื่ออะไรก็ต้องมีเหตุของความเชื่อนั้นๆ สิ่งที่ใฝ่ฝันนี้ทำให้ข้าพเจ้าเกิดวิจรรณญาณ ในการเชื่อมากขึ้น การทำเช่นนี้ทำให้เราไม่ประมาท และก่อนจะตอบว่า “เชื่อ” หรือ “ไม่เชื่อ” ย่อมมีเหตุผลเสมอ”

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การถอดบทเรียนและการรายงานตนเองของผู้เรียน ผู้วิจัยพบว่า การใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การมีสติและสมาธิอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การใช้เหตุผลทบทวนบทเรียนและสรุปสาระสำคัญ 3) ศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจรรณญาณ และ 5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สรุปและอภิปรายผล

การใช้กิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตร ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การมีสติและสมาธิอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การใช้เหตุผลทบทวนบทเรียนและสรุปสาระสำคัญ 3) ศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง 4) การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจรรณญาณ และ 5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยมีประเด็นการอภิปรายดังนี้

ผลการวิจัยที่พบว่า การทำกิจกรรมการถอดบทเรียนทำให้ผู้เรียนมีสติและสมาธิอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ มีการใช้เหตุผลทบทวนบทเรียน สรุปสาระสำคัญ ศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเองได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิจรรณญาณ ตลอดเวลาเพื่อให้สามารถตัดสินใจเชื่อหรือไม่เชื่อบนพื้นฐานของข้อมูล และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้นั้นมีสาเหตุเนื่องมาจากการถอดบทเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะพิเศษต่างจากการถอดบทเรียนโดยทั่วไป กล่าวคือ ผู้วิจัยได้บูรณาการหลักกาลามสูตรเข้ากับการถอดบทเรียนด้วย ซึ่งหลักกาลามสูตรนั้นสอนไม่ให้เชื่อสิ่งใดๆ ก่อนที่จะคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล ตลอดจนมีข้อมูลสารสนเทศหรือข้อเท็จจริงรอบด้านสนับสนุน แล้วจึงตัดสินใจที่จะเชื่อหรือไม่เชื่อ ด้วยเหตุนี้การถอดบทเรียนในการวิจัยครั้งนี้จึงทำให้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ไตร่ตรองสิ่งที่ได้รับจากผู้สอนบนพื้นฐานของเหตุและผล หลักวิชาการ ข้อเท็จจริงจากผลการวิจัยต่างๆ ตลอดจนเอกสารตำราที่ตนเองได้ศึกษามา ว่ามีเหตุผลที่เชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด ผู้เรียนได้ใช้ความคิดของตนเองใคร่ครวญสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้และปฏิบัติ ซึ่งการถอดบทเรียนเป็นการกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความตื่นตัวและมีความรู้สึกผูกพันอยู่กับงาน เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่ม ผู้ปฏิบัติได้รู้จักทบทวนตนเอง การจับประเด็นความรู้ที่เกิดขึ้นสั้นๆ ภายหลังการทำกิจกรรม และเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าจะวิเคราะห์ความรู้และประสบการณ์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการปฏิบัติหรือการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3-6, 8-9]

ผลการวิจัยที่พบว่า การทำกิจกรรมการถอดบทเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพราะการถอดบทเรียนจะทำให้เกิดการตกตะกอน การเรียนรู้หรือความรู้ที่ฝังลึก (deep knowledge) ส่งผลทำให้มีความมั่นใจในการเรียนรู้ และมีประเด็นในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เมื่อได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จึงเกิดความรู้เพิ่มพูนขึ้น มีความคิดที่หลากหลาย ได้เรียนรู้วิธีคิดของบุคคลอื่นในประเด็นเดียวกัน ทำให้เปิดใจกว้างและรับฟังบุคคลอื่นมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการประเมินตนเองไปในตัวด้วย เพราะผู้เรียนจะทราบว่ามีสิ่งที่ไม่เชื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันนั้น ตนเองมีความคิดรวบยอด (main concept) ที่ถูกต้องชัดเจนหรือไม่ สุดท้ายจะนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง (self - learning) เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง นับว่าเป็นคุณลักษณะของบุคคลแห่งการเรียนรู้ และการมีความคิดรวบยอดนี้จะเป็นพื้นฐานของการคิดระดับสูงขึ้นไปดังที่ Sousa [10] ได้ระบุว่า การมีความคิดรวบยอดจะพัฒนาไปสู่การคิดในระดับการประยุกต์ใช้ (apply) การวิเคราะห์ (analyze) การประเมิน (evaluation) และสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ (create) หรือที่เรียกว่าการคิดที่ซับซ้อน (complexity) [10]

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมการถอดบทเรียนตามหลักกาลามสูตรทั้ง 5 ด้าน มีความสอดคล้องกับมาตรฐานผลการเรียนรู้ ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ทั้ง 5 ด้าน กล่าวคือ ด้านคุณธรรมจริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อีกทั้งยังสอดคล้องกับปรัชญาการอุดมศึกษาไทยที่มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีคุณลักษณะที่สำคัญหลายประการ หนึ่งในนั้นคือ การมีความสนใจใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เรียนรู้ตลอดชีวิต สามารถโต้ตอบโดยแสดงเหตุผลเป็นที่ยอมรับได้ รู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ ให้ได้คำตอบที่มีเหตุผล [1-2]

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2552). *กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 และแนวทางการปฏิบัติ เอกสารแนบท้ายประกาศคณะกรรมการการอุดมศึกษา เรื่อง แนวทางการปฏิบัติ ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [2] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2552). *รายงานการประชุมสัมมนาปรัชญาการอุดมศึกษาไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [3] อุดม พัวสกุล. (2552). *After Action Review: AAR การทบทวนหลังการปฏิบัติงาน*. กรุงเทพฯ: เพชรเกษม.
- [4] DeGosky, Micheal T. (2005). *Improving After Action Review (AAR) Practice*. New York: Guidance Group.
- [5] Mission-Centered Solutions. (2008). *The After Action Review*. Colorado: Mission-Centered Solutions.
- [6] United State Agency International Development. (2006). *After Action Review: Technical Guidance*. Pennsylvania: United State Agency International Development.
- [7] วิชัย วงษ์ใหญ่. (2553). *เอกสารประกอบการสอน รายวิชาทฤษฎีและหลักการพัฒนาหลักสูตร*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [8] Meliza L. Larry; et al. (2011). *After Action Review in Simulation-Based Training*. Florida: NATO OTAN Organization.
- [9] พระไตรปิฎก เล่มที่ ๒๐ พระสุตตันตปิฎก เล่มที่ ๑๒ อังคุตตรนิกาย เอก-ทุก-ติกนิบาต เกสปุตตสูตร (กาลามสูตร). พระไตรปิฎกฉบับสยามรัฐ. (ม.ป.ป.).
จาก <http://thtipitaka.itsharing.info/info/siam-tipitaka-v20>
- [10] Sousa, A. David. (2005). *How the Brain Learns*. 3rd ed. California: Corwin Press.

**SWU6-1020: การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต:
อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี**

**THE DEVELOPMENT OF AN INTERNET-BASED COMPUTER INSTRUCTION:
INTERNET TECHNOLOGY**

ธัญพงษ์ ศรีกาฬสินธุ์

Thanupong Srikalsin

สาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร วิทยาลัยนวัตกรรมสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Computer for communication, College of social communication innovation, Srinakharinwirot University,
Thailand.

Corresponding author, E-mail: Srikalsin@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชา อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี หาประสิทธิภาพของบทเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนรู้ และหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ การสอนวิชา อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1. บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่อง อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี 2. แบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3. แบบสอบถามหาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา สาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร วิทยาลัยนวัตกรรมสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้นนั้นมี ประสิทธิภาพ 91.47 / 91.06 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 เมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลัง เรียนมาวิเคราะห์เพื่อหา ประสิทธิภาพพบว่า ได้ประสิทธิภาพหลังกระบวนการเรียน (E,(post)) = 91.06 และ ประสิทธิภาพก่อนกระบวนการ (E,(pre)) = 25.93

สรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้นนี้ทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพทางการเรียนเท่ากับ 65.13% สามารถที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชา อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีได้ และความพึงพอใจของกลุ่ม ตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 อยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี

Abstract

The purposes of the research were to develop Computer Instructional Package of Internet Technology and to find out an package learning effectiveness satisfaction, and efficiency learners. The research tools were: 1) Computer Instructional Package of Internet Technology 2) an achievement test and 3) questionnaire of satisfaction. The research sample group consists of 30 students from Computer for communications College of Social Communications Innovation Srinakharinwirot University. The result of this research revealed that the efficiency of the package was 91.47 / 91.06, which were higher than provided value 80/80. The efficiency (E) result of pretest and posttest showed that the E,(post) (91.06) was higher than E,(Pre) (25.93).

It could be concluded that this particular Computer Instructional Package built up learning effectiveness = 65.13%, which might be applicable for Internet Technology courses. The mean value of learners satisfaction was high at 4.53

Keywords: CAI, Communication, Internet technology, Efficiency

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสร้างความมั่นคงของเศรษฐกิจ ตลอดจนช่วยพัฒนาความเป็นอยู่ของคนในสังคมในทุกๆ สังคมให้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีผลต่อวิถีการดำเนินชีวิตของผู้คน การเรียนรู้ การติดต่อสื่อสารในโลกอันไร้พรมแดนอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ สำหรับประเทศไทยรัฐบาลทุกยุคที่ผ่านมาก็ให้ความสนใจและความสำคัญในเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมาก ด้วยเหตุที่เล็งเห็นว่าเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นปัจจัยสำคัญในอันที่จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่จะเพิ่มศักยภาพให้ประเทศสามารถเป็นผู้นำในด้านการค้า การผลิต การเงิน การขนส่ง การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ รวมถึงการเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของประชาชนในประเทศให้ดีขึ้นด้วย [1] ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศอันประกอบไปด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสื่อสารถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งในหน่วยงานของรัฐและเอกชน แม้กระทั่งในระบบของการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนการสอนในทุกๆ ระดับ

ประเทศไทยมีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในระบบงานต่างๆ อย่างกว้างขวางในช่วงระยะสิบกว่าปีที่ผ่านมา คอมพิวเตอร์เริ่มกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตผู้คน ปัจจุบันการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาในระดับต่างๆ ตั้งแต่ระดับอนุบาลไปจนถึงอุดมศึกษาเติบโตมากขึ้นจนเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระแสความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่เราอาจจ้านทานหรือขัดชินได้ รวมทั้งผู้นำทางการศึกษาและนโยบายของรัฐต่างให้ความสำคัญกับเรื่องระบบคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานในสถานศึกษาก็อาจมีลักษณะที่ต่างๆ กันไปทั้งที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน หรือใช้ในงานบริหารการศึกษา

จากแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2545-2559) ได้กำหนดแนวนโยบายเพื่อดำเนินการการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา และการพัฒนาประเทศ รวมถึงพัฒนาสังคมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้ผู้ใช้และผู้ผลิตเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา มีจิตสำนึก มีจรรยาบรรณ มีความรับผิดชอบต่อสังคม ผลิตสื่อเพื่อการศึกษาที่มีคุณภาพ รวมถึงพัฒนาข้อมูล สื่อ เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต [2] เป็นประชาคมแห่งการเรียนรู้ สถานศึกษาทุกระดับจะต้องสามารถจัดการศึกษาให้สามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติดังกล่าว เช่นเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) ที่ผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีโทรคมนาคม (Computer & Telecommunications Technology) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการนำสารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูล (Data) ข่าวสาร (Information) และความรู้ (Knowledge) [3] โดยการเข้าถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารและรู้ที่สะดวกและรวดเร็วในปัจจุบันที่ได้รับความนิยมสูงสุดก็คือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet)

อินเทอร์เน็ตในปัจจุบันถูกพัฒนามาจากโครงการวิจัยทางการทหารของกระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกาชื่อ Advanced Research Projects Agency (ARPA) ในปี ค.ศ. 1969 โครงการนี้เป็นการวิจัยเครือข่ายเพื่อการสื่อสารของการทหารในกองทัพอเมริกา หรืออาจเรียกสั้นๆ ได้ว่า ARPA Net ในปี ค.ศ. 1970 ARPA Net ได้มีการพัฒนาโดยการเชื่อมโยงเครือข่ายร่วมกับมหาวิทยาลัยชั้นนำของอเมริกา คือ มหาวิทยาลัย

ยูทาร์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ซานตาบาร์บารา มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ลอสแอนเจลิส และสถาบันวิจัยของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด หลังจากนั้นเป็นต้นมาก็มีการใช้ อินเทอร์เน็ตกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น

สำหรับในประเทศไทย เริ่มมีการใช้อินเทอร์เน็ตครั้งแรกในปีพ.ศ. 2530 โดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้รับความช่วยเหลือจากโครงการ IDP (The International Development Plan) เพื่อให้มหาวิทยาลัยสามารถติดต่อสื่อสารทางอีเมลกับมหาวิทยาลัยเมลเบิร์นในออสเตรเลียได้ ซึ่งได้มีการติดตั้งระบบอีเมลขึ้นครั้งแรก โดยผ่านระบบโทรศัพท์ ความเร็วของโมเด็มที่ใช้ในขณะนั้นมีความเร็วเพียง 2,400 บิต/วินาที ซึ่งในวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2531 จึงได้มีการส่งอีเมลฉบับแรกที่ติดต่อระหว่างประเทศไทยกับมหาวิทยาลัยเมลเบิร์น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์จึงเปรียบเสมือนประตูทางผ่าน (Gateway) ของไทยที่เชื่อมต่อไปยังออสเตรเลียในขณะนั้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2533 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ได้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ของสถาบันการศึกษาของรัฐ โดยมีชื่อว่า เครือข่ายไทยสาร (Thai Social/Scientific Academic and Research Network : ThaiSARN) ประกอบด้วย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้บริการอินเทอร์เน็ตภายในประเทศ สำหรับการศึกษาและวิจัย ต่อจากนั้นในปี พ.ศ. 2538 ได้มีการให้บริการอินเทอร์เน็ตเชิงพาณิชย์ขึ้น เพื่อให้บริการแก่ประชาชน และภาคเอกชนต่างๆ ที่ต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยมีบริษัทอินเทอร์เน็ตไทยแลนด์ (Internet Thailand) เป็นผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider: ISP) เป็นบริษัทแรก เมื่อมีคนนิยมใช้อินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้น บริษัทที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตจึงได้ก่อตั้งเพิ่มขึ้นอีก [4]

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นสถาบันการศึกษาของรัฐสถาบันหนึ่งที่มุ่งส่งเสริมและพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่น ไร้ขีดจำกัดเรื่องสถานที่และเวลา มากขึ้น รวมทั้งยังเป็นกระบวนการที่เข้าถึงผู้เรียนโดยใช้สื่อที่น่าสนใจเป็นสื่อกลางในการปรับที่ท่าและกระบวนการเรียนการสอนให้แตกต่างไปจากเดิม ปัจจุบันมหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒ ยังมีการจัดให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายให้กับนิสิตโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย เพื่อเอื้อประโยชน์ในแง่ข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการหรือห้องเรียน ช่วยให้นิสิตสามารถเชื่อมโยงอินเทอร์เน็ตส่วนตัวของนิสิตเข้าไปในระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายของมหาวิทยาลัยได้ตลอดเวลา

วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้ดำเนินการเปิดสอนหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา นวัตกรรมสื่อสาร และหลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาภาพยนตร์และสื่อมัลติมีเดีย มาตั้งแต่ปีการศึกษา 2550 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตบุคลากร ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ หลักสูตรที่เปิดสอนในวิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคมเป็นหลักสูตรที่บูรณาการผสมผสานศาสตร์ด้านการสื่อสาร ศิลปะ คอมพิวเตอร์และการจัดการเข้าไว้ด้วยกัน อีกทั้งวิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคมเป็นหน่วยงานที่เกิดขึ้นใหม่ นับเป็นคณะวิชาที่เกี่ยวข้องกับสื่อร่วมสมัยเป็นหลัก การจัดการศึกษาให้กับนิสิตของวิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม จึงต้องมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และนวัตกรรมเทคโนโลยีร่วมสมัย

จากทั้งหมดที่กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวความคิดที่จะสร้างสื่อการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้วิจัยเลือกที่จะสร้างบทเรียนประเภทโปรแกรมคอมพิวเตอร์การสอน บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชา อินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี โดยเนื้อหาของโปรแกรมจะอยู่ในรายวิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา คอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะที่เป็นผู้สอน วิชาการอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี จึงมีความ มุ่งมั่นที่พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขึ้นมา เพื่อจำลองภาพและสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นใน

บทเรียน อีกทั้งยังแสดงภาพเคลื่อนไหวได้ ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนมีแนวคิดและความเข้าใจที่ถูกต้อง เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนวิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี
3. เพื่อหาประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิต วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของ บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อตรวจสอบให้บทเรียนมีคุณภาพตามเกณฑ์ 80/80 และหาประสิทธิผลการเรียนรู้ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชั้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ทดลองกลุ่มย่อย

การทดลองกลุ่มย่อย มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาที่เหมาะสม ตรวจสอบปัญหาข้อบกพร่องและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพจริง ได้ดำเนินการโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นิสิตสาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ยังไม่เคยเรียน วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีมาก่อนและมีผลการเรียนอยู่ในระดับอ่อน ปานกลาง และระดับสูงกลุ่มละ 2 คน จำนวน 6 คน ก่อนเริ่มการเรียนจากบทเรียน ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการทดลอง และวิธีการศึกษาบทเรียนแก่กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงเริ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาบทเรียนแต่ละหน่วย โดยให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และเมื่อศึกษาเนื้อหาครบ 15 หน่วยการเรียน แล้วจึงทำแบบทดสอบหลังเรียน ทั้งนี้ในขณะที่ทดลองผู้วิจัยได้สังเกต และสอบถามปัญหา อุปสรรค สอบถามความคิดเห็นที่ผู้เรียนมีต่อบทเรียน รวมทั้งจับเวลาสำหรับการเรียนแต่ละหน่วยประกอบกันไปด้วย หลังจากนั้นนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับนำไปทดลองภาคสนาม

2. ทดลองภาคสนาม

การทดลองภาคสนามมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดบทเรียน และหาประสิทธิผลของการเรียนรู้ ได้ดำเนินการโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นิสิตสาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ยังไม่เคยเรียน วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี จำนวน 30 คน ก่อนเริ่มการเรียนจากบทเรียน ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการทดลองและวิธีการศึกษาบทเรียนแก่กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงเริ่มทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาบทเรียนแต่ละหน่วย โดยให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และเมื่อศึกษาเนื้อหาครบ 15 หน่วยการเรียน แล้วจึงทำแบบทดสอบหลังเรียน ในขณะที่ทดลองผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามความคิดเห็นที่ผู้เรียนมีต่อบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นไปพร้อมกันด้วย หลังจากนั้นนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และสรุปผล

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการทดลองภาคสนามปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 91.47 / 91.06 ซึ่งอยู่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 จึงสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน นี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ และเมื่อนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ พบว่า ผลต่างของคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียน มีค่าเท่ากับ 61.93 ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 60 ทางด้านผลการประเมินคุณภาพด้านมัลติมีเดียของ บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.52 แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน นี้มีคุณภาพด้านมัลติมีเดียอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ส่วนผลจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนปรากฏว่าได้คะแนนเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.53 แสดงว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมากเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิผลทางการเรียนรู้เพิ่มขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีได้

สรุปและอภิปรายผล

ผลจากการวิจัยซึ่งได้จากการวิจัย เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีนี้ ผู้วิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 91.47 / 91.06 และมีประสิทธิผลทางการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลของการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของสมพงษ์ แคนสา [5] ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คำสั่งภาษาเบสิก ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพเทคนิค กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2527 โดยทดลองกับนักศึกษา สาขาเทคนิควิศวกรรมไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเทคนิค ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 15 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 81.47/80.26 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้

ธีระ โสภณจิตต์ [6] ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วิธีเขียนแบบภาพตัดวิชาเขียนแบบเครื่องกล 2 APM 152 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2531 โดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 52 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 83.30/81.02 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้

สิริลักษณ์ สีแดง [7] ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การถ่ายภาพ โดยนำไปทดลองหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 84.61/83.17 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ธารทิพย์ ฤทธิ์จัญญ [8] ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชาคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต 2552 โดยทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ภาคปกติ โปรแกรมวิทยาการคอมพิวเตอร์ รุ่น 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ผลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ มีประสิทธิภาพ 85.33/88.50 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้

จารุวัส หนูทอง [9] ได้ทำการวิจัยการพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนแบบสาธิตร่วมกับบทเรียนบนเครื่องช่วยงานส่วนบุคคลแบบดิจิทัล (PDA) ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุริยบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2553 โดยทำการทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ผลปรากฏว่าการวิจัยการพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนแบบสาธิตร่วมกับบทเรียนบนเครื่องช่วยงานส่วนบุคคลแบบดิจิทัลมีประสิทธิภาพ 87.16/85.83 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาอินเทอร์เน็ตเทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลการเรียนรู้ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และมีผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจากมีเหตุผลที่สนับสนุนให้ บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้นนี้ได้มีพัฒนาอย่างมีระบบตามขั้นตอน โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ มีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้สามารถช่วยลดความผิดพลาด และหาประสิทธิภาพจนได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

2. เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้น ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมี ปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับบทเรียนได้ตลอดเวลา ตัวบทเรียนจะมีลักษณะเป็นมัลติมีเดีย ที่นำเสนอข้อมูลทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงอธิบายประกอบ นอกจากนั้นตัวบทเรียนยังมีเนื้อหาสรุป และกิจกรรมเสริมความเข้าใจ เตรียมไว้ให้ผู้เรียนฝึกทบทวนและเสริมการเรียนรู้ ทำให้ชุดบทเรียนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของบุญเกื้อควรหาเวช [10] ได้กล่าวว่า บทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง การจัดระบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามเนื้อหา ซึ่งจัดไว้เป็นขั้นตอนเล็กๆ ผู้เรียนมีโอกาสประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง ด้วยการดูจากผลสะท้อนกลับอยู่เสมอ และบางครั้งก็อาจจะได้รับความรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาที่นักเรียนยังมีความรู้ไม่เพียงพอ ผู้เรียนจะเลือกเรียนได้ตามความสนใจและก้าวไปตามความสามารถของแต่ละบุคคล

3. ตัวบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้นนี้ จะเป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเข้ามาศึกษาเมื่อใดก็ได้ ไม่ถูกจำกัดอยู่แต่ในเฉพาะในห้องเรียนสามารถที่จะเข้ามาศึกษาตัวบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้นที่ใดก็ได้ ทั้งที่บ้าน ที่ทำงาน ในห้องเรียน ฯลฯ เพียงแต่ขอให้ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อระบบอินเทอร์เน็ตอยู่เท่านั้น ผู้เรียนจะมีอิสระในการเรียนไม่ต้องรีบร้อนและสามารถเรียนจากที่ใดก็ได้ ทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของกฤษดา เพ็งอุบล [11] ได้กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยการสอนหมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเสนอเนื้อหาให้แก่ผู้เรียนโดยใช้วิธีการเผยแพร่ การสอนผ่านช่องทางสื่อสารไปยังผู้เรียน โดยเน้นการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีอิสระตามความสามารถของแต่ละคน

4. ในการทดลองเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนนี้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจมากและเป็นแรงจูงใจในการเรียน ทั้งนี้เพราะการเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน นั้นถือว่าเป็นวิธีการสอนที่สร้างความแปลกใหม่ให้กับผู้เรียน จากที่เคยเรียนโดยมี ผู้สอนบรรยายอยู่หน้าชั้นเรียน และถ้าเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ แล้วผู้สอนไม่มีสื่อที่น่าสนใจแล้ว จะทำให้ผู้เรียนเบื่อ ไม่อยากเรียน แต่จากการสังเกตผู้เรียนจากการทดลองเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ที่สร้างขึ้นนี้ สามารถสร้างความกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างมากผู้เรียนมีสีหน้าท่าทางสดชื่นแจ่มใส แสดงความสนใจต่อการเรียนและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายส่งผลทำให้เกิดประสิทธิผลทางการเรียนสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] พัชรา คะประสิทธิ์. (2546). การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนรู้ของนิสิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [2] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2550). จาก www.onec.go.th
- [3] ไพรัช รัชชพงษ์; และ พิเชฐ ดุรงคเวโรจน์. (2541). เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- [4] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. (2550). สถาบันวิจัยและพัฒนา. จาก http://research.dusit.ac.th/new_ver/
- [5] สมพงษ์ แคนสา. (2533). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง คำสั่งในภาษาเบสิก ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพเทคนิค กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2527. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- [6] ชีระ โสภณจิตต์. (2534). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วิธีเขียนแบบภาพตัดวิชาเขียนแบบเครื่องกล 2 APM 152 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรช่างชำนาญงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2531. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (ครุศาสตร์เครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [7] ศิริลักษณ์ สีแดง. (2541). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการถ่ายภาพ. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [8] ชารทิพย์ ฤทธิ์จรรยา. (2552). ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชาคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [9] จารุวิส หนูทอง. (2553). การวิจัยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสาธิตร่วมกับบทเรียนบนเครื่องช่วยงานส่วนบุคคลแบบดิจิทัล (PDA). วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [10] บุญเกื้อ ควรรหาเวช. (2530). นวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน.
- [11] กฤษดา เฟ็งอุบล. (2542). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. สงขลา: สถาบันราชภัฏสงขลา.

SWU6-1027: ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

THE EFFECTS OF USING THE STAR STRATEGY IN MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ON MATHEMATICS ACHIEVEMENTS, PROBLEM SOLVING SKILLS AND ANALYTICAL THINKING OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS

อังคณา อุทัยรัตน์

Aungkana Uthairat

ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Secondary Education, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: Yakumi_131@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนวัดสังเวช กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ระยะเวลาทดลองจำนวน 20 คาบ แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ t-test for Dependent Samples และ t-test for One Sample ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: กลวิธี STAR ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

Abstract

The purposes of this research were to compare mathematical achievement, problem solving skills and analytical thinking of Mathayomsuksa II students before and after obtaining the STAR strategy in mathematics problem solving and to compare all the three aspects to the criterion. The subjects of this study were 35 Mathayomsuksa II students in the second semester of the 2011 academic year at Watsungwej School, Bangkok. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experiment lasted for 20 periods. The One-Group Pretest-Posttest Design was used for the study. The data were statistically analyzed by using t-test for Dependent Samples and t-test for One Sample. The findings were as follows: The mathematics achievement problem solving skills and analytical thinking of the experimental group after obtaining the STAR strategy in mathematics problem solving was statistically higher than before learning and higher than the 70 percent criterion at the 0.01 level of significance.

Keywords: The STAR Strategy, Achievements, Problem Solving Skills, Analytical Thinking

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น [1] แต่นักเรียนส่วนมากไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ สิทธิพร ทิพย์คง [2] พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐานในรายวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ สืบเกิดได้จากการรายงานของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [3] ที่ประกาศผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2552 โดยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพียง 26.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน นับว่าคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก จากการเรียนการสอนแบบเดิมนั้น ทำให้ผู้เรียนอาจจะไม่มีโอกาสได้ร่วมคิดร่วมทำ ร่วมกันแก้ปัญหาที่กำลังเรียนอยู่มากนัก และในการแก้ปัญหาที่ปฏิบัติอยู่เป็นเพียงการทำโจทย์แบบฝึกหัดซึ่งเป็นรายบุคคล ขาดการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพในสังคม ครูควรสอนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนวิธีการทำงานร่วมกัน ซึ่งรู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะการทำงานใดๆ ก็ตามไม่ว่าจะเป็นงานเล็กหรืองานใหญ่ย่อมต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง การทำงานให้ประสบผลสำเร็จ ทีมงานต้องมีความเข้าใจและมีทักษะในการทำงานกลุ่ม การทำงานกลุ่มจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อการปลูกฝังเด็กและเยาวชนให้เป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ อันเป็นความจำเป็นต่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติในอนาคต ทั้งนี้เพราะการทำงานในระบบกลุ่มก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากกว่า ผลสำเร็จของงานจะสูงสุดและมีข้อบกพร่องน้อยกว่า การแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน และหาวิธีการแก้ปัญหาาร่วมกัน รวมทั้งกลุ่มจะเป็นแรงจูงใจให้กันและกันอันจะมีผลให้การทำงานประสบความสำเร็จสูงสุด [4]

การที่ได้ฝึกแก้ปัญหาจะช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดมีระเบียบขั้นตอนในการคิด และรู้จักตัดสินใจอย่างฉลาด ดังนั้นครูควรจัดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน เพื่อที่นักเรียนจะได้มีความสามารถและความมั่นใจในการแก้ปัญหา [5] สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) มีมาตรฐานการศึกษา และตัวบ่งชี้ เพื่อการประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน : ประถมและมัธยมศึกษา รอบที่สอง (พ.ศ.2549-2553) มาตรฐานด้านผู้เรียนที่ 4 คือ ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองและมีวิสัยทัศน์ สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [6] พบว่า มีได้ทำการประเมินคุณภาพโรงเรียนในรอบแรกระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548 โรงเรียนที่ได้รับการประเมินภายนอก มีจำนวน 30,010 โรงเรียน ผลจากการประเมินพบว่า โรงเรียนที่ได้มาตรฐานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษาหรือมาตรฐานอยู่ในระดับดีมีจำนวน 10,856 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 36.2 ที่เหลือเป็นโรงเรียนที่ได้มาตรฐานในระดับพอใช้และปรับปรุงจำนวน 19,145 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 63.8 จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า มาตรฐานด้านผู้เรียน โรงเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐานใน มาตรฐานที่ 4 ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์คิดสังเคราะห์มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองและมีวิสัยทัศน์ [7]

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Process Standards) ที่มีอยู่ 5 มาตรฐาน ได้แก่ การแก้ปัญหา (Problem Solving) การให้เหตุผลและการพิสูจน์ (Reasoning & Proof) การสื่อสาร (Communication) การเชื่อมโยง (Connection) และการใช้ตัวแทน (Representation) โดยสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา [8] ดังนั้นสำหรับการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธี STAR นั้นมี

ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 การศึกษาโจทย์ปัญหา (Search the word problem : S) ขั้นที่ 2 การแปลงโจทย์ (Translate the problem : T) ขั้นที่ 3 หาคำตอบของโจทย์ปัญหา (Answer the problem : A) และขั้นที่ 4 ทบทวนคำตอบ (Review the solution : R) การใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ทั้งสามประเภทดังกล่าวพัฒนามาจากทฤษฎีการสอนของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เน้นการสอนให้โอกาสผู้เรียนเรียนรู้โครงสร้างของความรู้ อันจะนำมาซึ่งความเข้าใจและการถ่ายโยงการเรียนรู้ [9]

ดังนั้นการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งในการพัฒนาตนเองและประเทศชาติ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นแล้วว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เป็นกระบวนการหนึ่งที่มุ่งเน้นพัฒนาสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจลำดับขั้นตอนกระบวนการของการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาที่ได้รับจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR กับเกณฑ์
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาที่ได้รับจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR กับเกณฑ์
5. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR
6. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจาที่ได้รับจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR กับเกณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนวัดสังเวช แขวงวัดสามพระยา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร มีจำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 97 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนวัดสังเวช แขวงวัดสามพระยา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จากนักเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียน แล้วจับสลากเลือกมา 1 ห้องเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนวัดสังเวช เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งมีเนื้อหาย่อยดังนี้

- | | | |
|--|---|-----|
| 1. การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว | 2 | คาบ |
| 2. โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเกี่ยวกับอายุ | 2 | คาบ |
| 3. โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเกี่ยวกับเงิน | 2 | คาบ |
| 4. โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเกี่ยวกับความยาวและพื้นที่ | 3 | คาบ |
| 5. โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ | 4 | คาบ |

6. โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเกี่ยวกับอัตราเร็ว 3 คาบ

ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 20 คาบ คาบละ 50 นาที ใช้เวลาทดลอง 16 คาบ ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) 2 คาบ ทดสอบหลังเรียน (Post-test) 2 คาบ รวม 20 คาบ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ชุด เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ค่าความยากง่าย (p) 0.22-0.76 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.24-0.93 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96

3. แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ชุด เป็นแบบอัตนัย 5 ข้อ ข้อที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.56-0.69 ค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.37-0.74 ค่าความเชื่อมั่นของการให้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.97 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยเท่ากับ 0.68

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ชุด เป็นแบบอัตนัย 5 ข้อ ข้อที่มีค่าความยากง่าย (P_E) ตั้งแต่ 0.35-0.62 ค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.36-0.76 ค่าความเชื่อมั่นของการให้คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์เท่ากับ 0.98 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยเท่ากับ 0.71

ผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 16.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81

3. ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4. ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 17.37 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.85

5. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

6. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี

STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 16.37 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.85

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

3 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

4 เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

5 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

6 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 16.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เป็นการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนโดยใช้กลวิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemonic Strategy) ของการแก้ปัญหา และในขั้นตอนของกลวิธี STAR พัฒนามาจากทฤษฎีการสอนของบรูเนอร์ (Bruner) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ นาเจล, ชูเมกเกอร์และเดสเซอร์ [10] ได้กล่าวว่า กลวิธีการจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น (First Letter Mnemonic Strategy) คือการออกแบบเพื่อช่วยพฤติกรรมของนักเรียนดีขึ้นในสถานการณ์ทดสอบ และสอดคล้องกับ แมคซัน และเกตนัน [11] กล่าวว่า กลวิธี STAR ประกอบด้วยลักษณะสำคัญ เช่น เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยให้นักเรียนจำกลวิธีที่ใช้ ซึ่งสร้างรูปแบบถ้อยคำจากตัวอักษรตัวแรกของลำดับขั้น และขั้นตอนของกลวิธีใช้ถ้อยคำที่คุ้นเคย ง่าย สั้นกะทัดรัดช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้ และสอดคล้องกับ แกตนัน และครูเมน [9] กล่าวว่าสำหรับการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธี STAR นั้น การใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ทั้งสามประเภทดังกล่าวพัฒนามาจากทฤษฎีการสอนของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เน้นการสอนให้โอกาสผู้เรียนเรียนรู้โครงสร้างของความรู้ อันจะนำมาซึ่งความเข้าใจและ

การถ่ายโยงการเรียนรู้ และสอดคล้องกับนุติยา จิตตารมย์ [12] ได้กล่าวว่า ในการวิจัยใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) ในขั้นที่ 2 การแปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่สมการในแบบรูปภาพ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) ใช้วัตถุจริงหรือสื่อเสมือนจริงแสดงความหมายของโจทย์สอดคล้องกับขั้นการกระทำ (Enactive mode) ของขั้นการเรียนรู้ทฤษฎีของบรูเนอร์ การใช้สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) วาดรูปภาพ แผนภาพ หรือเขียนตารางแสดงความหมายสอดคล้องกับขั้นจินตนาการ (Iconic mode) ของขั้นการเรียนรู้ทฤษฎีของบรูเนอร์ และการใช้สัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) หานัยทั่วไป นำเสนอให้อยู่ในรูปนิพจน์ของพีชคณิต หรือเขียนสมการเชิงพีชคณิตสอดคล้องกับขั้นสัญลักษณ์ (Symbolic mode) ของขั้นการเรียนรู้ทฤษฎีของบรูเนอร์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ บัตเลอร์ และคณะ [13] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องเศษส่วนของนักเรียนเกรด 6, 7 และ 8 ที่มีความบกพร่องทางการเรียนโดยใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Representational) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) หรือที่เรียกโดยใช้อักษร CRA ตามลำดับ และใช้สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Representational) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) หรือที่เรียกโดยใช้อักษร RA ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อหรือสัญลักษณ์แบบ CRA มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อหรือสัญลักษณ์แบบ RA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เป็นการจัดการเรียนรู้โดยที่ครูจะคอยเป็นผู้กระตุ้นการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีกระตุ้นรายบุคคล การให้ผู้เรียนได้ทำงานหรือกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกัน คนที่เก่งกว่าช่วยคนที่อ่อนกว่า ซึ่งสอดคล้องกับประสาธ อิศรปริดา [14] ได้กล่าวว่า เด็กแต่ละคนมีลักษณะสำคัญประการหนึ่ง คือ จะเกิดความรู้ ความคิดรวบยอดหรือการคิดต่อสิ่งรอบๆ ตัว ด้วยการจัดระเบียบโครงสร้างต่างๆ ขึ้นมาด้วยตัวเอง ด้วยเหตุนี้ถ้าหากครูได้เข้าใจถึงธรรมชาติของการสร้างความคิดรวบยอดต่อสิ่งรอบๆ ตัวของเด็ก ก็ย่อมจะเป็นพื้นฐานสำคัญเบื้องต้นที่ครูจะนำมาใช้ในการเริ่มสอนความรู้ใหม่ๆ ให้สอดคล้องกับความคิดข้างต้นได้ และสอดคล้องกับเดวิสสัน [15] ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ชักถามปัญหากันอย่างอิสระ อธิบายให้สมาชิกในกลุ่มได้เข้าใจถึงแนวคิดและมโนคติของตนเองให้กระจ่างชัดขึ้นตลอดจนได้สร้างความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเขา นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอังคณา แก้วไชย [16] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มช่วยเป็นรายบุคคล TAI และการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มช่วยเป็นรายบุคคล TAI มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 17.37 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.85 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

2.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเป็นลำดับขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยจะใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนสามารถควบคุมตนเองในการใช้ความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแมคซัน และเกตตัน [11] ได้กล่าวว่า กลวิธี STAR เป็นขั้นตอนกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความสามารถด้านความรู้ เช่น ใช้การวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา ขั้นตอนของกลวิธี STAR ใช้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถควบคุมตนเองใช้ความสามารถแก้ปัญหาได้ เช่น

ตรวจสอบคำตอบแล้วหรือไม่ และสอดคล้องกับพรณี ช. เจนจิต [17] ได้กล่าวถึงแนวคิดทางจิตวิทยาในการเรียนแบบแก้ปัญหา ความคิดเห็นของกลุ่ม “Cognitive – field” ในการเรียนให้แก้ปัญหาเนื่องจากกลุ่มนี้มองธรรมชาติของมนุษย์ว่า “Active” หรือ “Interactive” ดังนั้นการเรียนรู้อาจเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เป็นผู้ลงมือกระทำเอง จึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตนเอง การกระตุ้นโดยการใช้คำถามหรือใช้ข้อความที่มีลักษณะเร้าความสนใจเด็ก จากนั้นกระตุ้นให้เด็กแสวงหาคำตอบ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของแมคซีนิ และซุส [18] ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธี STAR และการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete) สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete) และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) หรือที่เรียกโดยใช้อักษร CSA ตามลำดับ สำหรับการแก้ปัญหาพีชคณิตขั้นต้นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ที่มีต่อความสามารถของการแสดงความหมายและการหาคำตอบของการแก้ปัญหาคาบวง ลบ คูณ และหารจำนวนเต็ม ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับจำนวนเต็มของนักเรียนสูงขึ้น ในแต่ละลำดับการสอนนักเรียนใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังนี้ 1) ศึกษาทำความเข้าใจโจทย์ 2) แปลงข้อมูลจากโจทย์ภาษาไปสู่สมการ 3) ระบุการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 4) วาดรูปภาพแสดงความหมายของโจทย์ปัญหาได้ 5) เขียนสมการได้อย่างถูกต้องและ 6) ตอบคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ใกล้เคียงกับของเดิมอีกด้วย และหลังจากทดลองแล้ว 10 สัปดาห์ ได้ทำการวัดความคงทนในการเรียน ปรากฏว่านักเรียนยังสามารถแสดงความหมายของโจทย์และหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับวิลเลียม [19] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหว่าสามารถช่วยเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองสามารถทำงานแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และนักเรียนกลุ่มทดลองมีการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาก็เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนจำนวน 75% มีความพอใจในกิจกรรมการเรียนและนักเรียนจำนวน 80% บอกว่ากิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เขาเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้นได้

2.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR ครูผู้สอนจะมีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ต่างๆ และให้ร่วมทำกิจกรรมเป็นกลุ่มเพื่อช่วยให้ผู้เรียนที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้เรียนที่สามารถแก้ปัญหาได้แล้ว และร่วมกันวางแผนในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับกายเย [20] ได้กล่าวว่า การวางแผนหาคำตอบ (Planning Strategies) หมายถึง ความสามารถในการตรวจย้อนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาลดลดกระบวนการ และสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [21] ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะ / กระบวนการแก้ปัญหาได้ ผู้สอนต้องให้ออกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มาก โดยจัดสถานการณ์หรือปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ทำทำให้อุบายคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนหรือผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยอาจเริ่มด้วยปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประยุกต์ก่อน ต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมา สำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถสูงผู้สอนการควรเพิ่มปัญหาที่ยากซึ่งต้องใช้ความรู้ที่ซับซ้อนหรือมากกว่าที่กำหนดไว้ในหลักสูตรให้นักเรียนได้ฝึกคิดด้วย การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนรู้้อย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยกำหนดประเด็นคำถามนำให้คิดและหาคำตอบเป็นลำดับเรื่อยไปจนผู้เรียนหาคำตอบได้ หลังจากนั้นให้ปัญหาต่อๆ ไป ผู้สอนจึงค่อยๆ ลดประเด็นคำถามลงไปจนสุดท้ายเมื่อเห็นว่าผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาเพียงพอแล้วก็ไม่จำเป็นต้องให้ประเด็นคำถามขึ้นมาก็ได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของมาเลียม ฟินิจรอบ [22] ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการกลุ่มที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการกลุ่ม เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการสอนมีทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 16.37 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.85 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

3.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR เป็นการจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 2 การแปลงโจทย์ (Translate the problem : T) แปลงข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ปัญหาไปสู่สมการในแบบรูปภาพหรือสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอาจเลือกใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ ดังนี้ สื่อที่เป็นรูปธรรม (Concrete application: C) ใช้วัตถุจริงหรือสื่อเหมือนจริง สื่อที่เป็นตัวแทนวัตถุจริง (Semiconcrete application: S) วาดรูปภาพแผนภาพ หรือเขียนตารางแสดงความหมาย และสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม (Abstract application: A) หานัยทั่วไปนำเสนอให้อยู่ในรูปนิพจน์ของพีชคณิต หรือเขียนสมการเชิงพีชคณิต ในขั้นตอนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการคิดวิเคราะห์ซึ่งนักเรียนจะต้องแยกแยะข้อมูล ใช้เหตุผลในการแปลงข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับบลูม [23] นิยามของการวิเคราะห์ (Analysis) คือ เข้าใจส่วนประกอบแต่ละส่วน สามารถแยกแต่ละส่วนออกจากกันได้อย่างมีเหตุผล และรู้ว่าส่วนประกอบทั้งหมดรวมกันอยู่ได้อย่างไร และสอดคล้องกับลันด์ สายยศ และอังคณา สายยศ [24] การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ การวัดความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด เกี่ยวพันโดยอาศัยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านการคิดวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันเสมอ การวิเคราะห์จึงต้องอาศัยพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ มาประกอบการพิจารณา และสอดคล้องกับสมนึก ภัททิยธนี [25] ได้กล่าวว่า การวัดการคิดวิเคราะห์ เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง การแยกแยะพิจารณาคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ หรือเรื่องต่างๆ ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด ของชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุด และชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้ หรือทำงานได้เพราะอาศัยหลักการใด การพิจารณาหรือจำแนกว่า ชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด ตอนใดสำคัญที่สุด หรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ สิ่งที่ซ่อนเร้น ค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราว หรือสิ่งต่างๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน

3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี STAR ส่งผลให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดวิเคราะห์ ใช้เหตุผลในการตอบคำถามโดยครูใช้คำถามกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ให้นักเรียนสามารถอธิบายเป็นเหตุผลได้ แยกแยะ จำแนก หาสิ่งที่แตกต่างของโจทย์และแก้ปัญหาโดยนำข้อมูลมาสัมพันธ์กัน อย่างเป็นขั้นตอนตามกลวิธี STAR ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนิพล อินนอก [26] ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร สัมพันธภาพระหว่างบุคคล และการคิดวิเคราะห์ ระหว่างกลุ่มที่เรียนแบบร่วมมือกับกลุ่มที่เรียนตามคู่มือครู ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบร่วมมือและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามแบบคู่มือครู มีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือ มีการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแบบคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับปาณิตา อาจวงษ์ [27] ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลุ่ม TAI กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ผลวิจัยปรากฏว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- [2] สิริพร ทิพย์คง. (2544). *เอกสารคำสอนวิชา 158522 ทฤษฎีและวิธีสอนวิชาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2553). *การสอบ o-net ป.6, ม.3 และม.6 ปีการศึกษา 2552 (กุมภาพันธ์ 2553) และการสอบ GAT/PAT ครั้งที่ 1/2553 (มีนาคม 2553)*. สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2553, จาก <http://www.niets.or.th/upload-files/uploadfile/5/3769af89754662a4c094a60f4895a12b.pdf>
- [4] ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2543). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [5] จุมพต ขำวีระ. (2538). *การพัฒนาชุดการสอน เพื่อพัฒนาสมรรถภาพในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2548). *มาตรฐานการศึกษา ตัวบ่งชี้ และเกณฑ์การพิจารณาเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน : ประถม และมัธยมศึกษารอบที่สอง (พ.ศ.2549-2553)*. สืบค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2553, จาก http://www.act.ac.th/group_department/act_criterion/cr12.pdf
- [7] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *รายงานการวิจัย การวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาการศึกษา ของโรงเรียนภายหลังการประเมินภายนอกรอบแรก*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Va: NCTM
- [9] Gagnon, J.C.; & Krezmien, M. (2011). *Effective instructional strategies for correctional education programs*. Retrieved May 14, 2011, from [http://www.edjj.org/conf/cdEDJJ%20Conference%20\(D\)/Effective%20Instruction.ppt](http://www.edjj.org/conf/cdEDJJ%20Conference%20(D)/Effective%20Instruction.ppt)
- [10] Nagel D.R.; Schumaker J.B.; & Deshler D.D. (1986, May). FIRST-Letter Mnemonic Strategy. Retrieved May 10, 2011, from http://www2.ku.edu/~onlineacademy/academymodules/a304/support/xpages/a304b0_20900.html
- [11] Maccini, P.; & Gagnon, J. (2011). *Mathematics strategy instruction (SI) for middle school students with learning disabilities*. Retrieved May 14, 2011, from http://www.k8accesscenter.org/training_resources/massini.asp
- [12] นุศรียา จิตตารมย์. (2548). *ผลของการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลยุทธ์ STAR ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [13] Butler, F.M; et al. (2003). Fraction instruction for students with mathematics disabilities: Comparing two teaching sequences. *Learning disabilities research & practice*. 18(2): 99-111.

- [14] ประสาท อิศรปริดา. (2523). *จิตวิทยาการเรียนรู้กับการสอน*. กรุงเทพฯ: กราฟิเคอาร์ท.
- [15] Davidson, Neil. (1990). Small-Group Cooperative Learning in Mathematics. In *Teaching and Learning Mathematics in the 1990s*. Thomas J. Cooney; & Chriatian R. Hirsch, editor. pp.52-61. Boston, Virginia: NCTM.
- [16] อังคณา แก้วไชย. (2549). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการบวก การลบ การคูณ การหารเศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ TAI และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [17] พรรณี ช. เจนจิต. (2528). *จิตวิทยาการเรียนการสอน (จิตวิทยาการศึกษาสำหรับครูในชั้นเรียน)*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: อมรินทร์การพิมพ์.
- [18] Maccini, P.; & Hughes, C.A. (2000). Effects of a problem solving strategy on the introductory algebra performance of secondary students with learning disabilities. *Learning disabilities research & practice*. 15(1): 10-21.
- [19] Williams, Kenneth M. (2003, Mach). Writing about the Problem–Solving Process to Improve Problem–Solving Performance. *Mathematics Teacher*. 96(3): 185-187.
- [20] Gagne; R.M. (1985). *The Condition of Learning*. New York: CBS College Publishing.
- [21] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- [22] มาเลียม พินิจรอบ. (2549). ผลการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการกลุ่มที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [23] Bloom, Benjamin S. (1976). *Human Characteristics and School Learning*. New york: McGraw-hill.
- [24] ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- [25] สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กภาพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- [26] นิพล อินนอก. (2549). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรสัมพันธ์ภาพระหว่างบุคคลและการคิดวิเคราะห์ระหว่างนักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือกับนักเรียนที่เรียนตามคู่มือครูชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [27] ปาณิดา อาจวงษ์. (2552). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลุ่ม TAI กับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

SWU6-1032: การศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับ คุณภาพชีวิต

A STUDY OF LEARNING EFFECTIVENESS IN THE COURSE OF GE 124 SUFFICIENCY ECONOMY AND QUALITY OF LIFE

ภณ ใจสมัค*, รัชณีย์ แก้วคำศรี, กัลยา สร้อยสิงห์, วิมลลักษณ์ ใจแจ่ม, บุญส่ง อุดมกิจโกศล

Phon Jaisamak*, Ratchanee Kaewcomsri, Kalaya Soising, Wimolluck Jaijaeng, Boonsong Udonkijkosol

สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

School of General Education, Kasem Budit University, Thailand.

*Corresponding author, Email: ijaisamak@ hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต (2) ศึกษาความสุขในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต และ (3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสุขในการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 183 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ รายละเอียดของรายวิชา (Course Specification) ศท.124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต ส่วนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนที่ 3 แบบวัดความสุขในการเรียนรู้ ซึ่งจากการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือพบว่า ค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.96 การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าสถิติพื้นฐาน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสุขในการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า 1. นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ระดับเกรด B ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 74.86 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 2. นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีค่าเฉลี่ยความสุขในการเรียนรู้ เท่ากับ 3.90 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก และ 3. ความสุขในการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสุขในการเรียนรู้ เศรษฐกิจพอเพียง คุณภาพชีวิต

Abstract

This research analyzed the learning effectiveness in the course GE 124 Sufficiency Economy and Quality of Life. The three objectives of the research were to examine the learning effectiveness of the students in the relevant course between learning happiness and learning effectiveness.

The population of the sampling was a 183 students in Kasem Bundit University who registered in GE 124. The instrument of research had three parts: (1) The course specification. (2) The instrument of learning effectiveness evaluation. (3) The questionnaire form of quality instruments on learning happiness. The finding of the reliability was 0.96. This research statistically measured the correlation (linear dependence) between two variables (the learning happiness and learning effectiveness) where the Pearson product-moment correlation coefficient was employed.

The finding revealed that (1) the students' learning effectiveness did not exceed the ideological construct hypothesis attained grade “B” with a percentage 74.86 as anticipated. (2) the students' learning happiness showed 3.90 of 5.00 on the Likert-type scale and the correlation between learning happiness and learning effectiveness achieve a significant level of 0.05 for the test.

Keywords: Learning Effectiveness, Learning Happiness, Sufficiency Economy

บทนำ

การวัดและประเมินประสิทธิผลการจัดการเรียนรู้ เป็นการศึกษาดูตามผลการจัดการเรียนรู้ของรายวิชาต่างๆ ซึ่งมักให้ความสำคัญกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีชี้วัดหรือเป็นตัวบ่งชี้ผลลัพธ์ของการจัดการเรียนรู้เป็นสำคัญ แต่ความเป็นจริงบุคคลหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาโดยเฉพาะนักวิจัยและนักประเมินทางการศึกษาได้ศึกษาวิจัยเชิงประเมิน (Assessment research study) ได้สรุปว่า การจัดการเรียนรู้ ควรจะมีการประเมินผลลัพธ์ทางการศึกษาที่สำคัญด้านอื่นๆ นอกเหนือจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่เพียงอย่างเดียว ดังเช่น แนวคิดการประเมินของ Scriven, M.S. [1] ให้ความสำคัญกับการประเมินคุณค่าภายในคือ พัฒนาการในตัวผู้เรียนนอกเหนือไปจากผลสัมฤทธิ์ของการเรียนโดยตรง การประเมินการจัดการเรียนรู้นั้น ควรเริ่มจากการประเมินความก้าวหน้าของการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ มีการสังเกตการเปลี่ยนแปลง ความสามารถ ความรู้สึกของผู้เรียน ตามด้วยการศึกษาดูตามผลความสำเร็จ หรือความก้าวหน้าในอนาคตของผู้เรียน แนวคิดการประเมินของเคิร์กแพททริก [2] เห็นว่า ควรมีการประเมินปฏิบัติการและทัศนคติควบคู่ไปกับความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมของผู้เรียน โดยการประเมินเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ด้วยเครื่องมือที่เชื่อถือได้ เช่น แบบทดสอบ (Test) แบบสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test) แบบวัดทัศนคติ (Attitude Test) และแบบสังเกตพฤติกรรม โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางคือ การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) ซึ่งเป็นการเรียนที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ การทำงาน ปฏิบัติงาน และผลผลิต ดังนั้น การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ จึงต้องมีการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งเป็นแนวคิดของการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ครอบคลุมและตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ เพื่อได้ข้อมูลที่สามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้ด้านความสุขในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ และให้ผู้เรียนสามารถมีทักษะวิชาชีพ และมีความสุขในการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 [3] กอปรมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตโดยฝ่ายวางแผนและพัฒนาได้ดำเนินการให้มีการจัดทำแผนกลยุทธ์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ปีการศึกษา 2552 – 2556 โดยส่วนของการผลิตบัณฑิตนอกจากจะมุ่งสร้างศักยภาพในตัวผู้เรียนให้มีทักษะด้านวิชาชีพที่สอดคล้องกับ

สาขาวิชาที่นักศึกษาเลือกเรียน และมีความสามารถตรงตามความต้องการของตลาดแรงงานแล้ว ยังมุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพด้วยความสุข พร้อมเป็นนักปฏิบัติมืออาชีพ

ดังนั้น รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต (Sufficiency Economy and Quality of Life) เป็นรายวิชาศึกษาทั่วไป มีวัตถุประสงค์ให้นักศึกษาที่เลือกลงทะเบียนเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและแนวคิดของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สามารถวิเคราะห์ปัญหาและพฤติกรรมความไม่พอเพียงที่เกิดขึ้นในสังคมไทย ประยุกต์หลักการและแนวความคิดของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการดำเนินชีวิตที่เทียบเคียงและเชื่อมโยงกรณีตัวอย่างการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมไทย และพัฒนาทัศนคติที่ดีต่อการดำเนินชีวิตตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในลักษณะสหสาขาวิชา (Interdisciplinary) ซึ่งจัดการเรียนการสอนเป็นทีม (Team teaching) ใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่หลากหลาย มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง และมีการศึกษาติดตามผลการจัดการเรียนรู้ในรูปของการวิจัยเชิงประเมินประสิทธิผล ว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้หรือไม่เพียงใด เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น พร้อมทั้งใช้เป็นต้นแบบการศึกษาวิจัยติดตามและประเมินการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ ของมหาวิทยาลัยต่อไป ดังที่สุพัตร์ พิบูลย์ [4] กล่าวว่า การประเมินเป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ช่วยให้ได้ข้อมูลประกอบการปรับปรุงและพัฒนา การศึกษาประสิทธิผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต นับว่าเป็นการศึกษาหาคุณค่าของการจัดการเรียนรู้ ด้วยการรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และนำข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจวิเคราะห์ข้อบกพร่องหรือปัญหา เพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต
2. เพื่อศึกษาความสุขในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสุขในการเรียนรู้อยู่ในรายวิชานี้ของนักศึกษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิตผ่านเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ตั้งไว้ โดย ร้อยละ 75 ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ได้ระดับคะแนน B ขึ้นไป
2. ความสุขในการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต จำนวน 304 คน และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ศท. 124 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 183 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้นคือ การจัดการเรียนรู้อยู่ในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ตัวแปรตามคือ ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสุขในการเรียนรู้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1) รายละเอียดของรายวิชา (Course Specification) ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยระบุถึง คำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์รายวิชา มีแผนการสอนรายสัปดาห์ ซึ่งระบุถึงกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2) เครื่องมือที่ใช้เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น (1) เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Evaluation) เช่น ใบงาน ใบกิจกรรม การนำเสนอผลงาน ซึ่งมีการกำหนดกรอบการวัดและประเมินผลด้วย Rubric อย่างชัดเจน (2) เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลปลายภาคเรียน (Summative Evaluation) คือ ข้อสอบ ซึ่งมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยกรรมการพิจารณาข้อสอบของสำนักวิชาศึกษาทั่วไป จำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น กรรมการภายนอก จำนวน 2 คน และกรรมการภายใน จำนวน 8 คน

3) เครื่องมือที่ใช้ประเมินความสุขในการเรียนรู้ คือ แบบวัดความสุขในการเรียนรู้ มีลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามแบบของลิเคิร์ต (Likert's Scale) จำนวน 57 ข้อ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้ (1) ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ (2) ด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน จำนวน 17 ข้อ (3) ด้านการมีความรู้สึกศรัทธาและไว้วางใจต่ออาจารย์ผู้สอนโดยภาพรวม จำนวน 20 ข้อ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) กับผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน จากนั้น ปรับปรุงแก้ไขข้อความและสำนวนภาษาให้ถูกต้องตรงตามเนื้อหาและสอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แบบวัดที่ปรับปรุงแล้วจำนวน 57 ข้อ นำไปดำเนินการทดลองใช้ (Try Out) แล้วนำแบบวัดมาหาค่าอำนาจจำแนกโดยวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรายข้อกับคะแนนรวม (Corrected Item Total Correlation) และหาค่าความเที่ยงโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความสุขในการเรียนรู้ (n = 50)

แบบวัดความสุขในการเรียนรู้	จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง
ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	20 ข้อ	0.93
ด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน	17 ข้อ	0.94
ด้านการมีความรู้สึกศรัทธาและไว้วางใจต่ออาจารย์ผู้สอนโดยภาพรวม	20 ข้อ	0.92
รวมทั้งฉบับ	57 ข้อ	0.96

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น (1) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนการสอน (Formative Evaluation) รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิตตามกรอบการวัดและประเมินผล โดยคะแนนที่ได้จากการประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาแต่ละคน คิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากการสอบปลายภาคเรียน (Summative Evaluation) รายวิชา ศท.

124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยคะแนนที่ได้จากการประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาแต่ละคน คิดเป็นร้อยละ 30 ของคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสุขในการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากนักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท.124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในวันนำเสนอผลงาน ซึ่งเป็นช่วงท้ายของการจัดการเรียนการสอน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติวิเคราะห์ (Analytical Statistics) ดังนี้

1) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยใช้ค่าสถิติเชิงบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) วิเคราะห์ระดับความสุขในการเรียนรู้รายวิชานี้ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรายด้านและภาพรวม

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชานี้กับความสุขในการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต โดยใช้สถิติอ้างอิงในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาประสิทธิผลการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต” สามารถพิจารณาผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ ของนักศึกษาในรายวิชา ศท. 124

สัญลักษณ์	ความหมาย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
A	ดีเยี่ยม	84	45.90
B+	ดีมาก	34	18.58
B	ดี	19	10.38
C+	ปานกลาง	14	7.65
C	พอใช้	9	4.92
D+	อ่อน	8	4.37
D	อ่อนมาก	5	2.73
F	ตก	6	3.28
W	เพิกถอน	4	2.19
รวม		183	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในระดับคะแนน A มากที่สุด จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 45.9 รองลงมาคือ ระดับคะแนน B+ จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 18.58 และระดับคะแนน B จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 10.38 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา ตั้งแต่ระดับคะแนน B ขึ้นไป และต่ำกว่าระดับคะแนน B ลงมา (n = 183)

ระดับคะแนน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. B ขึ้นไป	137	74.86
2. ต่ำกว่า B	42	22.95
3. เพิกถอน	4	2.19
รวม	183	100

จากตารางที่ 3 พบว่า นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ระดับเกรด B ขึ้นไป มีจำนวน 137 คน คิดเป็นร้อยละ 74.86 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสุขในการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความสุขในการเรียนรู้รายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ความสุขในการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	3.77	0.454	มาก
ด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน	4.00	0.523	มาก
ด้านการมีความรู้สึกศรัทธาและไว้วางใจต่ออาจารย์ผู้สอน	3.98	0.544	มาก
รวมทุกด้าน	3.90	0.448	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีค่าเฉลี่ยความสุขในการเรียนรู้รวม เท่ากับ 3.90 อยู่ในระดับมาก โดยด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.00 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านการมีความรู้สึกศรัทธาและไว้วางใจต่ออาจารย์ผู้สอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 อยู่ในระดับมาก และด้านการมีความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 อยู่ในระดับมาก

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสุขในการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสุขในการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา
ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต

ตัวแปร	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ความสุขในการเรียนรู้	1.000				
ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วม (1)					
ความสุขในการเรียนรู้	0.705**	1.000			
ด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดี (2)					
ความสุขในการเรียนรู้	0.651**	0.651**	1.000		
ด้านความรู้สึกศรัทธาและไว้วางใจอาจารย์ (3)					
ความสุขในการเรียนรู้	0.840**	0.844**	0.857**	1.000	
ด้านความสุขในการเรียนรู้รวม (4)					
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (5)	0.174*	0.095	0.092	0.181*	1.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 * มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า ความสุขในการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.181 ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความสุขในการเรียนรู้ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.174

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปและอภิปรายผลแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ระดับเกรด B ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 74.86 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แม้ว่าผลการวิจัยข้างต้นไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากเกณฑ์ที่ระบุไว้ 0.14 นั้น เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ปรากฏ พบว่า มีนักศึกษาที่สอบได้ระดับคะแนนต่ำกว่า B จำนวน 42 คน และเพิกถอน จำนวน 4 คน เมื่อได้พิจารณาผลการประเมินระหว่างเรียนของนักศึกษาเหล่านี้พบว่า ไม่สามารถปฏิบัติตามกระบวนการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาได้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้อย่างรัดกุม และเน้นการวัดประเมินผลการเรียนรู้มีความโปร่งใส

เมื่อวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนการสอนตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ 5 ด้าน พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ตามกรอบการวัดผลสัมฤทธิ์เป็นอย่างดี ในส่วนผลสัมฤทธิ์เชิงคะแนนวัดผลการเรียนรู้ สะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากความสามารถแสดงศักยภาพของผู้เรียนออกมาให้มากที่สุดภายใต้การกระตุ้น และส่งเสริมของผู้สอนย่อมช่วยให้ผู้เรียนมีผลการเรียนที่ดี ทั้งนี้การประเมินผลการเรียนของนักศึกษาในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิตเป็นไปตามกรอบการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์อย่างครบถ้วน ซึ่งผู้สอนมีความตระหนักในการกำกับและควบคุมกระบวนการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ดังนั้น เมื่อนักศึกษาปฏิบัติงานตามกระบวนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้อย่างรอบคอบ มีวินัย มีความร่วมมือ รู้จักการทำงานเป็นทีม ก็จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ดีจนถึงดีเยี่ยม

สำหรับการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับนักศึกษาบางส่วนพบว่า การเรียนการสอนที่มีกิจกรรมหลากหลายและกระตุ้นเร้าความสนใจเป็นความท้าทายและตื่นตัวในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นการเรียนรู้ที่ได้คิด ได้วิเคราะห์ และได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้เกิดความสนุกสนาน ได้เรียนรู้นิสัยเพื่อน ๆ สมาชิกในห้องเรียนไปด้วย แต่อาจารย์ผู้สอนต้องรู้จักปรับทัศนคติให้สอดคล้องกับคุณลักษณะตามวัยของนักศึกษาอย่างเหมาะสมจึงจะช่วยให้เกิดความไว้วางใจและนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ด้วย นอกจากนี้ การส่งเสริมให้นักศึกษามีความเอาใจใส่เกี่ยวกับการอ่านประกอบการเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูลจากเครือข่ายสังคมอิเล็กทรอนิกส์ ถือว่าเป็นสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาได้เป็นอย่างดี และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ช่วยให้นักศึกษาเกิดการฐานความรู้เชิงวิเคราะห์ได้รวดเร็ว

2. นักศึกษาที่เรียนรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีค่าเฉลี่ยความสุขในการเรียนรู้เท่ากับ 3.90 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้ผู้วิจัยขออภิปรายผลโดยพิจารณาแต่ละด้านดังนี้

2.1 ด้านความรู้สึกรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก

จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษารู้สึกเป็นสุขในการเรียนและการมีส่วนร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียน ซึ่งเกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิตมีรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้แก่ ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือทำ (Active Learning) มีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Base Learning) การใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-Base Learning) และการใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Base Learning) ทั้งนี้แผนการเรียนรู้เริ่มต้นจากการเรียนรู้พื้นฐานแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงให้เกิดความรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การชมสื่อวีดิทัศน์ การอ่านหนังสือนอกเวลาตามที่มอบหมาย และการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเพื่อนำเสนอในชั้นเรียน เป็นต้น ต่อจากนั้นมีการสำรวจตนเองถึงการดำเนินชีวิตปัจจุบันว่า มีความพอเพียงมากน้อยเพียงใด การสำรวจสังคมทั้งภายในและภายนอกรั้วมหาวิทยาลัยโดยเป็นการนำ RBL และ PBL มาใช้เพื่อให้นักศึกษาฝึกกระบวนการคิด ทั้งยังมีการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ โดยการทำงานเป็นกลุ่มในหลากหลายกิจกรรม เช่น การศึกษาวัฒนธรรมประเพณี การประกอบอาหารตามวิถีความพอเพียง ซึ่งนักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีการออกแบบโปสเตอร์เพื่อรณรงค์ให้เพื่อนนักศึกษามีความพอเพียงในประเด็นต่างๆ ตามความสนใจ มีการค้นหาความสุขในการดำเนินชีวิตอย่างพอเพียง ประกอบกับผู้สอนได้สร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลายเป็นกันเอง ทั้งกระตุ้นให้มีการคิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการนำเสนอวีดิโอที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน นำเสนอกระตุ้นความสนใจ มีกระบวนการเปิดประตูธรรมชาติ โดยมอบหมายให้นักศึกษาร่วมกันลงพื้นที่ศึกษาชุมชนต้นแบบเศรษฐกิจพอเพียงด้วยตนเอง (Project-Based Learning) ซึ่งก่อให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี มีชีวิตชีวา เป็นอิสระ สนุกสนาน ซึ่งสอดคล้องกับกิตติยวดี บุญชื้อ และคณะ [6] ที่กล่าวว่า การเรียนรู้อย่างมีความสุขนั้นผู้เรียนจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีโอกาสเปลี่ยนแปลงบรรยากาศ ได้สัมผัสของจริง ไม่ใช่เพียงแค่ในหนังสือ นอกจากนี้ ศัสสินีย์ ฉัตรคุปต์ และคณะ [7] ทำการวิจัยเรื่องการเรียนรู้อย่างมีความสุข: สารเคมีในสมองกับความสุขและการเรียนรู้พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่นำการเคลื่อนไหว การออกกำลังกาย ดนตรี ศิลปะ เข้ามาผสมผสานกัน จะทำให้สมองหลั่งสารเคมีที่เกี่ยวกับความสุข เช่น โดปามีน นอร์เอพิเนเฟริน และเอนโดรฟิน ส่งผลต่ออารมณ์ทำให้เกิดความสุขในการเรียนรู้ และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งในรายวิชา GE.124 ที่ผู้สอนได้นำกิจกรรมการออกกำลังกาย กิจกรรมสุนทรีย์ภาพสู่ความสุข มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้ที่ผู้สอนยังมีการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนนอกเหนือจากกระบวนการสอบ ผู้สอนยังมีการประเมินตามสภาพจริงอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากบุคลิกภาพ คุณธรรมจริยธรรม ความรับผิดชอบและความสามารถในการนำเสนอชิ้นงานต่างๆ โดยแจ้งผลและให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้นักศึกษาทราบจุดอ่อน จุดแข็งของตนเอง สิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุง

จากที่กล่าวมา เห็นได้ว่ารายวิชาเศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยที่ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้เอื้อให้เกิดการเรียนรู้ (facilitator) และนักศึกษาเปลี่ยนบทบาทจากผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำด้วยตนเอง (Active Learner) ความรู้ที่ได้รับมีความเป็นรูปธรรม เป็นการเรียนอย่างมีเป้าหมายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน การทำโครงการต่างๆ ช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียน มีการประเมินเพื่อช่วยให้นักศึกษาค้นพบศักยภาพของตนเอง อันเป็นการพัฒนานักศึกษาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้นักศึกษาเกิดการเห็นคุณค่าในการเรียนรู้ และเกิดความรู้สึกเป็นสุขจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับมารุต พัฒนาผล [8] ซึ่งทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับความสุขในการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น ส่งผลทางบวกต่อความสุขในการเรียนรู้

2.2 ด้านการมีปฏิสัมพันธ์และสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.00 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษารู้สึกผ่อนคลายเมื่อได้พูดคุยกับเพื่อน นักศึกษายินดีให้คำปรึกษาเมื่อเพื่อนต้องการและเมื่อมีปัญหาที่กล่าวปรึกษากับกลุ่มเพื่อน นักศึกษามีเพื่อนที่คอยให้ความช่วยเหลือเมื่อเขาต้องการ นักศึกษามีความรู้สึกที่ดีกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน นักศึกษาเกิดการเรียนรู้จากการทำงานกลุ่มกับเพื่อน และนักศึกษารู้สึกว่าการได้ทำงานกับกลุ่มเพื่อนเป็นเรื่องน่าสนใจ เป็นต้น จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงสัมพันธภาพที่ดี การได้รับการยอมรับจากกลุ่มเพื่อน และนักศึกษาก่อเกิดความรู้สึกสนุกเมื่อได้ร่วมทำกิจกรรมต่างๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย ทั้งนี้ในรายวิชานี้ได้นำกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) และใช้โครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning) โดยมีการแบ่งกลุ่มเพื่อทำชิ้นงานต่างๆ และร่วมกันศึกษาชุมชนต้นแบบเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อนำเสนอ ซึ่งจากงานดังกล่าวทำให้นักศึกษาได้มีโอกาสปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน สื่อสารกันเพื่อให้เกิดความเข้าใจ มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เกิดความผูกพันเป็นสัมพันธภาพที่ดี อีกทั้งในการทำงานร่วมกันของนักศึกษา ทำให้มีโอกาสนำเสนอความคิดเห็น มีการยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ส่งผลให้เกิดการเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น นำมาซึ่งการมีความสุขจากการมีสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อน และความภาคภูมิใจนั้นยังส่งผลทางบวกต่อความสุขในการเรียนรู้ของนักศึกษาอีกด้วย [7]

2.3 ด้านการมีความรู้สึกศรัทธาและความไว้วางใจต่ออาจารย์ผู้สอน จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมาก

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า นักศึกษาพึงพอใจอาจารย์ผู้สอนที่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันหรือในสังคม และนำกรณีเหล่านั้นมาถ่ายทอด พร้อมกับเป็นผู้กระตุ้นให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ไปปฏิบัติได้จริง ผนวกกับบุคลิกภาพของผู้สอนก็เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกิดความศรัทธาและไว้วางใจ โดยผู้สอนต้องมีความมั่นคงทางอารมณ์ มีความสุขุม รอบคอบ รับผิดชอบ และเต็มใจให้ความช่วยเหลือเมื่อนักศึกษาประสบปัญหา และในกระบวนการจัดการเรียนรู้ อาจารย์แต่ละคนได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้แสดงศักยภาพของตนเองผ่านการทำกิจกรรมต่างๆ ทั้งในและนอกชั้นเรียน โดยมีอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้เอื้อให้เกิดการเรียนรู้ไปพร้อมๆ กับการสนับสนุนให้กำลังใจและมุ่งมั่นช่วยเหลือเมื่อนักศึกษาเกิดปัญหาขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติยวดี บุญชื้อ และคณะ [5] ที่กล่าวถึง การเรียนรู้บนพื้นฐานแห่งความรักและศรัทธา (Love and Respect) ของผู้เรียนที่มีต่อครูและต่อผู้ร่วมเรียน ทำให้เกิดความศรัทธาและความเข้าใจตรงกัน ในระหว่างครูและผู้เรียนด้วยกัน อันนับแรกครูต้องเป็นผู้ที่รู้จักและเข้าใจธรรมชาติของนักศึกษา ยอมรับในความแตกต่าง และเป็นผู้ส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีโอกาสใช้ศักยภาพที่มีอย่างเต็มความสามารถ ช่วยส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

3. ความสุขในการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการวิจัยพบว่า เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้โดยความสุขในการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.181 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความรู้สึกเป็นสุขและมีส่วนร่วม ในกิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ศท. 124 เศรษฐกิจพอเพียงกับคุณภาพชีวิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.174 ทั้งนี้ ความรู้สึกเป็นสุข และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมจัดการเรียนรู้อยู่เป็นเหตุเป็นผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี เพราะกระบวนการจัดการเรียนการสอนเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ ช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพและความสามารถ ช่วยให้ผู้เรียนมีสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนและอาจารย์ เมื่อบรรยากาศในการเรียนรู้เต็มไปด้วยความสนุกสนาน ความน่าสนใจ และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง จึงส่งผลให้ผู้เรียนต้องการเข้าเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ตามแผนการเรียนรู้อันผู้สอนเตรียมไว้ เมื่อนักศึกษาสามารถปฏิบัติได้ครบถ้วนตามเกณฑ์จึงส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีถึงดีเยี่ยมตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Scriven, M.S. (1967). The Methodology of Evaluation. In *Perspectivesurriculum Evaluation. AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation, No.1.* n.p.
- [2] Kirkpatrick, Donald L. (1990, September). Evaluating In House Training Program. *Training and Development Journal.* 32(9): 6-9.
- [3] คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2545 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- [4] สุพักตร์ พิบูลย์. (2551). กลยุทธ์การวิจัยเพื่อพัฒนางานวิจัยเพื่อพัฒนาองค์กร. กรุงเทพฯ: จุฑพรดีไซน์.
- [5] ภณ ใจสมัคร และคณะ. (ม.ป.ป.). การศึกษาประสิทธิผลการจัดการเรียนรู้รายวิชา ศท.124 เศรษฐกิจพอเพียง กับคุณภาพชีวิต. ม.ป.พ.
- [6] กิตยวดี บุญซื่อ และคณะ. (2540). การเรียนรู้อย่างมีความสุข. กรุงเทพฯ: วารสารครุศาสตร์.
- [7] ศัสณีย์ ฉัตรคุปต์ และคณะ. (2544). การเรียนรู้ยามีความสุข: สารเคมีในสมองกับความสุขและการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเรื่องการพัฒนาสมองและการเรียนรู้
- [8] มารุต พัฒนาผล. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับความสุขในการเรียนรู้ของผู้เรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดสุพรรณบุรี. ปรินญาณิพนธ์ ปร.ด. (วิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

SWU6-1037: การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

RESEARCH ARE TO DEVELOP ONLINE LEARNING SYSTEM, A PART OF QUALITY RESEARCH FOR MASTER DEGREE STUDENT, SURINDRA RAJABHAT UNIVERSITY

ฉัตรชัย นิลรัตน์^{1*}, อุดม หอมคำ², บุญยง หมั่นดี³

Chatchai Ninrat^{1*}, Udom Homkham², Boonyung Munde³

¹สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

¹Research and Local Development Program, Faculty of Liberal Arts, Surindra Rajabhat University, Thailand.

²คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

²Faculty of Education, Surindra Rajabhat University, Thailand.

³คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

³Faculty of Humanities and Social Science, Surindra Rajabhat University, Thailand.

*Corresponding Author, E-mail: n_chatchai@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นเทคนิคการวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา โดยมีขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ใช้วิธีการสัมภาษณ์และสังเกต 2) การออกแบบระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ใช้เครื่องมือ แผนภาพกระแสข้อมูล ผังงานโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างเอนิตตี้ โครงสร้างแฟ้มข้อมูล และการออกแบบหน้าจอ 3) การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ใช้เครื่องมือ ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) แคสเคดดิ้งสไตล์ชีตส์ (Cascading Style Sheets) พีเอชพี (PHP) จาวาสคริป (JavaScript) เอสคิวแอล (SQL) สมาร์ทตี้ (Smarty) ระบบฐานข้อมูลโปรแกรมเอสคิวแอล (PostgreSQL) ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์อินเทอร์เน็ตเอกซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer) และโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์มอซิลลาไฟร์ฟอกซ์ (Mozilla Firefox) เครื่องให้บริการ เครื่องใช้ บริการ และอุปกรณ์เครือข่าย 4) การประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ใช้เครื่องมือแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติง (Black Box Testing) และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5) การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 คน ใช้วิธีการสัมภาษณ์ ผู้สอน จำนวน 1 คน ใช้วิธีการสัมภาษณ์ และผู้เรียน จำนวน 13 คน ใช้เครื่องมือแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6) การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปปฏิบัติการและประเมินผลกับกลุ่มปฏิบัติการ ผู้เรียน จำนวน 13 คน ใช้เครื่องมือ แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) การวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบ สามารถสรุปองค์ประกอบของระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ออกเป็น 5 ระบบย่อยดังนี้ ระบบจัดการหลักสูตร ระบบการสร้างบทเรียน ระบบการ

ทดสอบและประเมินผล ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ และระบบจัดการข้อมูล 2) การออกแบบระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ได้ แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ผังงานโครงสร้างระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นตีตี้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ โครงสร้างแฟ้มข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ และหน้าจอระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ 3) การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ได้ ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน 4) การประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผลการทดสอบระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน ผ่านทุกรายการทดสอบ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 คะแนน 5) การประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มทดลอง พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้ดูแลระบบ และผู้สอน อยู่ในระดับดี ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้เรียนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 คะแนน 6) การประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มปฏิบัติการ พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 คะแนน

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ การเรียนรู้แบบออนไลน์ การวิจัยเชิงคุณภาพ

Abstract

The objectives of research are to develop online learning system, a part of Quality research for Master degree student, Surindra Rajabhat University. The six steps of the research and development process are as follows: 1) Analyzing information needs of learners, who apply the online learning system, by interview and observation. 2) Designing the online learning system by following devices: data flow diagram, structure chart, entity relationship diagram, data structure and web page design. 3) Developing the online learning system by following devices: HTML, CSS, PHP, JavaScript and SQL programming languages as well as Smarty, PostgreSQL database system, Linux operating system, Internet Explorer web browser, Mozilla Firefox web browser, server, client and network equipments. 4) Evaluating the efficiency of online learning system by five experts, using system black box testing forms, system satisfaction evaluation forms and data analysis by statistics, means and standard deviation. 5) Trialing the online learning system in a sample group consisting of an administrator by interviewing, an instructor by interviewing and 13 students by using system satisfaction evaluation forms and analyzing the data by statics, means and standard deviation. 6) Applying the online learning system in a real user group of 13 students and evaluating by using system satisfaction evaluation forms and analyzing the data by statics, means and standard deviation.

The results of research are as follows: 1) According to analysis of the users' information needs, the online learning system consists of following five factors: course management, content management, test and evaluations system, course tool and data management system. 2) The outputs of online learning system design process are data flow diagram, structure chart, entity relationship diagram, data structure and web page of the online learning system. 3) The outputs of online learning system development process the online learning system for administrators, instructors and students. 4) According to evaluation of learning system efficiency by the experts, it was found that all trial results of

the online learning system for the administrator, instructor and students were passed. The overview result of system satisfaction evaluation is good, means of 3.69. 5) According to the evaluation of the sample group's system satisfaction, it was found that the overview result of the system satisfaction evaluation for the administrator and instructor is good. The overview result of the system satisfaction evaluation for the students is good, means of 4.02. 6) According to the evaluation of the real user group's system satisfaction, it was found that the overview result of the system satisfaction evaluation for the students is good, means of 4.08.

Keywords: Research Are to Develop Online Learning System, Online Learning System, Quality Research

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการศึกษาอย่างกว้างขวาง เพราะเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่นำมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมากมาย เพียงปลายนิ้วสัมผัส ซึ่งมีผลทำให้บทบาทหน้าที่ต่างๆ ในวงการศึกษาดังเปลี่ยนไป ประกอบกับการให้ความสำคัญทางการศึกษาของชาติ ตามรัฐธรรมนูญ ปี พ.ศ. 2550 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นการศึกษาที่สามารถให้ทุกคนเข้าถึงการศึกษาได้ โดยรัฐจะต้องจัดการศึกษาให้เป็นการศึกษาตลอดชีวิตสำหรับประชาชน การเรียนการสอนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ หลักสูตรมีรายละเอียดเนื้อหาวิชาหลากหลายสอดคล้องกับนโยบายมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีการสนับสนุนให้มีการพัฒนาหลักสูตร และเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สอดคล้องกับนโยบายการจัดการศึกษาของชาติ จึงมีการสร้างบทเรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพให้อยู่ในรูปแบบบทเรียนออนไลน์มีกิจกรรมหลักที่สามารถปฏิบัติ ทบทวนเนื้อหา ผู้เรียนสนทนากับผู้สอน และเพื่อนผู้เรียน ผู้เรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มีทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ อยู่ในวัยทำงานและมีหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบมากมาย การมีช่องทางบทเรียนออนไลน์ให้ทบทวนด้วยตนเอง ตามเวลาและสถานที่ที่สะดวก จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไว้ 6 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ประกอบด้วย

1.1 พื้นที่ศึกษา ห้องเรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการ

วิจัยและพัฒนาท้องถิ่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยโดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ

เครื่องมือที่สำคัญคือตัวผู้วิจัย ดังนั้นผู้วิจัยต้องศึกษาเอกสารการเรียนการสอนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ การเข้าไปในพื้นที่เป้าหมายของการศึกษาวิจัยเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ อุปกรณ์ที่ช่วยในการเก็บข้อมูล ได้แก่ อุปกรณ์บันทึกเสียง

1.3 สัมภาษณ์ความต้องการสารสนเทศของอาจารย์ผู้สอนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ ในประเด็น จุดมุ่งหมายทางการศึกษา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการเรียนการสอน และการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรมในการเรียนรู้แบบออนไลน์ สัมภาษณ์ผู้เรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ ในประเด็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการเรียนการสอน และการสังเกต การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน

1.4 ผู้ให้ข้อมูล ประกอบด้วย อาจารย์ผู้สอนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ จำนวน 1 คน และผู้เรียน วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ จำนวน 6 คน

1.5 การจัดกระทำข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลที่ได้ว่ามีความถูกต้อง ตรงตามประเด็นการสัมภาษณ์และ สังเกตหรือไม่ เมื่อข้อมูลถูกต้องจึงแยกแยะเป็นหมวดหมู่ตามประเด็นการสัมภาษณ์และสังเกต เก็บไว้ให้เป็นระบบ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ นำข้อมูลที่ได้มาแต่ละประเด็น หาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นโดยใช้เทคนิคสามเส้า เมื่อ ได้ข้อมูลสมบูรณ์ถูกต้อง ครบถ้วนตามประเด็นที่สัมภาษณ์และสังเกต และมีความเที่ยงตรงเชื่อถือได้ ผ่านการ แยกแยะเป็นหมวดหมู่เก็บไว้อย่างเป็นระบบแล้ว เขียนรายงานผลการวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของ อาจารย์ผู้สอนและผู้เรียนในลักษณะการพรรณนา

1.6 นำผลการวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของอาจารย์ผู้สอนและผู้เรียนทั้งหมดมากำหนด ความต้องการสารสนเทศของอาจารย์ผู้สอนและผู้เรียน เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์ วิชาการ วิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ต่อไป

2. การออกแบบระบบการเรียนรู้ออนไลน์

การออกแบบระบบการเรียนรู้ออนไลน์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือทั้งหมด 5 ประเภท ประกอบด้วย แผนภาพกระแสข้อมูล ผังงานโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างเอนิตตี้ โครงสร้างเพิ่มข้อมูล และการ ออกแบบหน้าจอ

3. การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์

การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์ ได้กำหนดเครื่องมือที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบทั้ง ทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เครื่องให้บริการ เครื่องให้บริการ และอุปกรณ์เชื่อมต่อ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) พีเอชพี (PHP) แคลสเคดดิ้ง สไตล์ชีตส์ (Cascading Style Sheets) จาวาสคริป (JavaScript) สมาร์ทตี้ (Smarty) โปรแกรมโน้ตแพดดับเบิลพัส (Notepad++) ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี (Window XP) ระบบจัดการ ฐานข้อมูลโพสเกรสเอสคิวแอล (PostgreSQL) โปรแกรมบริการอีเมล โปรแกรมบริการเว็บเซอร์เวอร์ โปรแกรมเว็บ เบราวเซอร์อินเทอร์เน็ตเอ็กซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer) และโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์มอซิลลาไฟร์ฟอกซ์ (Mozilla Firefox)

4. การประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้ออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินประสิทธิภาพระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพระบบที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ กำหนดไว้ 2 ขั้นตอน คือ แบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) และแบบประเมิน ความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

4.1 การสร้างแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ดังนี้

4.1.1 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี การสร้างแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing)

4.1.2 การกำหนดขอบเขตและรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เท สติ้ง (Black Box Testing) สำหรับผู้ใช้ระบบทั้ง 3 ประเภท ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน

4.1.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) และนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์

4.1.4 นำแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ไปให้ผู้ที่มีความรู้ทางด้านการทดสอบระบบ ตรวจสอบความเที่ยงตรงแบบการตัดสินใจพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พิจารณาตรวจสอบเครื่องมือ เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ที่ผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการหาค่าความเที่ยงตรง โดยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับขอบเขตเชิงเนื้อหาที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง ถ้าค่าที่คำนวณได้ในข้อนั้นๆ มีค่าของดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 ข้อนั้นจะถูกตัดออกไป คัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปไว้ใช้

4.1.5 แบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ได้กำหนดเกณฑ์การทดสอบดังนี้ ผ่าน ไม่แน่ใจ และไม่ผ่าน

4.1.6 การทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) โดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา จำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านทดสอบและวิจัยทางการศึกษา จำนวน 1 คน และ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาเชิงคุณภาพ จำนวน 1 คน โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ เรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คนแล้ว นัดหมายวันเวลา ในการทดสอบการใช้งานระบบ ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ทดสอบการใช้งานระบบ จะเตรียมข้อมูลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ ออกแบบมาแล้ว มาดำเนินการสร้างบทเรียนด้วยระบบการสร้างบทเรียนตามขั้นตอนการสร้างของระบบ โดยวิธีการทดสอบนี้ได้เปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญทดสอบและเรียนรู้การใช้ระบบด้วยตนเอง โดยระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ แบ่งการใช้งานออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์สำหรับผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าใช้ได้จาก <http://www.srru2learn.net/admin> ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์สำหรับผู้สอน สามารถเข้าใช้ได้จาก <http://www.sru2learn.net/teacher> และระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์สำหรับผู้เรียน สามารถเข้าใช้ได้จาก <http://www.srru2learn.net> และผู้เชี่ยวชาญได้บันทึกผลการทดสอบไว้ในแบบทดสอบระบบอย่างละเอียด

4.1.7 เกณฑ์ในการแปลความหมายแบบทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) มีดังนี้ ผู้เชี่ยวชาญเลือกผ่านหมดทุกคน แปลความหมาย การทดสอบการใช้งานระบบผ่าน ผู้เชี่ยวชาญเลือกอื่นๆ แปลความหมาย การทดสอบการใช้งานระบบไม่ผ่าน ต้องปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะ

4.2 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน

4.2.1 ศึกษาผลการวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้เรียน และศึกษาหลักการ ทฤษฎีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

4.2.2 กำหนดขอบเขตและรายละเอียดในการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน ได้กำหนดขอบเขตการประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

4.2.3 ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน และนำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์

4.2.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน ไปให้ผู้ที่มีความรู้ทางด้านการประเมินความพึงพอใจ ตรวจสอบความเที่ยงตรงแบบการตัดสินใจพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พิจารณาตรวจสอบเครื่องมือ เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำแบบประเมินความพึงพอใจ ที่ผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการหาค่าความเที่ยงตรง โดยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้อง

ระหว่างคำถามกับขอบเขตเชิงเนื้อหาที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง ถ้าค่าที่คำนวณได้ในข้อนั้นๆ มีค่าของดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 ข้อนั้นจะถูกตัดออกไป คัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปไว้ใช้

4.2.5 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานดีมาก 4 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานดี 3 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานปานกลาง 2 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานพอใช้ และ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานน้อยที่สุด

4.2.6 นำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานไปใช้กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

4.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำโดยนำค่าคะแนนจากแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2.8 เกณฑ์ในการแปลความหมายแบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานจากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยมีดังนี้ 4.51-5.00 แปลความหมาย มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานดีมาก 3.51-4.50 แปลความหมาย มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานดี 2.51-3.50 แปลความหมาย มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานปานกลาง 1.51-2.50 แปลความหมาย มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานพอใช้ 1.00-1.50 แปลความหมาย มีความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานน้อยที่สุด

5. การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปทดลองใช้

การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปทดลองใช้กับผู้สอน อาจารย์ผู้สอนบัณฑิตศึกษา สาขา ยุทธศาสตร์การบริหารองค์กรท้องถิ่น วิชาการระเบียบวิธีการวิจัยทางรัฐประศาสนศาสตร์ เนื้อหาการวิจัยเชิงคุณภาพ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ผู้ดูแลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ และผู้เรียน นักศึกษบัณฑิตศึกษา สาขา ยุทธศาสตร์การบริหารองค์กรท้องถิ่น ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการระเบียบวิธีการวิจัยทางรัฐประศาสนศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 13 คน วิธีการเก็บข้อมูลใช้วิธีการสัมภาษณ์ความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน สำหรับผู้ดูแลระบบ และสำหรับผู้สอน โดยใช้กรอบการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างมีดังนี้ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ โดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ เกณฑ์ในการแปลความหมายกรอบการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีดังนี้ กรอบการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีความสอดคล้อง 3-4 ด้าน หมายถึง การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ตรงกับความต้องการด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี และกรอบการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง มีความสอดคล้อง 1-2 ด้าน หมายถึง การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ตรงกับความต้องการด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้ ต้องปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะ และวิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ สำหรับผู้เรียน โดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงปริมาณ แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังข้อที่ 4.2.5 และได้กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายดังข้อที่ 4.2.8

6. การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปปฏิบัติการและประเมินผล

การนำระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ไปปฏิบัติการและประเมินผลกับผู้เรียน นักศึกษบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

จำนวน 13 คน วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ โดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงปริมาณ แบบประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังข้อที่ 4.2.5 และได้กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายดังข้อที่ 4.2.8

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีผลการวิจัยแต่ละขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์

1.1 การวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้ระบบ สามารถสรุปองค์ประกอบของระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ออกเป็น 5 ระบบย่อย ดังนี้ ระบบจัดการหลักสูตร ผู้สอนและผู้เรียนลงทะเบียนเข้าใช้ระบบ ผู้ดูแลระบบอนุญาตสิทธิ์ให้ผู้สอนและผู้เรียนเข้าใช้ระบบได้ ผู้สอนและผู้เรียนสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลการลงทะเบียน สามารถแจ้งสิทธิ์ผ่าน สามารถกำหนดรหัสผ่านใหม่กรณีแจ้งสิทธิ์ผ่าน สามารถออกจากระบบได้ ระบบการสร้างบทเรียน ผู้สอนสามารถสร้างหลักสูตรรายวิชา สามารถจัดการเนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ และสามารถสร้างเกณฑ์ประเมินผลการเรียนได้ ระบบการทดสอบและประเมินผล ผู้สอนสามารถอนุญาตให้ผู้เรียนเข้าเรียนรายวิชา สามารถกำหนดแบบฝึกหัด แบบทดสอบให้กับผู้เรียน สามารถทำการประเมินผลการเรียนได้ ผู้เรียนสามารถเลือกวิชาที่จะเรียน สามารถศึกษาเนื้อหาบทเรียน ทำแบบฝึกหัด ทำแบบทดสอบ และดูรายงานผลการประเมินได้ ระบบส่งเสริมการเรียน ผู้สอนและผู้เรียนสามารถตั้งกระทู้แสดงความคิดเห็นได้ และระบบจัดการข้อมูล ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บไฟล์เนื้อหาบทเรียนได้

1.2 เนื้อหาวิชาเรียนที่ใช้ในการเรียนรู้แบบออนไลน์ ใช้เนื้อหาวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

2. ผลการออกแบบระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ได้แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ผังงานโครงสร้างระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นติตีระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ โครงสร้างแฟ้มข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ และหน้าจอระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์

3. ผลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบออนไลน์ ได้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน

4. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์สำหรับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

4.1 ผลการทดสอบการใช้งานระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยวิธีแบล็กบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน ผ่านทุกรายการทดสอบ

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 คะแนน ได้แก่ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ และเมื่อพิจารณาในด้านต่างๆ พบว่า ในแต่ละด้านมีระดับการประเมินอยู่ในระดับดีทุกด้าน ดังนี้ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ย 3.80 คะแนน ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 3.71 คะแนน ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 3.64 คะแนน และด้านเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ มีค่าเฉลี่ย 3.60 คะแนน

5. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มทดลอง

5.1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้ดูแลระบบ และผู้สอน อยู่ในระดับดี

5.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้เรียน อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 คะแนน ได้แก่ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ และด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ และเมื่อพิจารณาในด้านต่างๆ พบว่า แต่ละด้านมีระดับการประเมินอยู่ในระดับดีทุกด้าน ดังนี้ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.08 คะแนน ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.07 คะแนน และด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ย 3.92 คะแนน

6. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มปฏิบัติการ

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 คะแนน ได้แก่ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ และด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ เมื่อพิจารณาในด้านต่างๆ พบว่าแต่ละด้านระดับการประเมินอยู่ในระดับดีทุกด้าน ดังนี้ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.14 คะแนน ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.08 คะแนน และด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.01 คะแนน

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ครั้งนี้สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมมากที่สุด ระบบมีความสอดคล้องกับความต้องการของอาจารย์ผู้สอน และผู้เรียน ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูล สัมภาษณ์ และสังเกตความต้องการในการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยผู้ให้ข้อมูลเป็นบุคคลที่มีความสำคัญเป็นผู้สอนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์ ในประเด็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการเรียนการสอน และการสอดคล้องกับคุณธรรม จริยธรรมในการเรียนรู้แบบออนไลน์ และผู้เรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์กลุ่ม ในประเด็น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ [1] สรุปความสำเร็จหรือความล้มเหลวของการพัฒนาระบบขึ้นอยู่กับความชำนาญในการสัมภาษณ์ผู้ใช้ระบบของนักพัฒนาระบบ การสัมภาษณ์เป็นวิธีที่ดึงความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ ถ้าผู้ใช้มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อนักพัฒนาระบบก็จะทำให้ผู้ใช้ไม่ชอบโครงการพัฒนาระบบใหม่ด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามถ้านักพัฒนาระบบทำตัวให้ผู้ใช้ประทับใจและเชื่อถือก็จะทำให้โครงการดำเนินไปอย่างราบรื่นซึ่งจะเป็นสิ่งที่รับประกันได้ว่าโครงการจะสำเร็จลงด้วยดี ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 16 สัปดาห์ ดำเนินการสรุปวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของอาจารย์ผู้สอนและผู้เรียน สามารถสรุปองค์ประกอบของระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ออกเป็น 5 ระบบย่อย ดังนี้ ระบบจัดการหลักสูตร ระบบการสร้างบทเรียน ระบบการทดสอบและประเมินผล ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ และระบบจัดการข้อมูล

2. การออกแบบระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ได้แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ผังงานโครงสร้างระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นติตี้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ โครงสร้างแฟ้มข้อมูลระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ และหน้าจอร์บบการเรียนรู้แบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือทั้งหมด 5 ประเภท ดังนี้ แผนภาพกระแสข้อมูล ผังงานโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นติตี้ โครงสร้างแฟ้มข้อมูล และการออกแบบหน้าจอ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ [2] สรุปว่าโมเดลที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบ ประกอบด้วยการนำเสนอสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการอินพุต เอาต์พุต โปรเซส ข้อมูล ออบเจกต์ การโต้ตอบระหว่างออบเจกต์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วโมเดลหรือแบบจำลองนี้จะนำเสนอในรูปแบบของภาพ ซึ่งประกอบด้วยไดอะแกรม หรือแผนภูมิ ตัวอย่างโมเดลต่างๆ เช่น แผนภาพกระแสข้อมูล ผังงานโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นติตี้ โครงสร้างแฟ้มข้อมูล และการออกแบบหน้าจอ

3. การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทำให้ได้ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยแบ่งผู้ใช้งานระบบออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบบริหารการเรียนการสอนสำหรับการเรียนรู้แบบออนไลน์ สรุปได้ว่าผู้ใช้งานระบบบริหารการเรียนการสอนแบบออนไลน์ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มผู้ดูแลระบบ กลุ่มผู้สอน และกลุ่มผู้เรียน

4. การประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้ทำการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ ผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน การประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนไว้ 2 ขั้นตอน คือการทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ [2] ได้สรุปว่า การทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ต้องการทราบเพียงว่าเมื่อมีการอินพุตข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว จะได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างไร โดยไม่สนใจว่าระบบมีกระบวนการทำงานอย่างไร จะเห็นได้ว่ารายละเอียดการทำงานนั้นเราจะไม่สนใจ แต่จะมุ่งสนใจด้วยการทดสอบข้อมูลที่อินพุตเข้าไป เพื่อให้ได้มาซึ่งเอาต์พุต ว่าถูกต้องหรือไม่เท่านั้น และการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงาน พบว่าผลการทดสอบระบบด้วยวิธีแบล็คบ็อกซ์เทสติ้ง (Black Box Testing) ผ่านทุกรายการทดสอบ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 คะแนน ระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีความสอดคล้องกับความต้องการของอาจารย์ผู้สอน และผู้เรียน

5. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มทดลอง พบว่า การประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้ดูแลระบบ และผู้สอน อยู่ในระดับดี และการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.02 คะแนน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผู้เรียนที่ใช้งานระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ วิชาการวิจัยเชิงคุณภาพ สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ อันเป็นผลทำให้ผู้เรียนสามารถทำวิจัยเชิงคุณภาพได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [4] ได้วิจัยเรื่อง ผลการใช้บทเรียนออนไลน์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (E-learning) รายวิชา 234 119 ควบคู่กับสังคมอีสาน สำหรับนักศึกษาสังคมศึกษา ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนโดยการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านระบบอินเทอร์เน็ตสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

6. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานสำหรับกลุ่มปฏิบัติการ พบว่าการประเมินความพึงพอใจต่อการยอมรับระบบงานในภาพรวมสำหรับผู้เรียน อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 คะแนน ซึ่งได้แก่ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านความยากง่ายต่อการเข้าใจระบบ และด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ เมื่อพิจารณาในด้านต่างๆ พบว่าแต่ละด้านระดับการประเมินอยู่ในระดับดีทุกด้าน ดังนี้ ด้านการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.01 คะแนน ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.08 คะแนน และด้านความยากง่ายต่อการเข้าใจระบบ มีค่าเฉลี่ย 4.14 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ (E-learning) ชูติวิชาก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ซึ่งพบว่า การสอบถามความคิดเห็นด้านความยากง่ายต่อความเข้าใจใช้ระบบอยู่ในเกณฑ์ดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] อำไพ พรประเสริฐสกุล. (2543). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- [2] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2548). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [3] ภัทรภรณ์ ประสงค์สุข. (2548). *การพัฒนาระบบบริหารการเรียนการสอนสำหรับการเรียนรู้แบบออนไลน์*. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] ลัดดา ศิลาอ่อน; อังคณา ตุงคะสมิต; และ งามอาจ ศิลาอ่อน. (2549). *ผลการใช้บทเรียนออนไลน์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (E-learning) รายวิชา 234 119 ควบคู่กับสังคมอีสาน สำหรับนักศึกษาสังคมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ (สังคมศึกษา). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] ภัทร เกตอินทร์ และคณะ. (2549). *การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบออนไลน์ (E-learning) ชูติวิชาก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

**SWU6-1041: การพัฒนาและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยการวิจัยเป็นฐาน
สำหรับนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**
**THE DEVELOPMENT AND EVALUATION IN TEACHING METHODOLOGY APPLYING
THE RESEARCH BASED FOR THE STUDENTS OF EDUCATION PROGRAM, FACULTY
OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY**

จารุวรรณ พลอยดวงรัตน์

Jaruwan Ployduangrat

ภาควิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Educational Administration, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: jaruwanpr@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คือ นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ลงทะเบียนเรียน รายวิชา ยุทธศาสตร์การจัดการความรู้ (ศษ 433) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 63 คน เครื่องมือในการศึกษาคือ แผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน และแบบประเมินการสอน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย ปรากฏดังนี้

1. การพัฒนาการเรียนการสอน และจัดการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน ได้ออกแบบกิจกรรมการสอน มีขั้นตอนดังนี้ กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาสาระของศาสตร์จากผลงานวิจัย ออกแบบกิจกรรมการสอนโดย 1) ผู้สอนแนะนำงานวิจัยในชั้นเรียน แล้วให้ผู้เรียนเลือกงานวิจัยในชั้นเรียน ตามหัวข้อที่สนใจ 1 เรื่อง 2) ผู้สอนแนะนำวิธีการอ่าน การจับประเด็นสำคัญ 3) ให้นิสิตศึกษาสาระของศาสตร์จากบทคัดย่องานวิจัยและสรุปความรู้ 4) ให้นิสิตนำเสนองานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาแล้ว พร้อมทั้ง แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำวิธีการวิจัยไปใช้เพื่อทำวิจัยในหัวข้อที่นิสิตสนใจต่อไป 5) ให้นิสิตค้นคว้างานวิจัยเพิ่มเติม และออกแบบงานวิจัยในชั้นเรียนตามวิชาเอกที่จะสอน

2. ผลการประเมินการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน โดยรวม นิสิตมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทุกด้าน โดย ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มากเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ด้านผู้สอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการสอน ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน และด้านเนื้อหา ส่วนผู้เรียนประเมินตนเอง โดยรวม อยู่ในระดับมากเช่นกัน

คำสำคัญ: วิธีการสอน การวิจัยเป็นฐาน

Abstract

The objective of this study is to develop and evaluate the teaching methodology applying the research based. The sample group of this study is the fourth year students in the bachelor of education program who registered the course “Strategies for Knowledge Management (ED 433)” for the first semester of academic year 2011. The total number of this sample group is 63. The study tool is the

lesson plan applying the research based, teaching review including 5 rating scales. The statistic applying for this research is the mean and the standard deviation.

The study result is found that:

1. The development in teaching methodology was designed based on the research implementing these process: the students were assigned to learn the content of the science from the research. The activities were designed by 1) teachers presented the research in class and students selected one research in class upon their interest. 2) teachers suggested the reading method and find the keywords. 3) students were assigned to study the content of the science from the abstract and make a resume. 4) students were assigned to present their research and opinions about the research method application to enhance the research on their interesting issues. 5) students were assigned to do more research and design the research in class according to their teaching major subjects.

2. For the overall research based evaluation result, the opinions of the students were demonstrated at high level in every aspect. The foremost result was found to the teaching activity and the secondary result went to the teachers, teaching materials, learning assessment and evaluation and contents. The overall result self-assessment of the students was also in the high level.

Keywords: Teaching methodology, Research based

บทนำ

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ของคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้และสมรรถนะ ตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีววิทยา การวิจัย เป็นสมรรถนะอย่างหนึ่งในการปฏิบัติงานของครู กระบวนการวิจัยเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบระเบียบเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้หรือข้อค้นพบใหม่ เป็นการพัฒนา ให้ผู้เรียนมีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องหรืออาจกล่าวได้ว่า กระบวนการวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการเรียนรู้ตลอดชีวิตซึ่งสอดคล้องกับหลักการจัดการศึกษาตาม พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ในหมวด 4 มาตรา 24 (5) ว่า “ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้” [1] ผลจากพระราชบัญญัติการศึกษานี้ ทำให้ผู้สอนนำกระบวนการการวิจัย มาผสมผสานหรือบูรณาการใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนและเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สามารถใช้กระบวนการวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น สอดคล้องกับแผน ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบการศึกษา ศาสนา ศิลปวัฒนธรรม ระยะที่ 10 (พ.ศ. 2549 -2554) ที่มุ่งเน้นให้สังคมไทยเป็นสังคมแห่งภูมิปัญญา และการเรียนรู้ที่สร้างโอกาสให้คนไทยทุกคนคิดเป็น ทำเป็น มีเหตุผลสามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต รู้จักใช้ข้อมูลที่มีอยู่อย่างหลากหลาย เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาตนเอง ซึ่งการจะหล่อหลอม ให้เกิดคุณลักษณะดังกล่าวได้ ต้องฝึกให้รู้จักใช้กระบวนการเรียน รู้ที่เชื่อถือได้ และกระบวนการที่สร้างความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ระเบียบคือการวิจัย ซึ่งในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบการศึกษา ระยะที่ 10 ได้ระบุไว้ชัดเจนว่า การวิจัยเป็นแนวทางดำเนินการหนึ่ง ที่นำไปสู่การสร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ [2] การเรียนที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน ถือเป็นกรปฏิบัติรูปการศึกษา ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการวิจัยไม่ได้เกี่ยวข้องกับเฉพาะกับอาจารย์ผู้สอนเท่านั้นแม้แต่ผู้เรียนก็ต้อง เกี่ยวข้องด้วยเช่นกัน ผู้เรียนในยุคปฏิรูปการศึกษาควรมีทักษะ กระบวนการเรียนรู้ที่เป็นระบบและยั่งยืน และสามารถนำเอา กระบวนการวิจัยไปพัฒนาการเรียนรู้

ของตนเอง เช่น นำไปสร้าง โครงการ ตรวจสอบความรู้ของตนเอง แสวงหาความรู้ใหม่ๆ นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น [3]

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ในอดีตที่ผ่านมาไม่สามารถ พัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริง ในการปฏิรูปการศึกษาจึงได้มีการปรับเปลี่ยนแนวคิดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Learner-centered, Student-centred หรือ Child-centered) โดยมีหลักการว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องเน้นให้ผู้เรียน สามารถแสวงหาความรู้ และพัฒนาความสามารถได้ตามธรรมชาติ เติบโตตามศักยภาพของตนเอง รวมทั้งสนับสนุนให้มีการฝึกและปฏิบัติ ในสภาพจริงของการทำงาน มีการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับสังคม ได้เรียนรู้จากหลายๆ สถานการณ์ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน มีการจัดกิจกรรมและกระบวนการให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ โดยไม่เน้นไปที่การท่องจำเพียงเนื้อหา ผู้เรียนจึงมีอิสระในการเรียนมากขึ้น อาจกล่าวได้ว่า การศึกษาเปลี่ยนมาให้ความสำคัญกับ “การเรียน ” มากกว่า “ การสอน ” จากหลัก การและแนวคิดดังกล่าว นักการศึกษาจึงได้พัฒนาแนวทางในการจัดกิจกรรมที่เอื้อประโยชน์สูงสุดให้แก่ผู้เรียน ซึ่งการเรียนที่ใช้การวิจัย เป็นฐาน (Research-based Learning หรือ RBL) ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่มุ่งเน้นทักษะกระบวนการค้นคว้า พัฒนาการคิดวิเคราะห์และบูรณาการเนื้อหาความรู้ อาจารย์ผู้สอนจำนวนมากให้ความสนใจกับวิธีการสอนแบบนี้เนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ทุกรายวิชาในหลายระดับ การศึกษา

การจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาในปัจจุบันมุ่งการพัฒนาการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญโดยนำเอาการวิจัยมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้หรือจัดกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวิจัย โดยมีเชื่อว่าการวิจัยเป็นกระบวนการสร้างคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน และการประเมินผลการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว จะทำให้งานทางการศึกษาสำหรับนิสิตคุณนำไปใช้ปฏิบัติให้เกิดผลต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน
2. เพื่อประเมินผลการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สถานที่ดำเนินงานห้องเรียน ศษ 433 คณะศึกษาศาสตร์ ห้อง 12-309 และกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือ นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต ชั้นปีที่ 4 ที่ลงทะเบียนรายวิชา ยุทธศาสตร์การจัดการความรู้ (ศษ 433) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ที่ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ประจำวิชา จำนวน 63 คน โดยมีรายละเอียดของกิจกรรมดังนี้

1. การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอน จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรม ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณา และเสนอแนะ กิจกรรมการสอน จนเหมาะสมสำหรับการจัดการสอน ซึ่งกิจกรรมมีขั้นตอนดังนี้

- 1.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ ให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาสาระของศาสตร์จากผลงานวิจัย
- 1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

- 1) ผู้สอนแนะนำงานวิจัยในชั้นเรียน แล้วให้ผู้เรียนเลือกงานวิจัยในชั้นเรียน ตามหัวข้อที่สนใจ 1 เรื่อง
- 2) ผู้สอนแนะนำวิธีการอ่าน การจับประเด็นสำคัญ

- 3) ให้นิสิตศึกษาสาระของศาสตร์จากบทคัดย่องานวิจัยและสรุปความรู้
- 4) ให้นิสิตนำเสนอผลงานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาแล้ว พร้อมทั้ง แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำวิธีการวิจัยไปใช้ เพื่อทำวิจัยในหัวข้อที่นิสิตสนใจต่อไป
- 5) ให้นิสิตค้นคว้างานวิจัยเพิ่มเติม และออกแบบงานวิจัยในชั้นเรียนตามวิชาเอกที่จะสอน

1.3 การประเมิน

- 1) ประเมินการแสวงหาแหล่งความรู้
- 2) ประเมินความสามารถในการสรุปสังเคราะห์ความรู้
- 3) ประเมินสาระความรู้ของศาสตร์

2. ผู้วิจัย ได้ดำเนินกิจกรรมการสอนโดยการวิจัยเป็นฐาน ในรายวิชาพุทธศาสตร์การจัดการความรู้ (ศษ 433) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ที่ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ประจำวิชา ซึ่งมีนิสิตลงทะเบียนเรียน จำนวน 63 คน

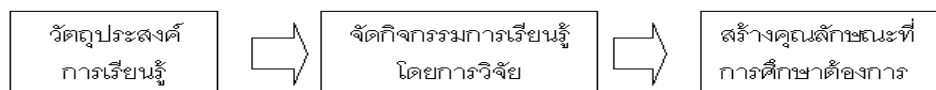
3. ประเมินการสอน การจัดการเรียนการสอน โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ออกแบบประเมินการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการประเมินการสอนของคณะศึกษาศาสตร์ และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และเพิ่มเติมในส่วน การประเมินตนเองของผู้เรียน ในด้านต่อไปนี้

- 3.1 ด้านผู้สอน
- 3.2 ด้านเนื้อหา
- 3.3 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน
- 3.4 ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน
- 3.5 ด้านการวัดผลและการประเมินผลการเรียน
- 3.6 ด้านผู้เรียน (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง)

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยการวิจัยเป็นฐาน สำหรับนิสิตหลักสูตร การศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบว่า

1. การพัฒนาการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้พัฒนาจากการสอนในรูปแบบการบรรยายในลักษณะ เดิม มาเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยการวิจัยเป็นฐาน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ และได้รับการเสนอแนะจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการสอน จำนวน 3 ท่าน ได้สรุปผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การพัฒนาการจัดการเรียนการสอน

1.1 ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเอกที่นิสิต เรียน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดความสนใจใฝ่รู้ เกิดข้อสงสัย อยากรู้ อยากแสวงหาคำตอบ ของข้อสงสัย อีกทั้งแนะนำวิธีการอ่านผลงานวิจัย

1.2 ผู้สอนให้ผู้เรียนค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในชั้นเรียน และรวบรวมงานวิจัยในชั้นเรียน อีกทั้ง ผู้สอนได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่ง ข้อมูล และงานวิจัยที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้นเพื่อการศึกษาหาความรู้

1.3 ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนศึกษารายงานวิจัยต่างๆ และสรุปความรู้เพื่อนำมาอภิปรายร่วมกัน โดยเน้นการนำเสนอ สาระของงานวิจัยอย่างเชื่อมโยงกับสาระที่กำลังเรียนรู้ หลังจากนั้นมอบหมายให้ผู้เรียนทำการประเมินใน 2 ประเด็นดังนี้คือ

- (1) ประเมินการแสวงหาแหล่งความรู้ต่างๆ
- (2) ประเมินการเรียนรู้ของตนเองเกี่ยวกับผลการวิจัย

2. การประเมินผลการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน โดยให้ผู้เรียนได้ประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอน ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการสอนโดยการใช้วิจัยเป็นฐาน โดยรวม และรายด้าน 6 ด้าน

การสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน	\bar{X}	S.D.	ระดับ ความ คิดเห็น
1. ด้านผู้สอน	4.28	0.61	มาก
2. ด้านเนื้อหา	4.05	0.75	มาก
3. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน	4.31	0.64	มาก
4. ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน	4.25	0.78	มาก
5. ด้านการวัดผลและการประเมินผลการเรียน	4.12	0.65	มาก
6. ด้านผู้เรียน (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง)	4.25	0.64	มาก
รวมเฉลี่ย	4.21	0.59	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า การสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน โดยรวม นิสิตมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทุกด้าน โดย ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มากเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ด้านผู้สอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน และด้านเนื้อหา

ผู้เรียนประเมินตนเอง ประเมินตนเอง โดยรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งรายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการสอนโดยการใช้วิจัยเป็นฐาน ด้านด้านผู้เรียน (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง) โดยรวม และรายข้อ

ด้านด้านผู้เรียน (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง)	\bar{X}	S.D.	ระดับ ความ คิดเห็น
1. การเตรียมความพร้อมก่อนเรียน	4.20	0.81	มาก
2. การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	4.30	0.80	มาก
3. ความกระตือรือร้นในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม	4.10	0.80	มาก

4. ความตรงต่อเวลาและความสม่ำเสมอในการเข้าเรียน	4.33	0.70	มาก
5. การนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้	4.35	0.79	มาก
รวมเฉลี่ย	4.25	0.64	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน ด้านด้านผู้เรียน (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง) และรายชื่อ อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ มากเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ความตรงต่อเวลาและความสม่ำเสมอในการเข้าเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และการเตรียมความพร้อมก่อนเรียน ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน สำหรับนิสิตหลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาการจัดการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยการศึกษาจากเอกสารและร่างกิจกรรมการเรียน นำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอน จำนวน 3 ท่าน ได้กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนดังนี้ กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาสาระของศาสตร์จากผลงานวิจัย ออกแบบกิจกรรมการสอนโดย 1) ผู้สอนแนะนำงานวิจัยในชั้นเรียน แล้วให้ผู้เรียนเลือกงานวิจัยในชั้นเรียน ตามหัวข้อที่สนใจ 1 เรื่อง 2) ผู้สอนแนะนำวิธีการอ่าน การจับประเด็นสำคัญ 3) ให้นิสิตศึกษาสาระของศาสตร์จากบทคัดย่องานวิจัยและสรุปความรู้ 4) ให้นิสิตนำเสนองานวิจัยที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาแล้ว พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำวิธีการวิจัยไปใช้ เพื่อทำวิจัยในหัวข้อที่นิสิตสนใจต่อไป 5) ให้นิสิตค้นคว้างานวิจัยเพิ่มเติม และออกแบบงานวิจัยในชั้นเรียนตามวิชาเอกที่จะสอน ซึ่งการทำกิจกรรมในชั้นเรียนดังกล่าว เป็นการออกแบบร่วมกับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการสอน โดยทำความเข้าใจร่วมกัน ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่าการกิจกรรมดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้สอน และกระบวนการดังกล่าว สอดคล้องกับผลการวิจัยของ พวงเพ็ญ อินทรประวัติ [4] ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การบูรณาการการสอนโดยใช้การวิจัย วิเคราะห์เนื้อหาและกระบวนการเขียนในการสอน เขียนเรียงความภาษาอังกฤษเชิงอภิปรายโวหาร ซึ่งผลการวิจัยก็เป็นไปลักษณะที่ใกล้เคียงกันคือ ผู้เรียนมีความสนใจใฝ่รู้ และมีทักษะ ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยที่สามารถนำเอากระบวนการ ค้นหาคำความรู้ที่ใช้กระบวนการวิจัย ไปใช้ได้ครบถ้วนในทุกขั้นตอน ผู้เรียนสามารถพัฒนา วิธีการเรียนรู้และกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งสังเกตเห็นจากการ ตั้งข้อสงสัยการถามระหว่างเรียน และการทำกิจกรรมการเรียนรวม ทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับกระบวนการเรียนของตนเองที่ ปรากฏในแบบสอบถามหลังการเรียน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมที่ผู้เรียนต้องทำดังกล่าวมีลักษณะ หลากหลายและใช้กระบวนการคิดและทักษะที่แตกต่างกันออกไป เช่นการแสวงหาหัวข้อเรื่องและเลือกประเด็นปัญหา หลังจากที่ ตัดสินใจเลือกประเด็นปัญหาแล้ว ก็ให้ค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่ง ต่างๆ เช่น เว็บไซต์ หนังสือ วารสาร เป็นต้น นำมาอ่านวิเคราะห์เพื่อเลือกข้อมูลให้สอดคล้องกับความต้องการ ของผู้อ่าน จัดเก็บข้อมูลอย่างมีระบบในไฟล์ (file) แล้วเรียบเรียง เขียนขึ้นใหม่ตามความคิดของตน

2. ผลการประเมินการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน โดยรวม นิสิตมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทุกด้าน ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยเป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ หรือข้อเท็จจริงโดยมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอน เมื่อนำไปใช้ในระดับ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของปรีญันท์ สิทธิจินดา [5] ที่กล่าว ไว้ว่าการเรียนแบบใช้วิจัยเป็นฐานนี้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจวิชา ที่เรียนมากขึ้น ทำให้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชานั้นสูงขึ้น เพราะเป็นการเรียนที่ไม่น่าเบื่อ ไม่จำเจ สนุกสนาน ได้เผยแพร่ภาพ ของตนเอง แต่ที่สำคัญกว่านั้นคือเป็นการเปลี่ยนแปลงบุคลิกภาพ เปลี่ยนมุมมอง/ทัศนะของบุคคลให้คิดเป็น มีคุณธรรมจริยธรรม ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบอื่นๆ การเรียนแบบนี้นำไปสู่การ เปลี่ยนแปลง สรุปได้ดังนี้คือ เปลี่ยนรูปแบบจาก Teaching-Based เป็น Learning- Based เปลี่ยนลักษณะการเรียนจาก Passive เป็น Active เปลี่ยนจากวิชาเป็นปัญญา ผู้เรียนได้เรียนรู้ (Learning) มากกว่าการรู้ (Knowing) ได้เปลี่ยนแปลงตัวผู้เรียน โดยใช้งานวิจัยเป็นวิถีของ การเรียนรู้ และยังสอดคล้องกับแนวคิดของอามูร์ จันทวานิช [6] ได้สรุปประโยชน์ของการจัดเรียนการสอนที่มีการวิจัยเป็นฐาน ไว้ดังนี้ ประโยชน์ต่อผู้เรียน โดยผู้เรียนได้รับการพัฒนาการ เกิดทักษะการใช้ การวิจัยใน การแสวงหาความรู้ เรียนรู้ทฤษฎี แนวคิด หลักการและข้อค้นพบที่มีความหมายมีความเที่ยงตรง รู้จักวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหาหรือการพัฒนา เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผลนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ นอกจากนี้ ผู้เรียนมีโอกาสได้รับการพัฒนาทักษะการคิด (Thinking Skills) ทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving and Resolution Skills) ทักษะการบริหารจัดการเวลา (Time Management Skills) ทักษะการสื่อสาร (Communication Skills) ทักษะประมวลผล (Computer Skills) และทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life Long Learning Skills) ดังนั้นจึงทำให้ผู้เรียนมีการประเมินการจัดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มากเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ด้านผู้สอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการสอน ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน และด้านเนื้อหาส่วน ผู้เรียนประเมินตนเอง โดยรวม อยู่ในระดับมากเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมในรูปแบบนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีบทบาทในการเรียนและมีการนำเสนอผลงานในรายวิชาอย่างเป็นระบบ รองลงมาคือ ด้านผู้สอนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการสอนในรูปแบบนี้ทำให้อาจารย์ผู้สอนและนิสิตมีความใกล้ชิด ต้องปรึกษาประเด็นที่ จะทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้มีประเด็นที่น่าสังเกตคือ ด้านเนื้อหา มีผลการประเมินจากผู้เรียน มีค่าเฉลี่ย เป็นอันดับสุดท้าย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก ความชัดเจนในเรื่องกระบวนการวิจัย และเนื้อหาที่สอน กล่าวคือ เนื้อหา รายวิชาที่สอน เป็นรายวิชายุทธศาสตร์การจัดการความรู้ ซึ่งผู้สอนได้มีการสอนเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการความรู้ ในสถานศึกษา ควบคู่ไปกับการให้ความรู้เรื่องการวิจัยไปพร้อมกัน อาจจะทำให้เนื้อหามากเกินไป ผู้เรียนอาจจะ ทำความเข้าใจได้ยาก ดังนั้น ผู้สอนควรมีการจัดระบบเนื้อหาให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

ผลการวิจัยยังพบว่า การเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐานช่วยให้ ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการแสวงหา ความรู้ จนกระทั่งสามารถนำไปใช้ใน การค้นคว้าหาความรู้ที่มีอยู่รอบตัวและเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หรือ เรียกว่า เป็นการศึกษาตลอดชีวิต ผู้เรียนจึงต้องเรียนรู้ที่จะแสวงหา ความรู้ได้ด้วยวิธีการของตนเอง การเรียนรู้ที่ตัวเนื้อหา แต่อย่าง เดียวจึงไม่ใช่เป้าหมายสำคัญของการเรียนการสอนในยุคปฏิรูปการ ศึกษาอีกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษา แห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค
- [2] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์. (2546). แผนยุทธศาสตร์ การพัฒนาการศึกษาระยะ 3 ปี ของ กระทรวงศึกษาธิการ (พ.ศ. 2547-2549). กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวง.
- [3] พิชญ์สินี ชมภูคำ. (2544). การเรียนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องวิจัย ในชั้นเรียน. เชียงใหม่: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 8.
- [4] พวงเพ็ญ อินทรประวัตติ. (2548). การบูรณาการการสอนโดยใช้การวิจัย วิเคราะห์เนื้อหาและกระบวนการเขียนใน การสอน เขียนเรียงความภาษาอังกฤษเชิงอภิปรายโวหาร. ใน การเรียนการสอนโดยผู้เรียนใช้การวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการเรียนรู้. หน้า 263-290. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- [5] ปรียนันท์ สิทธิจินดา. (2552). *ปรับการเรียน เปลี่ยนการสอนด้วยวิจัยนอกชั้นเรียน*. สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2554. จาก <http://www.node.rbru.ac.th/article/article31.pdf>
- [6] อารุง จันทวานิช. (2548). ปาฐกถาพิเศษ เรื่องนโยบายส่งเสริม การจัดการเรียนการสอนโดยผู้เรียนใช้การวิจัย เป็นส่วนหนึ่ง ของกระบวนการเรียนรู้. ใน *การเรียนการสอนโดยผู้เรียน ใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของ กระบวนการเรียนรู้*. หน้า 1-11. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

**SWU6-1050: การกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

**SELF-REGULATION IN CONDUCTING THESIS OF GRADUATE STUDENTS
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY**

เนาวรัตน์ เลิศมณีพงศ์

Naowarat Lertmaneepong

สาขาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Educational Research and Statistics, Faculty of Education, Srinakharinwirot University,
Thailand.

Corresponding author, E-mail: paloen_n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำวิทยานิพนธ์ เจตคติต่อการทำวิทยานิพนธ์ เป้าหมายในการทำวิทยานิพนธ์ กับการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2) เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำวิทยานิพนธ์ เจตคติต่อการทำวิทยานิพนธ์และเป้าหมายในการทำวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยทั้ง 4 ตัว ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำวิทยานิพนธ์ เจตคติต่อการทำวิทยานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำวิทยานิพนธ์ กับการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ มีค่าเท่ากับ 0.774 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรปัจจัยทั้งหมดรวมกันอธิบายความแปรปรวนของการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ได้ร้อยละ 59.90

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัยทุกตัวส่งผลทางบวกต่อการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์มากที่สุด ได้แก่ เจตคติต่อการทำวิทยานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำวิทยานิพนธ์ รองลงมา ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ และความวิตกกังวลในการทำวิทยานิพนธ์โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.303, 0.303, 0.255 และ 0.084 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การกำกับตนเอง การรับรู้ความสามารถของตนเอง ความวิตกกังวล เจตคติ เป้าหมาย

Abstract

The proposes of this research were to study the relationship between self-efficacy in conducting thesis, anxious in conducting thesis, attitude to conducting thesis, goal in conducting thesis and adaptation affecting self-regulation in conducting thesis of graduate students Srinakharinwirot University The instruments used in the research were questionnaire which asked about self-efficacy in conducting thesis, anxious in conducting thesis, attitude to conducting thesis, goal in conducting thesis and adaptation self-regulation in conducting thesis. The data were analyzed by multiple correlation and multiple regression.

The findings were as follows:

1. The multiple correlation coefficient between self-efficacy in conducting thesis, anxious in conducting thesis, attitude to conducting thesis, goal in conducting thesis and adaptation self-regulation in conducting thesis were 0.774 which were statistically significant at 0.01 level. All factor explain variance of self-regulation at 59.90 percent

2. Attitude to conducting thesis, goal in conducting thesis, self-efficacy in conducting thesis and anxious in conducting thesis were adaptation positively contributed to self-regulation in conducting thesis which were statistically significant at 0.01 and 0.05 level. The beta weight of the factors which contributed to self- regulation in conducting thesis were 0.303, 0.303, 0.255 and 0.084 respectively

Keywords: Self-Regulation, Self-efficacy, Anxious, Attitude, Goal

บทนำ

การศึกษาเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาคนให้มีคุณภาพและเป็นปัจจัยที่จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาประเทศให้มีความก้าวหน้า โดยเฉพาะการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อแสวงหาความรู้ในแนวลึก เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ หรือเป็นการต่อยอดทางความรู้ให้เกิดขึ้นในสาขาวิชาต่างๆ จึงถือเป็นการศึกษาเพื่อเสริมสร้างองค์ความรู้ให้แก่ผู้เรียนและสังคม ดังนั้นการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาจึงได้กำหนดหลักสูตรต่างๆ มีการทำโครงการวิจัยและนำเสนอออกมาในรูปของวิทยานิพนธ์หรือสารนิพนธ์ เพื่อให้บัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษาได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ในการทำวิจัยอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ และได้นำเสนอผลการวิจัยต่อสาธารณชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในการศึกษาและการพัฒนาสังคมต่อไป [1]

การจัดการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา เป็นการศึกษาเพื่อผลิตนักวิจัยและนักวิชาการในแต่ละสาขาวิชา วิทยานิพนธ์จึงเป็นหัวใจของบัณฑิตศึกษา เพราะเป็นการทดสอบความสามารถในการวิจัย การศึกษาค้นคว้า และการวิเคราะห์วิจารณ์ สถาบันที่จัดการศึกษาระดับนี้จะต้องมีบทบาทอย่างสำคัญในการพัฒนานิสิตให้มีความรู้ ด้านการวิจัยและสถิติ การศึกษาค้นคว้า และทักษะการใช้ภาษา [2] ด้วยความตระหนักถึงความสำคัญว่าปัจจุบันงานวิจัยทางการศึกษา ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยของนิสิตในระดับบัณฑิตศึกษา งานวิจัยเหล่านี้นับเป็นจุดเริ่มต้นอันสำคัญในการสร้างนักวิจัยของประเทศ ขณะเดียวกันงานวิจัยที่ผลิตออกมาก็ได้มีการนำไปใช้เป็นเอกสารอ้างอิงอย่างกว้างขวาง

ในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒนั้น แม่วานิสิตส่วนใหญ่จะสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้แล้วเสร็จและสำเร็จการศึกษาตามระยะเวลาที่มหาวิทยาลัยกำหนด แต่ก็ยังมีนิสิตอีกจำนวนไม่น้อยที่ใช้เวลาในการเรียนรวมทั้งการทำวิทยานิพนธ์เกินกว่าที่มหาวิทยาลัยกำหนด ซึ่งมีบางคนเกินมากน้อยต่างกันไป แต่สำหรับบางคนที่ใช้เวลาทำมากเกินไป ก็ก่อให้เกิดการสูญเสียทางการศึกษา อาทิ

นิสิตบางคนทำปริญญานิพนธ์ไม่สำเร็จ บางคนหมดระยะเวลาในการศึกษาเสียก่อนที่จะสำเร็จ บางคนทิ้งปริญญานิพนธ์ไปจนเมื่อใกล้จะหมดระยะเวลาการศึกษาแล้วจึงรีบกลับมาทำปริญญานิพนธ์ต่อ ซึ่งก็อาจจะทำให้ปริญญานิพนธ์นั้นมีคุณภาพไม่มากนักเนื่องจากมีเวลาเป็นตัวบังคับ อีกทั้งการมีจำนวนนิสิตในแต่ละปีตกค้างสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้คณาจารย์มีภาระงานเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจกระทบไปถึงภาระงานหลักในการสอนได้ เป็นต้น นับเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการจัดการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทั้งระบบ นับตั้งแต่วันที่นิสิต ภาควิชา คณะ ไปจนถึงมหาวิทยาลัย

การทำปริญญานิพนธ์ให้ประสบผลสำเร็จนั้น มีองค์ประกอบอยู่หลายด้าน ในด้านที่เกี่ยวกับบุคคลประกอบไปด้วยอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งพบว่าทำให้ค่าปริญญาที่ตีของประธานและกรรมการนั้นมีส่วนช่วยในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิต รวมถึงการให้คำแนะนำในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การเลือกหัวข้อ ระเบียบวิธีวิจัย ฯลฯ โดยความสามารถดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของอาจารย์ที่ปรึกษาด้วย ในส่วนของตัวนิสิตนั้นจะต้องมีความอดทน ความพากเพียรในการค้นคว้าเอกสาร ด้านความรู้วิชาการของนิสิตนั้น นิสิตควรมีการเลือกหัวข้อที่ตนเองสนใจ มีความสามารถในการค้นคว้าเอกสารและตำราตามระบบห้องสมุด ความสามารถในการเขียนรายงานการวิจัย สำหรับองค์ประกอบด้านการบริการวิชาการของมหาวิทยาลัยนั้น เวลาการให้บริการ ความสะดวกในการติดต่อกับหน่วยงานเพื่อขอข้อมูลหรือเอกสารในการติดต่อกับหน่วยงานหรือองค์กรอื่นเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลก็มีส่วนในความสำเร็จในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิต [3] ปัญหาที่ทำให้เกิดความขัดข้องในการทำปริญญานิพนธ์พบสาเหตุว่านิสิตยังมีความรู้ด้านสถิติ และการวิจัยไม่เพียงพอ ความสามารถในการเขียนปริญญานิพนธ์น้อย และนิสิตจึงควรมีความรู้ในด้านสถิติวิจัย มีการวางแผนล่วงหน้าทุกขั้นตอน ส่วนปัญหาที่เกิดจากอาจารย์ที่ปรึกษานั้นพบว่าอาจารย์ที่ปรึกษามีเวลาในการให้คำปรึกษาน้อยเพราะต้องทำงานหลายด้าน ขาดความรู้ที่ตรงกับหัวข้อวิจัย

จากผลกระทบดังกล่าวนี้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่า ถ้าหากนิสิตต้องการที่จะทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จและจบตามกำหนดนั้น บุคคลที่มีอิทธิพลผลักดันให้เกิดความสำเร็จก็คือตัวนิสิตเอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการเรียน สืบหาความสามารถของตนเอง หาแรงจูงใจ ดำเนินการได้มาซึ่งความรู้และทักษะต่างๆ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ถือเป็นการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา เนื่องจากบุคคลที่เข้ามาศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นบุคคลที่มีประสบการณ์ในการเรียนและการทำงานมาแล้ว ถือเป็นบุคคลที่มีวุฒิภาวะสูงในระดับหนึ่ง มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณในการที่จะทำสิ่งต่างๆ อย่างถูกต้องและเหมาะสม จึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการบังคับเกิดขึ้น ทั้งนี้นิสิตระดับบัณฑิตศึกษาจึงควรมีการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความแตกต่างของนักเรียนในการกำกับตนเองในการเรียนในด้านระดับชั้น เพศ และความเชื่อมีผลต่อการรับรู้ความสามารถแห่งตน และกลวิธีที่ใช้ในการเรียน ในด้านการรับรู้ความสามารถแห่งตน แรงจูงใจ และความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์กัน [4-5] โดยนักศึกษาที่มีระดับการรับรู้ความสามารถแห่งตนสูงมีเป้าหมายมุ่งความรู้และมุ่งผลการเรียนสูง รายงานว่าตนใช้กลยุทธ์การเรียนโดยการกำกับตนเองมากกว่านักศึกษาที่มีระดับการรับรู้ความสามารถแห่งตนต่ำ และมีเป้าหมายมุ่งความรู้และมุ่งผลการเรียนต่ำนอกจากนั้นผลการศึกษายังพบว่า นักศึกษาที่ได้เกรดเฉลี่ยสูงรายงานว่ามีการรับรู้ความสามารถแห่งตนและเป้าหมายมุ่งความรู้สูง และใช้การเรียนโดยการกำกับตนเองมากกว่านักศึกษาที่ได้เกรดเฉลี่ยต่ำ จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าในบรรดาตัวแปรที่ศึกษา 4 ตัว อันประกอบด้วยการรับรู้ความสามารถแห่งตน เป้าหมายมุ่งความรู้ เป้าหมายมุ่งผลการเรียนและเกรดเฉลี่ย การรับรู้ความสามารถแห่งตนเป็นตัวทำนายการเรียนรู้โดยการกำกับตนเองได้ดีที่สุด ตามด้วยเป้าหมายมุ่งความรู้ [6] และตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการกำกับตนเองในทำปริญญานิพนธ์ คือ บุคคลที่เป็นแม่แบบ การเห็นคุณค่าในการทำวิทยานิพนธ์ และการสนับสนุนทางสังคม [7]

จากผลกระทบบังคับกล่าวนี้ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่า ถ้าหากนิสิตต้องการที่จะทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จและจบตามกำหนดนั้นบุคคลที่มีอิทธิพลผลักดันให้เกิดความสำเร็จก็คือตัวนิสิตเอง ดังนั้นการที่จะทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จ นิสิตจะต้องมีการวางแผนการเรียน สืบหาความสามารถของตนเอง หาแรงจูงใจ ดำเนินการได้มาซึ่งความรู้ และทักษะต่างๆ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ถือเป็นการกำกับตนเองในการเรียนรู้

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อนิสิต อาจารย์ ภาควิชา คณะ ไปจนถึงมหาวิทยาลัย ในการวางแผนการทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จตามที่ได้กำหนดไว้ ถือว่าเป็นการลดความสูญเสียทางการศึกษาในเรื่องระยะเวลา งบประมาณ ภาระงานของอาจารย์ผู้สอน ยิ่งถ้าหากมีการร่วมมือกันอย่างเป็นระบบ ก็จะช่วยพัฒนาการทำปริญญานิพนธ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ เป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ กับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ ที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตบัณฑิตศึกษาที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2553 จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทั้งหมดจำนวน 918 คน แบ่งเป็นนิสิตปริญญาเอกจำนวน 69 คน และนิสิตปริญญาโทจำนวน 849 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตบัณฑิตศึกษาที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2553 จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำหนดขนาดโดยการเปิดตารางสำเร็จรูปของ อาจารย์ศิริชัย กาญจนवासี และคณะ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ความคลาดเคลื่อน $\pm 10\%$ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 286 คน และสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ตามสัดส่วน โดยใช้ระดับปริญญาเป็นชั้น ในการดำเนินการเก็บข้อมูลจริงนั้นได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 322 คน แบ่งเป็นนิสิตปริญญาเอกจำนวน 23 คน และนิสิตปริญญาโทจำนวน 299 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน มีแบบสอบถามจำนวน 5 ฉบับ และแบบสัมภาษณ์ 1 ฉบับ ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ประกอบด้วย 4 ปัจจัย มีรายละเอียดดังนี้คือ แบบสอบถามการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.875 แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าความเชื่อมั่น

เท่ากับ 0.911 แบบสอบถามความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.914 แบบสอบถามเจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.830 แบบสอบถามเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.765

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอเป็นลำดับ ดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ และตัวแปรตาม ได้แก่ การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรปัจจัย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อย่างง่ายระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

3. ผลการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter)

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ค่ากำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้การทดสอบค่าเอฟ (F-test)

3.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัย และการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าน้ำหนักความสำคัญโดยใช้ค่าที (t-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ และตัวแปรตาม ได้แก่ การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

ตัวแปร	k	\bar{X}	S	%CV	แปลความหมาย
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ (X_1)	19	4.04	0.42	10.40%	ค่อนข้างมาก
ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ (X_2)	12	3.63	0.54	14.88%	ค่อนข้างมาก
เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ (X_3)	10	4.00	0.40	10%	ค่อนข้างดี
เป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ (X_4)	8	3.91	0.44	11.25%	ค่อนข้างมาก
การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์(Y)	19	3.05	0.38	12.45%	สูง

จากตารางที่ 1 พบว่า นิสิตมีการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์(Y) อยู่ในระดับสูง มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ (X_1) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง มีความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ (X_2) อยู่ในระดับปานกลาง มีเจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ (X_3) อยู่ในระดับค่อนข้างดี มีเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ (X_4) ค่อนข้างสูง

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรปัจจัย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี ผู้วิจัยนำคะแนนของตัวแปรแต่ละตัว และคะแนนของแบบสอบถามการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบธรรมดา และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสหสัมพันธ์ โดยใช้ t - test ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรปัจจัย และระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์

ตัวแปร	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์	1.000	0.348**	0.638**	0.606**	0.662**
ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์		1.000	0.443**	0.369**	0.419**
เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์			1.000	0.512**	0.658**
เป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์				1.000	0.644**
การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์					1.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 2 พบว่า ตัวแปรปัจจัยทั้ง 4 ตัวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มากที่สุด ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.662 รองลงมาได้แก่ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ เป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ และ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.658 0.644 และ 0.419 ตามลำดับ

ผู้วิจัยมีการนำตัวแปรปัจจัยมาทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม (Multicollinearity) โดยการทดสอบจากค่าตัวแปรใดมีค่าเทอร์เลอร์เรนซ์ ต่ำกว่า 0.10 ถือว่าได้รับอิทธิพลจากชุดตัวแปรอิสระด้วยตนเอง และทดสอบค่า VIF (Variance Inflation Factor) ซึ่งหากพบว่าค่า VIF มีค่าเกิน 10 ถือว่าตัวแปรปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือเกิดปัญหาความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม [8] ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรปัจจัยโดยวิเคราะห์จากค่า Tolerance และ Variance Inflation Factor : VIF

ตัวแปรปัจจัย	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์	0.487	2.055
ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์	0.776	1.289
เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์	0.525	1.904
เป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์	0.590	1.694

ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3 พบว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีค่าเทอร์เลอร์เรนซ์สูงกว่า 0.10 ดังนั้นจึงสรุปว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระดังกล่าวไม่สูงมากนัก และเมื่อพิจารณาค่า VIF มีค่าตั้งแต่ 1.289 -

2.055 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันน้อย ผลที่ได้จากค่า Tolerance และ ค่า VIF ให้ผลสอดคล้องกัน จึงสรุปได้ว่าตัวแปรที่ศึกษาไม่เกิดปัญหาความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม (Multicollinearity) ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3. ผลการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter)

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ ค่ากำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้การทดสอบค่าเอฟ (F-test) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยกับการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
Regression	28.327	4	7.082	118.340**	0.000
Residual	18.970	317	0.060		
Total	47.298	321			
R= 0.774			R ² = 0.599		

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยทั้ง 4 ตัว ได้แก่ปัจจัยการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปฏิญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปฏิญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์ การกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ มีค่าเท่ากับ 0.774 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรปัจจัยทั้งหมดรวมกันอธิบายความแปรปรวนของการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ได้ร้อยละ 59.90

3.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัย และการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าน้ำหนักความสำคัญโดยใช้ค่าที (t-test) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์

ตัวแปรปัจจัย	β	<i>b</i>	<i>SE_b</i>	t	p
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์	0.255	0.234	0.047	5.007**	0.000
ความวิตกกังวลในการทำปฏิญานิพนธ์	0.084	0.060	0.029	2.073*	0.039
เจตคติต่อการทำปฏิญานิพนธ์	0.303	0.294	0.048	6.176**	0.000
เป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์	0.303	0.262	0.040	6.547**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัยทุกตัวส่งผลทางบวกต่อการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ โดยการรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปฏิญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์ ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มากที่สุด ได้แก่ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ รองลงมาได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ และความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.303, 0.303, 0.255 และ 0.084 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรปัจจัยทั้ง 4 ตัว ได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ กับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ มีค่าเท่ากับ 0.774 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรปัจจัยทั้งหมดรวมกันอธิบายความแปรปรวนของการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ได้ร้อยละ 59.90

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัยทุกตัวส่งผลทางบวกต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 โดยตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มากที่สุด ได้แก่ เจตคติต่อการทำปริญญานิพนธ์ และเป้าหมายในการทำปริญญานิพนธ์ รองลงมาได้แก่ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ และความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.303, 0.303, 0.255 และ 0.084 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลประเด็นสำคัญได้ดังนี้

การรับรู้ความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้การรับรู้ความสามารถของตนเองยังส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ โดยมิต่ำน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.255 ทั้งนี้เป็นเพราะนิสิตที่ทำปริญญานิพนธ์ส่วนใหญ่จะต้องมีการวางแผนการทำวิจัย ซึ่งเริ่มตั้งแต่การเลือกหัวข้อในการทำปริญญานิพนธ์ นอกจากนี้นิสิตจะมีความสนใจในเรื่องนั้นแล้วนิสิตยังต้องสำรวจตัวเองด้วยว่ามีความสามารถในการทำวิจัยเพียงใด ความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปและอภิปรายผล ซึ่งหากนิสิตมีการรับรู้ความสามารถที่ดีแล้วจะทำให้นิสิตรู้ข้อดี และข้อด้อยของตนเอง หากมีปัญหาเกิดขึ้นนิสิตก็จะสามารถรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบ และทำให้นิสิตสามารถทำปริญญานิพนธ์ได้สำเร็จตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของแบนดูรา [9] ที่กล่าวว่า ถ้าเรามีความเชื่อว่าเรามีความสามารถ เราก็จะแสดงออกถึงความสามารถนั้นออกมา คนที่เชื่อว่าตนเองมีความสามารถจะมีความอดทน อุตสาหะ ไม่ท้อถอยง่าย และจะประสบความสำเร็จในที่สุด โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของปณิตา นิรมล [10] ที่พบว่า นักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองสูงจะมีการกำกับตนเองในการเรียนสูง และงานวิจัยของเดือนเพ็ญ ทองน่วม [6] ที่พบว่า การรับรู้ความสามารถแห่งตนเป็นตัวทำนายการเรียนรู้โดยการกำกับตนเองได้ดีที่สุด

ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้ความวิตกกังวลในการทำปริญญานิพนธ์ยังส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ โดยมิต่ำน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.084 เนื่องจากนิสิตที่มีความวิตกกังวลมาก ก็มีความพยายามในการรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้น ถือเป็นกรับปัญหาต่างๆ และอาจจะลดความพยายามแก้ปัญหา รวมทั้งระดมความคิดที่จะใช้วิธีการที่ดีกว่าในการแก้ปัญหา จึงทำให้นิสิตรู้สึกมั่นใจมาก

ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของสเปนซ์ (Spence's Theory) ที่กล่าวว่า ความวิตกกังวลเป็นแรงจูงใจที่กระตุ้นให้ร่างกายเกิดพลังและเกิดแรงจูงใจที่มีส่วนส่งเสริมการเรียนรู้และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น และยังเพิ่มความเข้มข้นของการตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้รุนแรงมากขึ้น ดังนั้นความวิตกกังวลจึงมีส่วนช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ผลของความวิตกกังวลจะช่วยให้เกิดความเข้มข้นในการตอบสนองสำหรับการเรียนรู้ที่สลับซับซ้อนนั้นมีผลต่อความวิตกกังวลขัดขวางการเรียนรู้ในระยะแรกๆ แต่เมื่อผู้เรียนคุ้นเคยกับงานที่ทำหรือสร้างนิสัยในการเรียนรู้ที่ถูกต้องแล้ว ความวิตกกังวลจะส่งเสริมการเรียนรู้ในที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของวัฒนา เตชะโกมล [11] ซึ่งพบว่าความวิตกกังวลเป็นปัจจัยที่ทำนายการกำกับตนเองในการเรียนของนักเรียน รวมถึง ปณิตา นิรมล [10] ซึ่งพบว่า ความวิตกกังวลมีอิทธิพลทางตรงต่อการกำกับตนเอง

ด้านเจตคติต่อการทำปฏิญานิพนธ์ มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้เจตคติต่อการทำปฏิญานิพนธ์ยังส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์ โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.303 เนื่องจากเมื่อนิสิตมีเจตคติที่ดีต่อการทำปฏิญานิพนธ์แล้ว ก็จะมีการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์สูงเช่นกัน เนื่องจากนิสิตจะอาศัยเจตคติเป็นเครื่องยึดถือ สำหรับการปรับพฤติกรรมของตนให้เป็นไปในทางที่จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองมากที่สุด และให้มีผลเสียน้อยที่สุด ดังนั้นเจตคติจึงเป็นกลไกที่สะท้อนให้เห็นถึงเป้าหมายที่พึงประสงค์และที่ไม่พึงประสงค์ของนิสิต และด้วยสิ่งเหล่านี้เองที่จะทำให้แนวโน้มของพฤติกรรมการกำกับตนเองเป็นไปในทางที่ต้องการมากที่สุด เนื่องจากนิสิตส่วนใหญ่เลือกทำเรื่องที่ตนเองสนใจ หรือเกี่ยวข้องกับสายงานที่ทำอยู่ จึงเหมือนเป็นการช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้ของนิสิต ในการทำปฏิญานิพนธ์ทำให้นิสิตมีทักษะในการทำวิจัยมากขึ้นประกอบกับช่วยฝึกให้นิสิตมีการคิดการทำงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น ส่งผลให้นิสิตสามารถที่จะแนะนำหรือให้ความช่วยเหลือเพื่อนนิสิตคนอื่น เกี่ยวกับการทำปฏิญานิพนธ์ได้ด้วย และยังสามารถขยายผล เพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติงานสายงานของนิสิต และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปณิตา ดิพิจารณ์ [7] ซึ่งพบว่า การเห็นคุณค่าของการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตมีอิทธิพลทางตรงต่อการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับมหาบัณฑิตทางการศึกษา

ด้านเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์ มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.303 เนื่องจากนิสิตส่วนใหญ่มีเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์ทั้งสิ้น ซึ่งมีส่วนในการที่จะทำให้ให้นิสิตมีแรงจูงใจในการทำปฏิญานิพนธ์ให้สำเร็จ โดยแต่ละคนล้วนมีเป้าหมายที่แตกต่างกัน เป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์มีอยู่ 2 ด้านหลักๆ คือ เป้าหมายเพื่อการเรียนรู้พบว่า นิสิตมีเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ของตนเอง โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการทำงาน และเป้าหมายเพื่อผลประโยชน์ในอนาคตพบว่า นิสิตมีเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์ เพื่อความก้าวหน้าในอาชีพ การเป็นที่ยอมรับจากสังคม จึงทำให้นิสิตมีแรงผลักดันในการเรียนสูง ซึ่งหากนิสิตมีการตั้งเป้าหมายในการทำปฏิญานิพนธ์มาก ก็จะมีการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์มากเช่นกันกับซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดของซุงค์ [12] ที่ว่าการให้ความสำคัญของการบรรลุเป้าหมายมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจตนเอง เมื่อนิสิตไม่ค่อยใส่ใจว่าตนเองจะทำได้ดีแค่ไหน ผู้เรียนอาจจะไม่ประเมินผลงานของตนเอง หรือไม่เพิ่มความพยายามเพื่อปรับปรุงให้ได้ผลงานที่ดีขึ้น กระบวนการตัดสินใจความก้าวหน้าจะทำก็ต่อเมื่อเป้าหมายนั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนให้คุณค่า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ในการทำปฏิญานิพนธ์ นิสิตควรมีการสร้างเจตคติที่ดีต่อการทำปฏิญานิพนธ์ และในการกำกับตนเองในการทำปฏิญานิพนธ์นิสิตควรมีการตั้งเป้าหมายที่ชัดเจน โดยวางแผนขั้นต้น

ระยะเวลาที่จะใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ผ่านการประเมินความสามารถของตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ เพื่อให้บัณฑิตสามารถทำปริญญานิพนธ์ได้สำเร็จตามที่กำหนดไว้ สำหรับอาจารย์ผู้สอนควรฝึกให้นักศึกษามีการกำกับตนเอง โดยอาจให้นักศึกษาทำรายงานความก้าวหน้าในการทำปริญญานิพนธ์มาเป็นระยะๆ ประกอบกับ มีการให้คำปรึกษา คำแนะนำ การสนับสนุนทางด้านข้อมูลข่าวสาร เพื่อเป็นการลดความวิตกกังวลของนิสิต ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้นักศึกษามีการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มากขึ้น ถือเป็น การลดความสูญเสียทางการศึกษาในเรื่องระยะเวลา งบประมาณ รวมถึงภาระงานของอาจารย์ผู้สอนได้ด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ตัวแปรปัจจัยสามารถอธิบายความแปรปรวนของการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ได้ร้อยละ 59.90 ซึ่งยังเหลืออีกร้อยละ 40.10 จึงควรมีการศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์ ว่าปัจจัยใดที่จะทำให้การกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์เพิ่มขึ้นได้อีก เช่น การสนับสนุนทางสังคม แรงจูงใจ เป็นต้น และเปรียบเทียบว่าปัจจัยใดส่งผลต่อการกำกับตนเองในการทำปริญญานิพนธ์มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (2550). *คู่มือการจัดทำปริญญานิพนธ์และสารนิพนธ์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ..
- [2] สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, และ ศิริชัย กาญจนวาสี. (2523). การทำวิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิตสภาพปัจจุบัน. ใน *สมรรถภาพบัณฑิตศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] กริสนา นกสกุล. (2531). *องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [4] Zimmerman, Barry J.; & Martinez - Pons, M. (1990). Student Differences in Self-Regulated Learning: Relating Grade, Sex, and Giftedness to Self-efficacy and Strategy Use. *Journal of Educational Psychology*. 82(1): 51-59.
- [5] Pintrich, P.R.; & De Groot, E.V. (1990). Motivational and Self- Regulated Learning Componens of Classroom Activities Academic Performance. *Journal of Educational Psychology*. 82(1): 33-40.
- [6] เดือนเพ็ญ ทองน่วม. (2546). *การรับรู้ความสามารถแห่งตน เป้าหมายในการศึกษาและการเรียนรู้โดย การกำกับตนเอง*. กรุงเทพฯ: คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- [7] ปณิตดา ดีพิจารณ์. (2551). *การพัฒนาโมเดลเชิงสาเหตุของการกำกับตนเองในการทำวิทยานิพนธ์ของ นิสิตนักศึกษาระดับมหาบัณฑิตทางการศึกษา*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] วิรัชช พานิชวงศ์. (2545). *การวิเคราะห์การถดถอย*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [9] Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. New Jersey: Prentice-Hall.
- [10] ปณิตดา นิรมล. (2546). *การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการกำกับตนเองในการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีวิจัยการศึกษา). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

- [11] วัฒนา เตชะโกมล. (2541). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำกับตนเองในการเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [12] Schunk, D.H. (1994). Self-Regulation of Self-Efficacy and Attributions In Academic
Setting. In *Self-regulation of learning and performance :issues and educational applications*.
Schunk, D.H.; & Zimmerman, B.J., editors. pp. 76-88. New Jersey: Lawrence. Erlbaum
Associates.

**SWU6-1052: การพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎี
พหุปัญญา สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา**

**THE DEVELOPMENT OF LEARNING MANAGEMENT QUALITY, EMPHASIZING
KNOWLEDGE AND MORALITY THROUGH MULTIPLE INTELLIGENCE FOR
ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS**

รุ่งทิwa แยมรุ่ง

Rungtiwa Yamrung

สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Program in Elementary Education, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: rungtiwa@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาโดยใช้การวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม กลุ่มเป้าหมายคือ ครูในเครือข่ายวิจัยทางการศึกษาเขตภาคกลางตอนล่างกลุ่มที่ 3 จำนวน 10 โรงเรียน ดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเตรียมการ ระยะดำเนินการ และระยะการติดตามประเมินผลและเขียนรายงานการวิจัย ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ และงานวิจัย การรายงานผลการปฏิบัติงานของครูและการนิเทศติดตามโดยนักวิจัยหลักและนักวิจัยในพื้นที่

ผลวิจัยพบว่า

1. เมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นเวลา 1 ปี พบว่า ครูระดับประถมศึกษาส่วนใหญ่สามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนบนพื้นฐานของทฤษฎีพหุปัญญา
2. เมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นเวลา 1 ปี พบว่า ครูในระดับประถมศึกษาร้อยละ 60 ของครูที่ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ทำวิจัยชั้นเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดี การสอนตามทฤษฎีพหุปัญญา ระดับประถมศึกษา
รูปแบบการเสริมพลังการเรียนรู้สำหรับครู เครือข่ายวิจัยทางการศึกษาเขตภาคกลางตอนล่างกลุ่มที่ 3

Abstract

The present research was aimed to develop Learning Management Quality Emphasizing Knowledge and Morality through Multiple Intelligence for elementary school students. The research design in this study was Participation Action Research. The target group are teachers in 10 participating schools in the Educational Research Network in The Lower Central Region Group 3. The research was divided into 3 phases which are preparation phase, operation phase, and evaluation phase. The research data was collected by questionnaires, interviews, and the inspection of teaching plans and

classroom research. The results of implementation was reported and supervised by a principal investigator and local researchers. The results indicated that:

3. After attending this research project for 1 year, the most elementary teachers were able to prepare teaching plans base on Multiple Intelligence Theory for improve students learning.

4. After attending this research project for 1 year, sixty percent of the elementary teachers, who submitted teaching plans, undertook classroom research by utilizing the teaching plans in accordance with Multiple Intelligence Theory for improve students achievement.

Keywords: Learning Management Emphasizing Knowledge and Morality, Teaching Through Multiple Intelligence, Elementary Education, A Learning Empowerment Model for Teachers, Educational Research Network in The Lower Central Region Group 3

บทนำ

การศึกษาเป็นกระบวนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เป็นการถ่ายทอดวัฒนธรรม และเป็นการสร้างภูมิปัญญาให้แก่สังคม การศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศโดยตรง แต่จากผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษาต่างๆ ทั่วประเทศให้มีมาตรฐานใกล้เคียงกันและสะท้อนถึงคุณภาพของผู้เรียน โดยผลการประเมินในปีการศึกษา 2546 ของสำนักประเมินผล การจัดการศึกษา ซึ่งทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในทุกรายวิชาค่อนข้างต่ำ [1] จากผลการประเมินดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่สะท้อนสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยได้ในระดับ ที่ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องตระหนัก และการที่เราต้องเข้าสู่ระบบสากลเพื่อการแข่งขันกับนานาชาติ เราจึงต้องปฏิรูปการจัดการเรียนรู้อย่างเร่งด่วน ท่ามกลางกระแสวิทยาการ ค่านิยม และวิถีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของเยาวชนไทย

จากการดำเนินการประชุมสัมมนาเครือข่ายการวิจัยทางการศึกษาระดับภูมิภาค ภาคกลางตอนล่างกลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย ผู้แทนจากหน่วยงานที่จัดการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต่างให้ข้อมูลสอดคล้องกันในเรื่องคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของครูและคุณภาพในการบริหารจัดการสถานศึกษาซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาซึ่งต้องรับผิดชอบจัดการศึกษาทั้งในระดับก่อนประถมศึกษา ระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาพบว่า มีปัญหา มากกว่าสถานศึกษาอื่นๆ ที่จัดการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยกัน กล่าวคือ มีปัญหาในเรื่องของการขาดพลังการเรียนรู้ของครู ผู้บริหาร และบุคลากรทางการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของการจัดการศึกษา ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่แก้ไขปรับปรุง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 [2] ดังนั้นครูผู้สอนจึงต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงในวิถีชีวิตของผู้เรียน ในชุมชนและสังคม มุ่งสร้างบรรยากาศที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิต โดยใช้สื่อที่หลากหลายในลักษณะที่เหมาะสมกับความสามารถในการเรียนรู้และความสนใจของผู้เรียน คำนึงถึงการใช้สมองทุกส่วน โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม จึงจะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ เนื่องจากแต่ละบุคคลมีความสามารถหรือความเก่งที่แตกต่างกันและมีแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อการเสริมสร้างพัฒนาความสามารถของผู้เรียนแต่ละบุคคลแตกต่างกัน [3] แนวคิดที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนให้มีศักยภาพตามความแตกต่างของบุคคลนั้นสอดคล้องกับทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple

Intelligences) ของเฮาเวิร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) โดยการ์ดเนอร์กล่าวว่า ทุกคนมีปัญญาที่แตกต่างกัน [4]

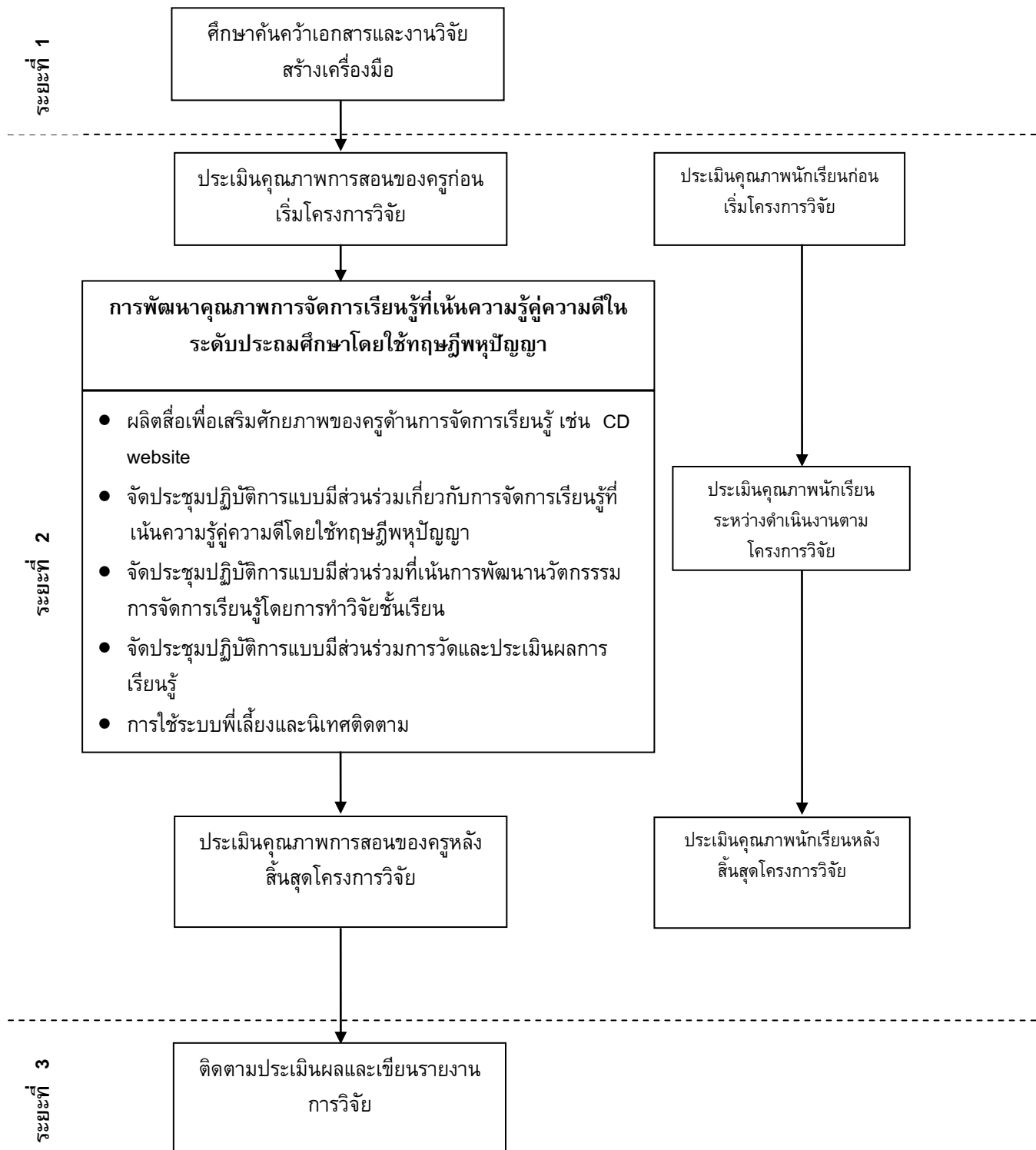
ด้วยเหตุที่ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้จัดโครงการการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาขึ้นเป็นเวลา 3 ปี เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพการศึกษาในเครือข่ายวิจัยภาคกลางตอนล่างกลุ่มที่ 3 โดยใช้รูปแบบการเสริมพลังการเรียนรู้สำหรับครูเป็นแนวทางการพัฒนา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษาของโรงเรียนขยายโอกาสในเขตภาคกลางตอนล่างกลุ่มที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1. เพื่อให้ครูในระดับประถมศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดี โดยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ภายใต้ทฤษฎีพหุปัญญา
2. เพื่อให้ครูระดับประถมศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดี โดยผ่านกระบวนการวิจัยชั้นเรียน

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญาพบว่า พหุปัญญานั้นสามารถพัฒนาศักยภาพผู้เรียนทั้งด้านสติปัญญา และพฤติกรรม ดังนั้นในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาสำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษานั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจพหุปัญญาด้านต่างๆ ของผู้เรียนและสำรวจความรู้ ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัด การนิเทศแบบกัลยาณมิตรและพัฒนาครูเพื่อให้ครูนำรูปแบบการจัด การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องตามความถนัดและความสนใจของผู้เรียน สอดแทรกการพัฒนาพหุปัญญาของเด็กในแต่ละด้านในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ซึ่งกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะเตรียมการ

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณภาพการศึกษาที่เน้นความรู้คู่ความดี และรูปแบบการเสริมพลังการเรียนรู้สำหรับครู รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพหุปัญญา

2. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน 2) แบบสำรวจความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน 3) หลักการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา

3. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. ประสานงานกับศึกษานิเทศก์ซึ่งถือเป็นนักวิจัยในระดับจังหวัดที่เป็นเครือข่ายวิจัยทางการศึกษามากลางตอนล่างกลุ่มที่ 3 โดยผ่านเขตพื้นที่การศึกษานครนายก เขตพื้นที่การศึกษาจะเชิงเทรา เขต 1 เขตพื้นที่การศึกษาสระแก้ว เขต 1 และเขตพื้นที่การศึกษาสมุทรปราการ เขต 1 และนายกเทศมนตรีปราจีนบุรี อย่างน้อยจังหวัดละ 1 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling)

5. ศึกษานิเทศก์สื่อสารและประสานงานให้ผู้บริหารโรงเรียนขยายโอกาสทราบและสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นจึงคัดเลือกโรงเรียนให้ได้จังหวัดละ 2 โรงเรียน จากโรงเรียนขยายโอกาสทั้งหมด 202 โรงเรียน ปรากฏว่ามีผู้บริหารของโรงเรียน 16 โรงเรียน แจ้งความจำนงเข้าร่วมโครงการซึ่งมีทั้งโรงเรียนขยายโอกาสสังกัดสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน

6. ประชุมทำความเข้าใจระหว่างนักวิจัยหลักและนักวิจัยในพื้นที่ วางแผนดำเนินงานตามหลัก PDCA ประเมินคุณภาพการสอนของครูที่อยู่ในโครงการและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนเกี่ยวกับความสามารถทางสติปัญญาด้านต่าง ๆ ซึ่งในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นมีครูระดับประถมศึกษาจำนวน 160 คน และนักเรียนระดับประถมศึกษาจำนวน 3,321 คน

7. สื่อสารทำความเข้าใจกับศึกษานิเทศก์ ผู้บริหารสถานศึกษา และผู้ประสานในระดับโรงเรียนเกี่ยวกับการดำเนินการตามโครงการวิจัย พร้อมทั้งส่งเอกสารแผนการดำเนินงานและจัดทำสื่อ เช่น CD เพื่อเสริมศักยภาพครู คู่มือการดำเนินงานโครงการวิจัยฯ จัดทำเว็บไซต์เครือข่าย

8. ประสานงานกับศึกษานิเทศก์ ผู้บริหารสถานศึกษาและผู้ประสานงานในระดับโรงเรียนในการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ระยะที่ 2 ดำเนินการและนิเทศติดตาม

1. เสริมสร้างพลังให้แก่ครู นิเทศติดตามผลและนำข้อมูลความต้องการจำเป็นที่ได้จากการนิเทศติดตามมาเป็นข้อมูลในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการปฏิบัติงานของครู

2. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 เพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดี เรื่อง “การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละระดับ”

3. ติดต่อสื่อสารระหว่างครูกับนักวิจัยในพื้นที่และนักวิจัยหลักผ่านทางโทรศัพท์และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์

4. นิเทศติดตามการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละระดับชั้นโดยให้คำปรึกษาด้วยระบบพี่เลี้ยงในภาพรวมและรายบุคคล

5. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 เรื่อง “การวิจัยในชั้นเรียน” นิเทศติดตามการเขียนแผนการจัดการ เรียนรู้และการทำวิจัยในชั้นเรียนในแต่ละระดับชั้นโดยให้คำปรึกษาด้วยระบบที่เลี้ยงในภาพรวมและรายบุคคล

6. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 3 เรื่อง “การวัดและประเมินผลการเรียนรู้”

ระยะที่ 3 ติดตามประเมินผลและเขียนรายงานการวิจัย

1. กำกับตรวจสอบและให้คำปรึกษาด้วยระบบที่เลี้ยงและนิเทศติดตามประเมินผล ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้รับ ผลิตโรงเรียนให้เหลือจังหวัดละ 2 โรงเรียน จึงมีโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงทั้งสิ้น 10 โรงเรียน

2. เขียนรายงานการวิจัย

ในขณะที่เตรียมการประสานงานเบื้องต้น เก็บข้อมูลเบื้องต้น ประชุมเชิงปฏิบัติการและนิเทศติดตามผลนั้น จะมีนิสิตระดับปริญญาโทและปริญญาเอกร่วมติดตาม/สังเกตการณ์เป็นผู้ช่วยนักวิจัยตลอดโครงการ

ผลการวิจัย

เมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นเวลา 1 ปี ผลการวิจัยพบว่า

1. ครูระดับประถมศึกษาส่วนใหญ่สามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน บนพื้นฐานของทฤษฎีพุทปัญญา

2. ครูในระดับประถมศึกษาร้อยละ 60 ของครูที่ส่งแผน การจัดการเรียนรู้ทำวิจัยชั้นเรียนโดยใช้แผนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพุทปัญญาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้จากการสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อ การประชุมเชิงปฏิบัติการ การประชุมกลุ่มเล็ก การอภิปราย การนิเทศติดตาม และการรายงานผล การปฏิบัติของครูในโรงเรียนเครือข่าย สรุปผลได้ในประเด็นต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

ก่อนการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพการสอนของครูที่อยู่ในโครงการโดย ให้ทำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันเกี่ยวกับความเข้าใจในทฤษฎีพุทปัญญา กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพุทปัญญา การวัดผลและประเมินผล และสำรวจพุทปัญญาของนักเรียน โดยให้ทำแบบสำรวจความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน สรุปผลดังนี้

ความคิดเห็นของครูผู้สอนระดับประถมศึกษาต่อการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน

ผลการประเมินโดยภาพรวมพบว่า ครูมีความเข้าใจต่อการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันในระดับปาน กลาง และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ครูที่เข้าร่วมโครงการมีความเข้าใจเกี่ยวกับพุทปัญญา กระบวนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพุทปัญญา และการวัดผลและประเมินผล ในระดับปานกลางเช่นกัน

พุทปัญญาของนักเรียน

นักเรียนมีความสามารถทางสติปัญญาด้านความเข้าใจธรรมชาติ ความเข้าใจตนเองและด้านมิติสัมพันธ์ อยู่ในระดับมาก ส่วนด้านดนตรี ตรรกะ-คณิตศาสตร์ ความเข้าใจผู้อื่น (มนุษย์สัมพันธ์) ร่างกายและการเคลื่อนไหว และภาษา นั้นนักเรียนมีความสามารถทางสติปัญญาอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า เพศที่ต่างกันส่งผล ต่อพุทปัญญาของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นความสามารถทางสติปัญญา ด้านตรรกะ-คณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนความสามารถทางสติปัญญาด้าน ความเข้าใจผู้อื่น (มนุษย์สัมพันธ์) นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนที่ 2 ผลการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

พบว่าครูที่เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 เรื่อง การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีที่เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละระดับ และครั้งที่ 2 เรื่องการวิจัยในชั้นเรียน อยู่ในระดับมาก ส่วนการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 3 เรื่องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น ครูมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการทั้งสามครั้งครูต่างมีความพึงพอใจต่อการบรรยาย การฝึกปฏิบัติและการจัดประชุมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายด้านทั้งสาระของการอบรมและการจัดประชุมพบว่า ครูผู้สอนระดับประถมศึกษาศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหัวข้อของการจัดประชุมปฏิบัติการเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการสอนของครูโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อการวิเคราะห์ข้อสอบ O-NET ซึ่งครูไม่เคยได้รับการฝึกอบรมมาก่อนและได้แสดงความเห็นเพิ่มเติมว่าเวลาที่ใช้ในการอบรมน้อยเกินไป

ส่วนที่ 3 ผลของการนิเทศติดตาม

ระยะที่ 1 ก่อนเริ่มโครงการวิจัย พบว่า

1. สภาพแวดล้อมและเด็ก: โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ห้องเรียนค่อนข้างโปร่งเนื่องจากจำนวนนักเรียนต่อห้องเรียนไม่มากนักผิดกับโรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่จำนวนนักเรียนต่อห้องเรียนค่อนข้างมาก แต่เด็กส่วนมากมีมารยาทดี ยิ้มแย้มแจ่มใส แต่ค่อนข้างขาดระเบียบวินัยในขณะเรียน

2. การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของครู: การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของครูส่วนใหญ่ยังไม่สอดคล้องกันระหว่างตัวชี้วัด กิจกรรมการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่หลากหลาย ไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเท่าที่ควร เนื่องจากครูไม่ทราบถึงเทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย แต่การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้จะมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ระยะที่ 2 การติดตามผลงานการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของครู จากการนิเทศติดตามการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาสำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษาและการทำวิจัยชั้นเรียนของครูเป็นรายบุคคล พบว่า

1. ผลเชิงบวก:

1.1 ครูที่เข้าร่วมโครงการในเกือบทุกโรงเรียนมีความกระตือรือร้นในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาและการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาพหุปัญญาของเด็กครบหน่วยการเรียนรู้ ครูมีการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้แบบฟอร์มหลักการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา (ดังแสดงท้ายบทความ) และทำการปรับปรุงตามประเด็นที่ขาดหายไป

1.2 ผลจากการที่ครูจัดการสอนตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาพบว่า เด็กนักเรียนชอบการจัดกิจกรรมของครู สนุกกับการเรียนและได้ฝึกการคิดมากขึ้น

2. ผลเชิงลบ: ครูบางส่วนไม่ได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาเนื่องจากภาระงานประจำค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในส่วนของเอกสารต่างๆ ผู้วิจัยจึงแนะนำให้หาแผนการจัดการเรียนรู้เดิมที่มีอยู่มาทำการปรับกิจกรรมเพื่อเน้นพหุปัญญาและสอดแทรกเรื่องความดีให้กับเด็ก โดยนำแบบฟอร์มหลักการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญามาทำการตรวจสอบการจัดกิจกรรม ถ้าพบว่ามีส่วนใดที่ขาดหายไปให้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนถัดไป จึงทำให้ครูมีกำลังใจที่จะจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญามากขึ้น

ระยะที่ 3 การติดตามการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการทำวิจัยชั้นเรียน

ด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า ครูมีความเข้าใจ มั่นใจและเห็นคุณค่าในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยยึดหลักการตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา ครูส่วนใหญ่ที่เข้าใจการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญาจะสามารถเขียนมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดได้ถูกต้อง อีกทั้งมีการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย กระตุ้นการคิด และในโรงเรียนแต่ละแห่งมีครูที่สามารถเป็นครูแกนนำด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา

ด้านการทำวิจัยชั้นเรียน พบว่า

1. ผลเชิงบวก: ครูส่วนใหญ่มีความภาคภูมิใจที่สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการอบรมเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Excel มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลเพื่อนำไปเขียนรายงานการวิจัยชั้นเรียนต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าครูส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจะเกิดความกระตือรือร้น มีกำลังใจและเห็นประโยชน์ของการพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้กระบวนการวิจัยชั้นเรียนเป็นฐาน

2. ผลเชิงลบ: ครูบางส่วนยังทำวิจัยชั้นเรียนโดยยึดปริญญานิพนธ์หรือวิทยานิพนธ์ที่ใช้แบบฝึกเป็นเครื่องมือในการพัฒนาเด็กและทำการศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลของเด็กเป็นหลัก ไม่ได้ทำวิจัยชั้นเรียนที่เกิดจากปัญหาในการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจริง นอกจากนี้ยังพบว่าครูยังมีความคลาดเคลื่อนในการนำค่าสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยครูส่วนใหญ่คิดว่าต้องใช้สถิติเชิงอนุมานเพื่อทำการทดสอบสมมติฐาน หลังจากการนิเทศติดตามและให้คำแนะนำจึงทำให้ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจและมีกำลังใจในการทำวิจัยชั้นเรียนเพิ่มขึ้นมองเห็นประโยชน์และคุณค่าของการพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้กระบวนการวิจัยชั้นเรียนเป็นฐาน

ส่วนที่ 4 ผลการดำเนินงานของครูในโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ของครู

จากการวิเคราะห์การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ของครูทั้ง 10 แห่ง สรุปได้ดังนี้

ครูส่วนมากจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยนำทฤษฎีพหุปัญญามาเป็นพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีครูบางส่วนนำแผนการจัดการเรียนรู้เดิมมาปรับปรุงโดยเน้นการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาที่หลากหลายตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา นอกจากนี้ยังพบว่า ครูบางส่วนทำการสอนมากกว่าหนึ่งระดับชั้นและมากกว่าหนึ่งสาระการเรียนรู้แต่สามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

ตอนที่ 2 ผลการจัดทำงานวิจัยชั้นเรียนของครู

จากการวิเคราะห์การจัดทำงานวิจัยชั้นเรียนของครูทั้ง 10 แห่ง สรุปได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาชื่องานวิจัยของครูพบว่า ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานทฤษฎีพหุปัญญา มีงานวิจัยบางเรื่องที่สอดแทรกกระบวนการคิด ทักษะชีวิต และคุณธรรมและจริยธรรม

โดยสรุป ผลการดำเนินงานของครูที่เข้าร่วมโครงการวิจัยพบว่า ครูส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจและสามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนบนพื้นฐานของทฤษฎีพหุปัญญา แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีครูถึงร้อยละ 60 ของครูที่ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ ทำวิจัยชั้นเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการวิจัย นอกจากนี้ยังพบว่า ครูส่วนน้อยยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเขียนชื่องานวิจัยชั้นเรียน และจากการนิเทศติดตามพบว่าครูในหลายโรงเรียนมีความต้องการที่จะพัฒนาทักษะด้าน การวิจัย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

เขตพื้นที่การศึกษาและสำนักงานการศึกษาซึ่งสังกัดการปกครองส่วนท้องถิ่นของแต่ละจังหวัดควร

1.1 มีนโยบาย แผนและมาตรการให้สถานศึกษามุ่งพัฒนานักเรียนแบบองค์รวม ทั้งด้านคุณธรรม ความรู้ อารมณ์ จิตใจและร่างกาย

1.2 มีระบบนิเทศภายนอกแบบกัลยาณมิตร โดยเน้นการมีส่วนร่วมของศึกษานิเทศก์ประจำโรงเรียน ผู้บริหารและครู

2. ข้อเสนอแนะสำหรับสถานศึกษา

2.1 สร้างระบบนิเทศภายในแบบกัลยาณมิตรที่หลากหลายรูปแบบ

2.2 จัดสรรภาระงานให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถและความถนัดของครูอย่างเท่าเทียมและสมดุล

2.3 สร้างระบบกำกับ ติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายต่างๆ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินงานของสถานศึกษาให้บรรลุเป้าหมาย

3. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรศึกษาความคิดเห็นและความต้องการของครู ผู้บริหาร ผู้ปกครองและนักเรียนในการพัฒนาการจัดการศึกษา

3.2 ควรเสริมพลังอำนาจให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความหลากหลายของนักเรียนที่มีพื้นฐานปัจจัยทางด้านครอบครัว ปัจจัยทางสังคมและปัจจัยด้านตัวผู้เรียน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้คู่ความดีโดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 และได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการเขตพื้นที่การศึกษาสระแก้ว เขต 1 ฉะเชิงเทรา เขต 1 สมุทรปราการ เขต 1 นครนายก เขต 1 และนายกเทศมนตรีปราจีนบุรี ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยลงพื้นที่และดำเนินการวิจัยกับผู้บริหารและครูของโรงเรียนขยายโอกาส นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากศึกษานิเทศก์ที่เป็นนักวิจัยในพื้นที่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2548). การติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา. ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาระดมความคิด*. กรุงเทพฯ: สำนักประเมินผลการจัดการศึกษา สำนักงานฯ.
- [2] กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องและพระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ.2545*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- [3] วิชัย วงษ์ใหญ่. (2543). *ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด สูตรสำเร็จหรือกระบวนการ*. นนทบุรี: เอสอาร์พรินติ้ง.
- [4] Gardner, Howard. (1999). *Intelligence Reframed: Multiple Intelligence for 21st Century*. New York: Basic Books.

หลักการตรวจแผนการสอนตามแนวทฤษฎีพหุปัญญา

รายการ	ใช่	ไม่ใช่
1. จัดกิจกรรมให้ได้อ่าน เขียน พูด หรือให้ฟังเรื่องราวต่างๆ ที่ผู้เรียนสนใจ		
2. ฝึกการใช้เหตุผล การแก้ปัญหา หรือการศึกษาด้วยโครงงานในเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ		
3. จัดกิจกรรมให้เรียนรู้ด้วยการได้เห็นภาพ การดู การรับรู้ทางตา		
4. กิจกรรมเน้นการเรียนรู้แบบบูรณาการ		
5. จัดกิจกรรมให้เด็กได้เรียนรู้จากสภาพแวดล้อมและสื่อที่หลากหลาย		
6. กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ ตามความสนใจ		
7. การจัดกิจกรรมกระตุ้นให้เด็กได้ใช้ความสามารถทุกๆ ด้านร่วมกันในการเรียนรู้สิ่งที่อยากเรียน		
8. ให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง ลงมือทำจริง ได้สัมผัส เคลื่อนไหว ใช้ประสาทสัมผัสในการเรียนรู้		
9. ให้ผู้เรียนร้องรำทำเพลง เคาะจังหวะร่วมกับเพื่อนหรือคุณครู		
10. มีการจัดมุมประสบการณ์สำหรับเด็กได้เลือกกิจกรรมตามที่ตนเองสนใจ		
11. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เข้ากลุ่ม ทำงานร่วมกัน		
12. จัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม		
13. มีการจัดศูนย์การเรียนรู้ตามพหุปัญญาของเด็ก		
14. สอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรม		
15. ใช้การประเมินตามสภาพจริงเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนควบคู่ไปกับการสอน		
รวมคะแนน		

วิธีตรวจ ถ้าตอบใช่ ได้ 1 คะแนน

ถ้าได้คะแนนรวม

ต่ำกว่า 10	คะแนน	แสดงว่า	ต้องปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้
11-12	คะแนน	แสดงว่า	แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพ พอใช้
13-14	คะแนน	แสดงว่า	แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพ ดี
15	คะแนน	แสดงว่า	แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพ ดีเยี่ยม

**SWU6-1057: เชิงเส้น หรือเชิงโค้ง: ความเครียดกับผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่ม
สาขาสังคมศาสตร์ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ**

**LINEAR OR CURVILINEAR: THE STRESS AND STATISTICS PERFORMANCE OF
BANGKOK UNIVERSITY OUTSTANDING STUDENTS IN SOCIAL-SCIENCE**

มาริส่า ต่อทีฆะ

Marisa Torteeka

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

Department of Statistics, Faculty of Science and Technology, Bangkok University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: marisa.t@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงรูปแบบของสมการที่สามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติธุรกิจในการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 53 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แบบวัดความเครียดในการเรียนวิชาสถิติ (STARS) รวม 6 องค์ประกอบคือ การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ การแปลความหมายทางสถิติ การเรียน-การสอบ การรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเอง ความกลัวในการขอความช่วยเหลือและความกลัวในตัวผู้สอน ของ Cruise และ Wilkins ที่ผ่านการแปลด้วยกระบวนการแปลย้อนกลับ และแบบวัดผลการเรียนวิชาสถิติจำนวน 4 ฉบับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงชั้น ทั้งนี้ผลจากการศึกษาพบว่า 1) ระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์จากการวัดครั้งแรกถึงครั้งสุดท้ายมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และองค์ประกอบการเรียน-การสอบและความกลัวในตัวผู้สอนมีการลดลงของระดับความเครียดภายในการวัดครั้งที่ต่อเนื่องกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ทุกคู่ โดยองค์ประกอบการเรียน-การสอบมีการลดลงของระดับความเครียดสูงกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ส่วนองค์ประกอบความกลัวในตัวผู้สอนมีการลดลงของระดับความเครียดต่ำกว่าองค์ประกอบอื่นๆ 2) ความสัมพันธ์แบบสมการกำลังสองในรูป Curvilinear (โค้งพาราโบลาคว่ำ) สามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ได้ดีกว่าความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นสอดคล้องกับทฤษฎีของ Yerkes-Dodson กล่าวคือ ผู้เรียนที่ถูกกระตุ้นทำให้เกิดความเครียดในระดับปานกลางอย่างเหมาะสมจะมีผลการเรียนสูง ส่วนผู้เรียนที่ถูกกระตุ้นทำให้เกิดความเครียดน้อยหรือมากเกินไปจะมีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ ระดับความยากของข้อสอบก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ระดับความเครียดและคะแนนสอบวิชาสถิติมีความสัมพันธ์กันในลักษณะ Curvilinear ชัดเจนขึ้น โดยข้อสอบยิ่งมีความยากมากเท่าใด รูปแบบความสัมพันธ์ก็ยิ่งเป็น Curvilinear ชัดเจนมากขึ้นเท่านั้น

คำสำคัญ: ความเครียด ผลการเรียนวิชาสถิติ โค้งพาราโบลาคว่ำ

Abstract

This study aims to examine the pattern of the relationship between the stress and statistics performance of the undergraduate students in social-science. The samples were 53 outstanding students in school of Business, Bangkok University, who enrolled in Business Statistics course during the second semester of the academic year 2010. The instruments were the STARS consisting of six scales: the worth of statistics, the anxiety regarding interpreting statistics, test and class anxiety, computational self concept, fear of asking for help and fear of the statistics teacher, developed by Cruise & Wilkins, translated by the back translation procedure, and the Statistics learning tests. The obtained data were analyzed by the multivariate repeated measure, the analysis of variance, the correlation analysis and the hierarchically nested regressions analysis. The findings were as follows. 1) Both the stress scores and statistics test performance decreased, as the term progressed. Scores on all six of the statistics anxiety scales decreased statistically significantly across the time. Specific contrasts within the test indicated that the test and class anxiety scores were higher than all other scales. The fear of the statistics teacher scale was lower than all other scales. 2) The finding is corresponding to Yerkes-Dodson Law, quadratic equation; curvilinear models were better explained the relationship between the stress scores and statistics test performance than linear. A mid-level; the optimal stress, is corresponding to the best statistics performance, the high and low stress, corresponding to the lower test scores. Besides, the stress exhibited the curvilinear relationship with test performance, as the exams became increasingly difficult.

Keywords: Stress, Statistics test performance, Curvilinear

บทนำ

สถิติเป็นหนึ่งในหลายวิชาที่เป็นปัญหาสำหรับนักศึกษาในกลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยมีรายงานการศึกษามากมายที่ยืนยันว่า นักศึกษาในกลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ชอบเรียนวิชาสถิติ เพราะคิดว่าเป็นวิชาที่ยาก เนื้อหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ [1] อีกทั้งการขาดทักษะด้านการคำนวณ ความเข้าใจผิด การมีทัศนคติเชิงลบ และการเกิดความเครียด ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาสถิติ [2] ทั้งนี้มีนักการศึกษาส่วนหนึ่งได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดต่อการเรียนวิชาสถิติกับผลการเรียนวิชาสถิติว่า มีรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นที่มี ทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ผู้ที่มีระดับความเครียดต่ำจะสามารถทำข้อสอบวิชาสถิติที่มีความยากมากได้ดีกว่าผู้ที่มีระดับความเครียดสูง [3] และผู้ที่มีระดับความเครียดสูงจะทำข้อสอบวิชาสถิติที่มีการกำหนดเวลาในการทำได้น้อยกว่าข้อสอบที่ไม่มีกำหนดเวลาในการทำ [4] แต่ในขณะเดียวกันก็มีผลการศึกษาก่อนหน้านี้ที่สนับสนุน ทฤษฎีของ Yerkes-Dodson [5] ที่กล่าวว่า การกระตุ้นเร้าในปริมาณที่เหมาะสมจะเป็นเสมือนแรงจูงใจให้เกิด ศักยภาพในการปฏิบัติงานที่ดีแก่ผู้ถูกกระตุ้นเร้า ในขณะที่การกระตุ้นเร้าที่กระทำน้อยเกินไปหรือมากเกินไปกลับ ส่งผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้ากระตุ้นเร้ามากเกินไปก็ทำให้ผู้ถูกกระตุ้นเร้าเกิดภาวะเบื่อหน่าย เฉื่อยชาใน การปฏิบัติงาน หรือถ้ากระตุ้นเร้ามากเกินไปก็ทำให้ผู้ถูกกระตุ้นเร้าเกิดภาวะกดดันต่อการปฏิบัติงาน ศักยภาพใน การปฏิบัติงานจึงลดลง โดยนักศึกษากลุ่มนี้รายงานว่า ความเครียดเปรียบเสมือนการกระตุ้นเร้าอย่างหนึ่ง ถ้า มีการกระตุ้นเร้าให้ผู้ถูกกระตุ้นเกิดความเครียดขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสมจะส่งผลให้ผู้ถูกกระตุ้นมีศักยภาพในการ ทำงานสูงสุด ส่วนการกระตุ้นเร้าที่ทำให้ผู้ถูกกระตุ้นเกิดความเครียดในระดับที่น้อยหรือมากเกินไปจะส่งผลให้ผู้ถูก

กระตุ้นมีศักยภาพในการทำงานต่ำลง ซึ่งแสดงว่า ความเครียดกับผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน การเรียน หรือแม้กระทั่งการแข่งขันของนักกีฬาต่างก็มีรูปแบบความสัมพันธ์เป็นโค้งพาราโบลาคว่ำ หรือ curvilinear ตามทฤษฎีของ Yerkes-Dodson ทั้งสิ้น [6] ทั้งนี้ทฤษฎีของ Yerkes-Dodson ยังระบุไว้ว่า งานแต่ละประเภทจะมีระดับที่เหมาะสมของการกระตุ้นเร้าแตกต่างกัน โดยงานที่ต้องอาศัยการฝึกทักษะ หรือใช้ความอดทนทางกายภาพเป็นหลักจะมีระดับของการกระตุ้นเร้าที่เหมาะสมสูง ในขณะที่งานที่ต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ และสมาธิ เช่น การเรียนวิชาคณิตศาสตร์จะมีระดับของการกระตุ้นเร้าที่เหมาะสมต่ำกว่างานประเภทแรก ดังนั้นถ้าให้การกระตุ้นเร้ากับงานประเภทนี้มากเกินไปจะเกิดผลเสียแก่ผู้เรียนโดยตรง [5] และด้วยเหตุที่ความเครียดก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้วิชาสถิติของนักศึกษา [2] ถ้าเปรียบเทียบความเครียดเป็นเหมือนการกระตุ้นเร้าอย่างหนึ่ง การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับผลการเรียนวิชาสถิติว่าระดับความเครียดในการเรียนวิชาสถิติตามแบบวัด STARS ทั้ง 6 องค์ประกอบและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพจะมีรูปแบบความสัมพันธ์เป็นแบบโค้งพาราโบลาคว่ำ หรือ curvilinear ตามทฤษฎีของ Yerkes-Dodson หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความเครียดในการเรียนวิชาสถิติจากการวัดด้วยแบบวัด STARS ทั้ง 6 องค์ประกอบ จำนวน 5 ครั้ง
2. เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรคือ นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติธุรกิจในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 53 คน

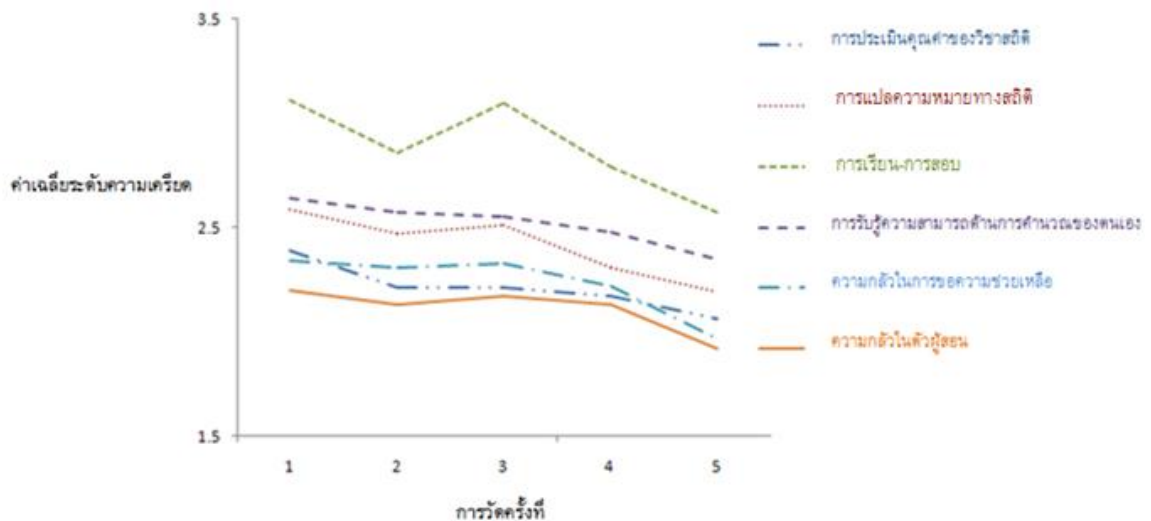
กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา เป็นนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ โครงการนักศึกษาดีเด่น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติธุรกิจในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 53 คน ที่ได้มาจากทุกหน่วยของประชากร

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบวัดที่แปลจากแบบวัด STARS ของ Cruise & Wilkins [7] ด้วยกระบวนการแปลย้อนกลับจำนวน 51 ข้อ โดยใช้การประมาณค่าคะแนนตามมาตรวัด 5 ระดับของ Likert จากเลข 1 ถึงเลข 5 ที่เป็นการวัดระดับความเครียดจากไม่มีความเครียดถึงมีความเครียดมากที่สุด และวัดระดับความคิดเห็นจากไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งถึงเห็นด้วยอย่างยิ่งของ 6 องค์ประกอบ ที่ประกอบด้วย การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติจำนวน 16 ข้อ การแปลความหมายทางสถิติจำนวน 11 ข้อ การเรียนและการสอบวิชาสถิติจำนวน 8 ข้อ (4) การรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเองจำนวน 7 ข้อ ความกลัวในการขอความช่วยเหลือจำนวน 4 ข้อ และความกลัวในตัวผู้สอนวิชาสถิติจำนวน 5 ข้อ ทั้งนี้ ผลการศึกษาความเชื่อถือได้ของการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเชื่อถือได้ของแบบวัด STARS ทั้ง 6 องค์ประกอบมีความเชื่อถือได้อยู่ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคอยู่ในช่วง 0.85-0.94 และสัมประสิทธิ์ความเชื่อถือได้ของการวัดซ้ำที่ละเอียด (Test-retest reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเป็นมาตรวัดความเชื่อถือได้นั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแต่ละองค์ประกอบอยู่ในช่วง 0.75-0.86 นอกจากนี้แบบวัดความเครียดดังกล่าวแล้ว ยังมีแบบทดสอบในการเรียนวิชาสถิติอีก 4 ฉบับ เพื่อวัดผลการเรียนด้านการคำนวณ การแปลความ การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจำนวน 4 ครั้ง โดยเมื่อเปิดภาคการศึกษานักศึกษาทุกคนจะทำแบบวัด

STARS ครั้งแรก และทำซ้ำอีกทุกครั้งที่มีการทดสอบวัดผลการเรียนซึ่งมีระยะเวลาห่างกันครั้งละ 2 สัปดาห์ รวมได้คะแนนวัดระดับความเครียด 5 ครั้ง และคะแนนการทดสอบวัดผลการเรียน 4 ครั้ง ที่มีคะแนนเต็มครั้งละ 100 คะแนนไปใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับความเครียดของทั้ง 6 องค์กรประกอบ และผลการเรียนนิวิชาสถิติแต่ละครั้ง ด้วยการวิเคราะห์การผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนนิวิชาสถิติด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงชั้น

ผลการวิจัย

1. จากการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำของระดับความเครียดที่วัดด้วยแบบวัด STARS ทั้ง 6 องค์กรประกอบจำนวน 5 ครั้งพบว่า โดยรวมแล้วค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ; $F(4, 49) = 14.83$, $p\text{-value} = 0.000$, $\text{partial } \eta^2 = 0.7$ โดยค่าเฉลี่ยของระดับความเครียดจากการวัดครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 มีค่าลดลงทั้ง 6 องค์กรประกอบ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยของระดับความเครียดทั้ง 6 องค์กรประกอบจากการวัดทั้งหมด 5 ครั้ง

นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับความเครียดดังกล่าวแจกแจงแบบปกติ แต่ขาดคุณสมบัติของ Sphericity ตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำ ดังนั้นในการศึกษาความแตกต่างของระดับความเครียดในการเรียนนิวิชาสถิติจากการวัดแต่ละครั้งของแต่ละองค์ประกอบ จึงศึกษาจากค่าปรับ Greenhouse-Geisser ของการทดสอบตัวแปรเดียวซึ่งพบว่า ระดับความเครียดในการเรียนนิวิชาสถิติจากการวัดแต่ละครั้งของแต่ละองค์ประกอบมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงในตารางที่ 1 และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความเครียดภายในการวัดครั้งที่ต่อเนื่องกันพบว่า การลดลงของระดับความเครียดขององค์ประกอบเกี่ยวกับการเรียน-การสอบมีค่าสูงกว่าองค์ประกอบอื่นๆ อีก 5 องค์กรประกอบ; $F_s(1, 52)$ อยู่ในช่วง (6.26, 48.36) และขององค์ประกอบความกล้าในตัวผู้สอนมีค่าน้อยกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ; $F_s(1, 52)$ อยู่ในช่วง (0.14, 6.08) ทั้งนี้ระดับความเครียดขององค์ประกอบเกี่ยวกับการเรียน-การสอบและองค์ประกอบความกล้าในตัวผู้สอนจากการวัดครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2, ครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 3, ครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 และครั้งที่ 4 กับครั้งที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกคู่; $p\text{-value} < 0.01$ และ $p\text{-value} < 0.05$ ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ อีก 4 องค์กรประกอบ พบความ

แตกต่างกันเฉพาะการวัดครั้งที่ 4 กับครั้งที่ 5 เพียงคู่เดียวเท่านั้น ทั้งนี้รายละเอียดของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเครียดทั้ง 6 องค์ประกอบและผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดแต่ละครั้งแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1: ผลการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำของคะแนนความวิตกกังวลในการเรียนวิชาสถิติจากการวัดแต่ละครั้งของแต่ละองค์ประกอบ

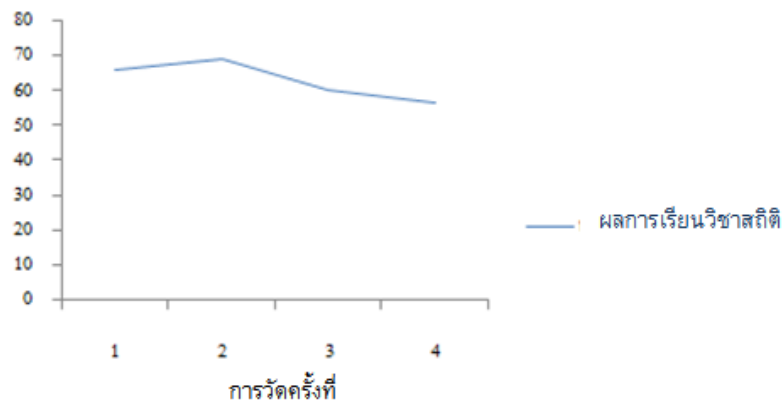
องค์ประกอบ	df		F	p-value	Partial η^2
	Between	Error			
1. การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ	1.82	52.67	3.91	0.03*	0.12
2. ความวิตกกังวลในการแปลความ	1.60	46.29	6.89	0.004**	0.19
3. ความวิตกกังวลในการเรียน-การสอบ	2.40	69.63	11.82	0.000**	0.29
4. การรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเอง	3.16	91.68	2.45	0.050*	0.08
5. ความกลัวในการขอความช่วยเหลือ	2.09	60.56	4.97	0.009**	0.15
6. ความกลัวในตัวผู้สอน	3.10	90.01	2.60	0.004*	0.08

*p-value<0.05, **p-value<0.001

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของระดับความเครียดทั้ง 6 องค์ประกอบและผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดแต่ละครั้ง

	การวัดครั้งที่				
	1	2	3	4	5
1. การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ	2.39 (0.56)	2.21 (0.56)	2.21 (0.60)	2.17 (0.73)	2.06 (0.78)
2. การแปลความหมายทางสถิติ	2.59 (0.50)	2.47 (0.54)	2.51 (0.59)	2.31 (0.71)	2.19 (0.70)
3. การเรียน-การสอบ	3.11 (0.61)	2.86 (0.75)	3.10 (0.76)	2.79 (0.90)	2.57 (0.82)
4. การรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเอง	2.64 (0.64)	2.57 (0.86)	2.55 (0.81)	2.48 (0.86)	2.35 (0.80)
5. ความกลัวในการขอความช่วยเหลือ	2.34 (0.65)	2.31 (0.70)	2.33 (0.64)	2.22 (0.73)	1.97 (0.68)
6. ความกลัวในตัวผู้สอน	2.20 (0.57)	2.13 (0.68)	2.17 (0.69)	2.13 (0.66)	1.92 (0.70)
ผลการเรียนวิชาสถิติ		66.00 (10.29)	69.27 (15.29)	60.4 (9.75)	56.37 (17.49)

2. จากการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำของผลการเรียนวิชาสถิติ 4 ครั้ง พบว่า ในภาพรวมแล้วค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดผลจำนวน 4 ครั้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดทั้งหมด 4 ครั้ง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรหลายตัวแบบวัดซ้ำของผลการเรียนวิชาสถิติจำนวน 4 ครั้ง และการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนภายในการวัดซ้ำครั้งที่ต่อเนื่องกันจำนวน 3 คู่

	df	F	p-value	Partial η^2	
	Between	Error			
Multivariate Test					
Wilk's Lambda	3	27	5.45	0.005**	0.38
Within-Subjects Effects Test					
Greenhouse-Geisser	2.54	73.67	8.39	0.000**	0.22
Within-Subjects Contrasts Test					
ผลการเรียนครั้งที่ 1 VS ครั้งที่ 2	1	29	2.25	0.145	0.07
ผลการเรียนครั้งที่ 2 VS ครั้งที่ 3	1	29	8.23	0.008**	0.22
ผลการเรียนครั้งที่ 3 VS ครั้งที่ 4	1	29	2.05	0.162	0.07

3. จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดในแต่ละองค์ประกอบและผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดผลจำนวน 4 ครั้ง พบว่า ระดับความเครียดของทุกองค์ประกอบจากการวัดผลครั้งที่ 1 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับผลการเรียนวิชาสถิติ โดยที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดกับผลการเรียนของทั้ง 6 ประกอบมีค่าอยู่ในช่วง -0.045 ถึง 0.025 การวัดผลครั้งที่ 2 พบว่า มีเพียงระดับความเครียดขององค์ประกอบเกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเองเพียงองค์ประกอบเดียวที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับผลการเรียน ($r = -0.427$, $p\text{-value} = 0.019$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวัดผลครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่อาศัยทักษะด้านการคำนวณ จึงทำให้การรับรู้ขององค์ประกอบเกี่ยวกับความสามารถด้านการคำนวณของตนเองมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ การวัดผลครั้งที่ 3 พบว่า ระดับความเครียดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางตรงกันข้ามกับผลการเรียนถึง 5 องค์ประกอบ ยกเว้นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับความกลัวในตัวผู้สอนเพียง 1 องค์ประกอบ ($-0.43 < r < -0.27$, $p\text{-value} < 0.05$) และท้ายสุดในการวัดผลครั้งสุดท้ายพบว่า ระดับความเครียดของทั้ง 6 องค์ประกอบและผลการเรียนวิชาสถิติมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน ในระดับปานกลางและมีทิศทางตรงกันข้าม ($-0.37 < r < -0.49$, $p\text{-value} < 0.05$) จากผลของความสัมพันธ์ดังกล่าว เมื่อนำมาพิจารณาประกอบ

กับการที่ระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษาจากการวัดครั้งแรกถึงครั้งสุดท้ายต่างก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทำให้เข้าใจได้ว่า ระดับความเครียดกับผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษาน่าจะมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นตามระยะเวลา

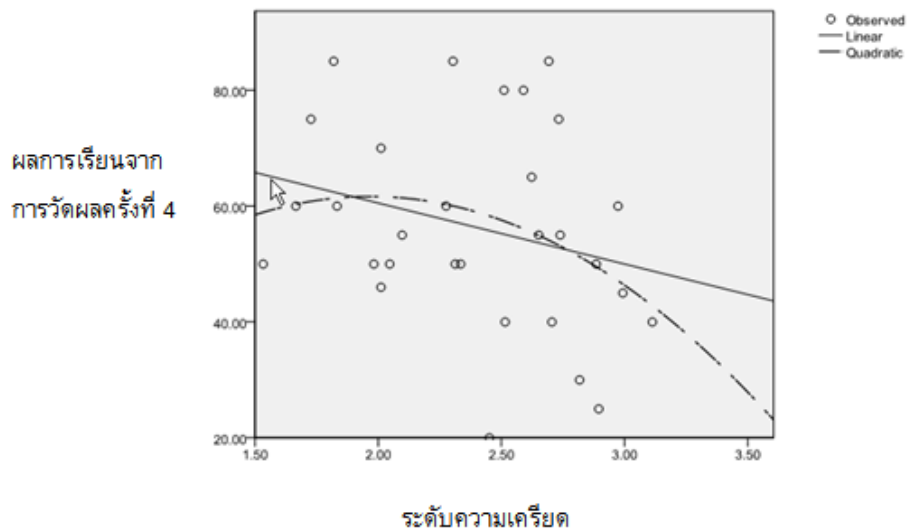
4. จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงชั้น เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดกับผลการเรียนวิชาสถิติพบว่า ในการทดสอบวัดผลการเรียน 2 ครั้งแรก ระดับความเครียดของทั้ง 6 องค์ประกอบไม่มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนแต่อย่างใด แต่เมื่อเวลาผ่านไปทำการทดสอบวัดผลครั้งที่ 3 พบว่า ระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในรูปแบบเชิงเส้น; $F(1, 28) = 3.74$, $p\text{-value} = 0.01$, $r^2 = 0.18$ และรูปแบบสมการกำลังสอง; $F(2, 27) = 4.09$, $p\text{-value} = 0.003$, $r^2 = 0.23$ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) จะเห็นว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการกำลังสองสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของผลการเรียนวิชาสถิติได้ดีกว่าความสัมพันธ์รูปแบบเชิงเส้น และในการทดสอบวัดผลการเรียนครั้งที่ 4 ซึ่งเป็นครั้งสุดท้ายของการศึกษาก็มีผลในลักษณะเดียวกับครั้งที่ 3 คือ ความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติในรูปแบบสมการกำลังสอง; $F(2, 27) = 5.88$, $p\text{-value} = 0.005$, $r^2 = 0.16$ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของผลการเรียนวิชาสถิติได้ดีกว่าความสัมพันธ์รูปแบบเชิงเส้น; $F(1, 28) = 4.43$, $p\text{-value} = 0.04$, $r^2 = 0.09$ และนอกจากนี้เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนจากแต่ละองค์ประกอบยังพบว่า ที่การทดสอบวัดผลการเรียนครั้งที่ 4 นี้ ระดับความเครียดขององค์ประกอบเกี่ยวกับการประเมินคุณค่าของวิชาสถิติและองค์ประกอบเกี่ยวกับการแปลความหมายทางสถิติสามารถอธิบายผลการเรียนวิชาสถิติในรูปแบบสมการกำลังสองได้ดีกว่าสมการเชิงเส้นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดผลการเรียนครั้งที่ 4 ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงชั้น

องค์ประกอบ	รูปแบบความสัมพันธ์	df		F	p-value	r^2
		Between	Error			
1. การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ	สมการเชิงเส้น	1	28	8.73	0.006**	0.20
	สมการกำลังสอง	2	27	4.21	0.026*	0.25
2. การแปลความหมายทางสถิติ	สมการเชิงเส้น	1	28	7.04	0.004**	0.11
	สมการกำลังสอง	2	27	3.92	0.014*	0.18

*p-value<0.05, **p-value<0.001

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะกล่าวว่า ระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติน่าจะมีรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นสมการกำลังสองมากกว่าสมการเชิงเส้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสมการกำลังสองที่มีรูปแบบความสัมพันธ์แบบ Curvilinear (โค้งพาราโบลาคว่ำ) ที่แสดงว่า การมีความเครียดในระดับกลางจะทำให้เกิดผลการเรียนระดับสูง ส่วนการมีความเครียดในระดับที่น้อยหรือมากเกินไปจะทำให้ผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและเส้นโค้งระหว่างระดับความเครียด
และผลการเรียนวิชาสถิติจากการทดสอบวัดผลครั้งที่ 4

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความเครียดในการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษาในกลุ่มสาขา สังคมศาสตร์ที่วัดด้วยแบบวัด STARS จำนวน 5 ครั้ง พบว่า ระดับความเครียดของทั้ง 6 องค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ การประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ การแปลความหมายทางสถิติ การเรียน-การสอบ การรับรู้ความสามารถด้านการคำนวณของตนเอง ความกลัวในการขอความช่วยเหลือ และความกลัวในตัวผู้สอน ของการวัด 5 ครั้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า เมื่อนักศึกษามีประสบการณ์ในการเรียนวิชาสถิติมากขึ้น ทำให้นักศึกษามีการรับรู้ในการประเมินคุณค่าของวิชาสถิติตลอดจนความสามารถในการเรียนวิชาสถิติของตนเองมากขึ้น เป็นผลให้ระดับความเครียดต่อวิชาสถิติของนักศึกษาลดลงทุกองค์ประกอบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zanakis และ Valenzi [8] ที่รายงานไว้ว่า นักศึกษาที่เคยผ่านการเรียนวิชาสถิติมาแล้ว 1 คอร์ส จะมีระดับความเครียดในการเรียนวิชาสถิติโดยเฉพาะองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการเรียน-การสอบ และการขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นน้อยกว่านักศึกษาที่เริ่มเรียนวิชาสถิติครั้งแรก และสำหรับผลการศึกษาที่พบว่า องค์ประกอบการเรียน-การสอบมีการลดลงของระดับความเครียดภายในการวัดครั้งที่ต่อเนื่องกันสูงกว่าองค์ประกอบอื่นๆ เมื่อนำมาพิจารณาประกอบกับผลการศึกษาของ รังรอง งามศิริ [9] ที่กล่าวว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเครียดในการสอบอย่างมีนัยสำคัญ คือ ความคิดทางลบและการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการเรียนคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นว่า การลดลงของระดับความเครียดขององค์ประกอบการเรียนรู้ในการประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ และการรับรู้ในความสามารถด้านการคำนวณของตนเองของนักศึกษาน่าจะมีผลเสริมให้ระดับความเครียดขององค์ประกอบการเรียน-การสอบลดลงอย่างมาก ทั้งนี้ สำหรับผลการศึกษาที่พบว่า ระดับความเครียดขององค์ประกอบที่เกี่ยวกับการเรียน-การสอบและองค์ประกอบความกลัวในตัวผู้สอนจากการวัดครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2, ครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 3, ครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 4 และครั้งที่ 4 กับครั้งที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกคู่ แสดงให้เห็นว่า ผู้สอนและการเรียน-การสอบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่ม-ลดระดับความเครียดของนักศึกษาในกลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ที่เรียนวิชาสถิติอันเป็นวิชาที่มีความเชื่อมโยงกับวิชาคำนวณเป็นลำดับต้นๆ สอดคล้องกับผลการศึกษาของเพ็ญสุตา จันทร [10] และ นันทินี ศุภมวงค [11] ที่กล่าวว่า การเรียนตลอดจนการทดสอบคณิตศาสตร์เป็นสาเหตุของความเครียดในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผู้สอนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เจ้าระเบียบและเข้มงวดทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกกลัว จน

นำไปสู่ความเครียดและโรคกลัวคณิตศาสตร์ในที่สุด และนักศึกษากลุ่มสาขาสังคมศาสตร์เป็นผู้ที่มีความเครียดเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์มากกว่านักศึกษากลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ และมีการรับรู้เกี่ยวกับการประเมินคุณค่าของวิชาสถิติในระดับต่ำ ตามลำดับ

2. ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลการเรียนวิชาสถิติจากการวัดผลจำนวน 4 ครั้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เข้าใจได้ว่า เนื้อหาในการเรียนการสอนแต่ละสัปดาห์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เป็นเหตุให้ข้อสอบมีระดับความยากมากขึ้น นักศึกษาจึงทำคะแนนได้น้อยลง

3. ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยการวัดผลการเรียนจำนวน 4 ครั้ง พบว่า ผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานที่คาดไว้ โดยในการวัดผล 2 ครั้งสุดท้าย แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์แบบสมการกำลังสอง ในรูป Curvilinear สามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ของระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติได้ดีกว่าความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น นั่นคือระดับความเครียดที่เหมาะสมและก่อให้เกิดผลการเรียนวิชาสถิติสูงสุด คือ ความเครียดระดับกลาง ส่วนระดับความเครียดที่น้อยหรือมากเกินไปจะนำไปสู่ผลการเรียนวิชาสถิติในระดับต่ำ ดังจะเห็นได้ชัดเจนจากการวัดผลครั้งที่ 4 ที่พบว่า ระดับความเครียดขององค์ประกอบที่เกี่ยวกับการประเมินคุณค่าของวิชาสถิติ และองค์ประกอบเกี่ยวกับการแปลความหมายทางสถิติ ต่างก็มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนวิชาสถิติแบบสมการกำลังสองในรูป Curvilinear

4. เมื่อนำผลจากข้อ 2 ที่พบว่า การวัดผลครั้งที่ 4 ที่เป็นการวัดผลครั้งสุดท้าย ข้อสอบมีระดับความยากมากขึ้น นักศึกษาจึงทำคะแนนได้น้อยลง และผลจากข้อ 3 ที่พบว่า สมการกำลังสองในรูป Curvilinear สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติได้ดีกว่าสมการเชิงเส้น มาพิจารณาประกอบกัน แสดงให้เห็นว่า ระดับความเครียดจะมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนวิชาสถิติในลักษณะ Curvilinear ได้ชัดเจนที่สุด ก็ต่อเมื่อข้อสอบที่ใช้ในการวัดผลมีระดับความยากเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้สนับสนุนผลการศึกษาของ Onwuegbuzie & Seaman [4] ที่พบว่า ผู้ที่มีระดับความเครียดต่ำจะสามารถทำข้อสอบวิชาสถิติที่มีระดับความยากมากได้ดีกว่าผู้ที่มีระดับความเครียดสูง

ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะบางประการ ดังนี้

1. เนื่องจากผลของการศึกษาประการแรกพบว่า แต่ละช่วงของเวลาที่ผ่านไปทำให้ระดับความเครียดของนักศึกษาลดลง จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับแผนการศึกษาในอนาคตที่จะทำการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองว่า การเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับความเครียดในการเรียนวิชาสถิติของนักศึกษามีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยเกื้อหนุนในการเรียนการสอน เช่น ตัวผู้สอน วิธีการเรียนการสอน ประสบการณ์ตลอดจนความสนใจของนักศึกษา ฯลฯ หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนวิชาสถิติ ผู้สอนควรใช้เทคนิคในการสอนหลากหลายรูปแบบ และมีอารมณ์ขันสอดแทรกบ้าง เพื่อเป็นการลดระดับความเครียดของนักศึกษาให้น้อยลง

2. เนื่องจากผลของการศึกษาประการที่สองที่พบว่า ถ้าข้อสอบที่ใช้ในการวัดผลมีระดับความยากเพิ่มขึ้น จะทำให้ระดับความเครียดมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนวิชาสถิติในลักษณะ Curvilinear ชัดเจนมากขึ้นนั้น เป็นผลที่ได้จากการศึกษาที่ไม่มีการควบคุมปัจจัยภายนอกเกี่ยวกับระดับความยาก-ง่ายของข้อสอบ โดยข้อสอบทั้ง 4 ฉบับที่นำมาใช้ในการทดสอบวัดผลการเรียนในครั้งนี้ได้ถูกจัดลำดับตามลำดับการเรียนการสอนและความซับซ้อนของเนื้อหาจากน้อยไปมาก ภายใต้ข้อจำกัดว่าข้อสอบฉบับแรกคือ ข้อสอบที่ง่ายที่สุดที่มีความซับซ้อนของเนื้อหาที่น้อยที่สุด และข้อสอบฉบับสุดท้าย คือข้อสอบที่ยากที่สุดที่มีความซับซ้อนของเนื้อหามากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจว่า ในการศึกษาครั้งต่อไปถ้าจัดให้มีการควบคุมปัจจัยภายนอกด้วยการนำข้อสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ความยาก-ง่าย ตามหลักการมาใช้วัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ผลที่ได้จะยังคงเดิมหรือไม่ หรือระดับความยาก-ง่ายของข้อสอบจะมีผลต่อรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดและผลการเรียนวิชาสถิติหรือไม่

3. ด้วยผลของการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ระดับความเครียดที่เกิดขึ้นในการเรียนวิชาสถิตินั้น ไม่ใช่สิ่งไม่ดีที่สมควรต้องถูกกำจัดให้หมดสิ้นไปแต่อย่างใด แต่กลับเป็นเสมือนความท้าทายที่ทั้งผู้สอนและผู้เรียน จำเป็นต้องเข้าใจ และค้นหาระดับที่เหมาะสมกับตนเองในอันที่จะเปลี่ยนความเครียดเหล่านั้นให้กลับเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดต่อไปให้ได้ เพราะความเครียดทั้งที่มีมากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะไม่เป็นผลดีต่อการเรียนวิชาสถิติทั้งสิ้น ดังนั้นจึงมีประเด็นน่าสนใจสำหรับการศึกษาต่อไป คือ การศึกษาถึงผลกระทบของการจัดสภาพการเรียนการสอนวิชาสถิติในระดับอุดมศึกษาที่มีต่อความเครียดของนักศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Berk, R.A.; & Nanda, J.P. (1998). Effects of Jocular Instructional Methods on Attitude, Anxiety, and Achievement in Statistics Courses. *International Journal of Humor Research*. 11: 383-409.
- [2] Gal, I.; & Ginsburg, L. (1994). The Role of Beliefs and Attitudes in Learning Statistics: Towards an Assessment Framework. *Journal of Statistics Education*. 2: 1-54.
- [3] Onwuegbuzie, A.J.; & Seaman, M. (1995). The Effect of Time Constraints and Statistics Test Anxiety on Test Performance in a Statistics Course. *Journal of Experimental Education*. 63(2): 115-124.
- [4] Zeidner, M. (1991). Statistics and Mathematics Anxiety in Social Science Students: Some Interesting Parallels. *British Journal of Educational Psychology*. 61(3): 319-328.
- [5] Yerkes, R.; & Dodson, J. (1908). *The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-formation*. Retrieved October 20, 2010, from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cne.920180503/Abstract>.
- [6] Sarid, O.; et al. (2004). *Academic Stress, Immunological Reaction, and Academic Performance among Students of Nursing and Physiotherapy*. Retrieved October 2, 2010, from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cne.920180503/pdf>
- [7] Cruise, R.; & Wilkins, E. (1980). *STARS: Statistical Anxiety Rating Scale*. Michigan: Andrews University.
- [8] Zanakis, S.H., & Valenzi, E.R. (1997). Student Anxiety and Attitudes in Business Statistics. Retrieved October 15, 2009, from <http://heldref-publications.metapress/citation>
- [9] รังรอง งามศิริ. (2540). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีผลต่อความวิตกกังวลในการสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] เพ็ญสุตา จันทร. (2541). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบเรียนและความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [11] นันทินี ศุภมงคล. (2547). ความวิตกกังวล การสนับสนุนทางสังคม และกลวิธีเผชิญปัญหาของนิสิตนักศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**SWU6-1060: การประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต**
**AN EVALUATION OF PURCHASING A PORTABLE COMPUTER FOR STUDENTS,
SUAN DUSIT RAJABHAT UNIVERSITY**

สุภาวดี บาลี
Supavadee Balee

สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University, Thailand.
Corresponding author, E-Mail: kwangmoo40@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์พกพาสำหรับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต โดยใช้รูปแบบการประเมินแบบซิปป์ปรับปรุงใหม่ปี ค.ศ. 2003 ของสตัฟเฟิลบีเอ็ม [1] กลุ่มตัวอย่างในการทำการศึกษาคั้งนี้คือ ผู้บริหารโครงการและเจ้าหน้าที่ในโครงการจำนวน 18 คน นักศึกษาที่ได้รับคอมพิวเตอร์พกพาจากโครงการจำนวน 402 คน และผู้ปกครองจำนวน 402 คน เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสัมภาษณ์ผู้บริหาร แบบสอบถามความคิดเห็น แบบวัดเจตคติ แบบประเมินพฤติกรรมของนักศึกษา และแบบวัดความพึงพอใจของผู้ปกครอง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิจัยพบว่า

1. การศึกษาริบทพบว่า โครงการมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดหาคอมพิวเตอร์ให้นักศึกษาสามารถใช้งานได้ อย่างเพียงพอ เพื่อเป็นอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนการสอนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของสังคมในยุคปัจจุบันเนื่องจากในปัจจุบันคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและในด้านการศึกษาเป็นอย่างมาก และสอดคล้องกับหลักนโยบายการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยตามปรัชญา “เทคโนโลยีก้าวไกล อยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้อาณาเขตเดียวกัน”

2. การประเมินปัจจัยนำเข้า เกี่ยวกับระบบเครือข่ายไร้สาย ศูนย์รับบริการหลังการใช้งาน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสื่อการเรียนรู้ มีความพร้อมและความเหมาะสมอยู่ในระดับมากซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

3. การประเมินด้านกระบวนการดำเนินงาน เกี่ยวกับกระบวนการ ขั้นตอนในการแจกและเกณฑ์การแจกพบว่ากระบวนการดำเนินงานมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

4. การประเมินด้านผลกระทบพบว่า นักศึกษามีเจตคติต่อคอมพิวเตอร์พกพาและเทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมากทั้ง 2 กลุ่ม เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้และผู้ปกครองมีความพึงพอใจต่อโครงการ

5. การประเมินด้านประสิทธิผลพบว่า นักศึกษามีพฤติกรรมการใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศประเภท อินเทอร์เน็ตมากที่สุด รองลงมาคือ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) และฐานข้อมูลออนไลน์ ซึ่งนักศึกษามีวัตถุประสงค์การใช้งานคอมพิวเตอร์พกพาเพื่อติดต่อสื่อสารมากที่สุด รองลงมาคือ เพื่อทำรายงาน ทำการบ้าน และเพื่อความบันเทิง

6. การประเมินด้านความยั่งยืนพบว่า นโยบายและแผนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศสอดคล้องกับการดำเนินโครงการ

7. การประเมินด้านความสามารถในการขยายผลพบว่า จุดเด่นของโครงการที่เป็นความสำเร็จและเป็นแบบอย่างที่ดีคือ มหาวิทยาลัยสามารถนำเทคโนโลยีซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีประโยชน์ ให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานด้านต่างๆ ทั้งการเรียนและในชีวิตประจำวันได้ นักศึกษาทุกคนมีโอกาสในการใช้คอมพิวเตอร์พกพาและเทคโนโลยีสารสนเทศที่มหาวิทยาลัยจัดทำขึ้นอย่างเท่าเทียมกัน ผู้บริหารกล้าคิด กล้าทำและให้การสนับสนุนในสิ่งที่ยังไม่เคยมีใครทำ สามารถบริหารจัดการเทคโนโลยีแบบใหม่ ซึ่งจะทำให้สามารถต่อยอดไปยังโครงการอื่นๆ ได้ และโครงการมีส่วนทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองนอกชั้นเรียนมากขึ้นและเพิ่มทักษะด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อการแข่งขันเมื่อนักศึกษาเข้าสู่ตลาดแรงงาน

คำสำคัญ: การประเมิน การประเมินโครงการ โครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนดุสิต

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the purchasing a portable computer for student of Suan Dusit University's Project by 2003 new modified CIPP model of Stufflebeam. Research sample group were include 18 project administrators and officers 402 students (portable computer received) and 402 parents. The evaluation forms were Administrator interview, opinion questionnaires, attitude test, student's behavior evaluation form and Parent's satisfaction. Frequency, percentage, average and standard deviation were used as a statistical tool for data analysis.

The results showed that;

1. Context study: This project's objective was sufficiently provide a portable computer for student to be support learning tools and self learning that consistent to societies context. Because in present day, computer and information technology is necessary for everyday life and education. And this project's objective was consistent to Suan Dusit University Philosophy "Technological advance, Anywhere learning under the same standard".

2. Input evaluation: a wireless system, service center and e-learning were appropriate at high level basis the set criteria of the study.

3. Process evaluation: process and criteria of portable computer's giving were appropriate at high level basis the set criteria of the study.

4. Impact evaluation: was found that student had an attitude of portable computer and information technologies at high level basis the set criteria of the study and the parent were satisfied about project.

5. Effectiveness evaluation: was found that the most student information media used behavior was internet, e-book and online database respectively. And the most objective of portable computer's usability was communicate, doing report and homework and for entertainment respectively.

6. Sustainability evaluation: was found that the university's policy and strategy plan in the field of information technology development was consistent with the project.

7. Transportability evaluation: was found that the distinctive point of this project that be success and good model was the university can provide information technologies for student using in education and everyday life. All student had opportunities to use portable computer and technology equally. The administrator support this project that nobody was done before, and can manage and transfer to other project And this project get the student had self learning out of classroom, increase computer skill that will be advantage point when they going to work after graduating.

Keywords: Evaluation Program Evaluation, The purchase of a portable computer, Computer, Suan Dusit Rajabhat University

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตในสังคมเป็นอย่างมาก คอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่จำเป็นในด้านต่าง ๆ ทั้งในเชิงธุรกิจ การบริหารจัดการทั้งภาครัฐและเอกชน ด้านความบันเทิง และด้านการศึกษา ตลอดจนเป็นแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่สำคัญ ในด้านการศึกษาคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ในการจัดการศึกษา ช่วยพัฒนาการเรียนการสอนและพัฒนาการเรียนรู้อุทิศในสถานศึกษา เป็นสื่อการเรียนการสอน หรือเป็นสื่อที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ดังนั้นการที่จะให้นักศึกษาได้เข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์จึงจำเป็นจะต้องมีสื่อหรือเครื่องมืออุปกรณ์อย่างเพียงพอและทั่วถึง

สถาบันอุดมศึกษาจะต้องพยายามพัฒนาให้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมองค์กร โดยพัฒนาสิ่งแวดล้อมให้นิสิต นักศึกษา อาจารย์และนักวิชาการ สามารถใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เช่น การติดต่อสื่อสาร การจัดทำบทเรียน การสืบค้นข้อมูล ฯลฯ เพราะสภาพการเรียนการสอนในปัจจุบันไม่ได้จำกัดอยู่ที่ตำราเล่มใดเล่มหนึ่ง แต่เป็นการเรียนรู้แบบแสวงหาค้นหาและสามารถเรียกหาแหล่งความรู้ได้ทั่วโลก ดังนั้นสถาบันอุดมศึกษาจะต้องนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ให้แก่นิสิต นักศึกษา เพื่อพวกเขาเหล่านั้นจะได้นำความรู้ ความคิดและประสบการณ์ไปปรับปรุงวิถีชีวิตและการทำงาน เพื่อสร้างคุณค่าและสร้างประโยชน์ให้กับสังคมและประเทศชาติ ซึ่งแนวโน้มของตลาดแรงงานในอนาคตก็ให้ความสำคัญต่อคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ในปัจจุบันการเรียนรู้ในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะห้องเรียนและครู การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมจะลดน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนเปลี่ยนไป เกิดเป็นกระบวนการเรียนรู้แบบใหม่ จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายจะต้องช่วยกันพัฒนาองค์ความรู้ใหม่จากองค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทต่อการศึกษามาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และการสื่อสารโทรคมนาคมมีบทบาทที่สำคัญต่อการพัฒนาการศึกษา ดังนี้ [1]

1) เทคโนโลยีสารสนเทศมีส่วนช่วยเรื่องการเรียนรู้ ปัจจุบันมีเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้หลายด้าน มีระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ระบบสนับสนุนการรับรู้ข่าวสาร เช่น การค้นหาข้อมูลข่าวสารเพื่อการเรียนรู้ใน World Wide Web เป็นต้น

2) เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสนับสนุนการจัดการศึกษา โดยเฉพาะการจัดการศึกษาสมัยใหม่ จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลข่าวสารเพื่อการวางแผน การดำเนินการ การติดตามและประเมินผลซึ่งอาศัยคอมพิวเตอร์และระบบสื่อสารโทรคมนาคมเข้ามามีบทบาทที่สำคัญ

3) เทคโนโลยีสารสนเทศกับการสื่อสารระหว่างบุคคล ในเกือบทุกวงการทั้งทางด้านการศึกษาจำเป็นต้องอาศัยสื่อสัมพันธ์ระหว่างตัวบุคคล เช่น การสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนโดยใช้ องค์ประกอบที่สำคัญช่วย

สนับสนุนให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เช่น การใช้โทรศัพท์ โทรสาร ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เทเลคอมเฟอเรนซ์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนา มหาวิทยาลัยให้ก้าวสู่ “มหาวิทยาลัยชั้นนำในภูมิภาคเอเชีย” ด้วยปรัชญาที่ว่า “เทคโนโลยีก้าวไกล อยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน” ทำให้มีการลงทุนทางด้านโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัย การมีห้องสมุดเสมือน (Virtual Library) แห่งแรกของประเทศไทย การมีนวัตกรรมการใช้ตัว e-ASM ในการตรวจสอบการลงทะเบียนของนักศึกษา และการมีระบบ Wireless LAN ที่ติดตั้งรอบมหาวิทยาลัย กลายเป็น Wireless Campus แห่งแรกของประเทศไทย และมีการจัดการเรียนการสอนทางไกลผ่านดาวเทียม (Video Conference) มหาวิทยาลัยยังไม่ได้หยุดในเรื่องของการพัฒนา ทางด้าน ICT เพียงเท่านั้น มีหลายโครงการที่น่าสนใจและจุดประกายที่สำคัญในการที่จะนำเทคโนโลยีมาช่วยทำให้การเรียนการสอนมีคุณภาพ ประสิทธิภาพและไม่น่าเบื่อ เช่น การมีบทเรียนออนไลน์หรือระบบ e-Learning ซึ่งได้ทำการพัฒนาศึกษาวิจัยมากมายถึงคุณประโยชน์ที่มีเป็นการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีการออกแบบทางสถาปัตยกรรมและรูปแบบการเรียนรู้เฉพาะของระบบ e-Learning สามารถรองรับการเข้าเรียนที่ไหนก็ได้ เวลาใดก็ได้ ตามอัธยาศัยโดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองหรือเรียนเป็นกลุ่ม ด้วยเครื่องมือต่างๆ เช่น Student Tools, การทำข้อสอบหรือแบบฝึกหัดด้วยตนเอง การ Download ข้อมูลต่างๆ จากระบบทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหา ทำกิจกรรมต่างๆ ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ องค์กรประกอบต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำนวนครั้งที่ผู้เรียนเข้าเรียนออนไลน์จะมีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยและก่อให้เกิดประสบการณ์การเรียนด้วยตนเองที่ดี และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนแบบออนไลน์ จึงทำให้หลายมหาวิทยาลัยได้พยายาม พลักดันให้มหาวิทยาลัยได้ใช้ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มากยิ่งขึ้น

จากนโยบายของรัฐบาลดังกล่าวประกอบกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่มุ่งเน้นให้นักศึกษาเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามอัธยาศัยเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับประเทศไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตจึงได้ริเริ่ม “โครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษา” เป็นมหาวิทยาลัยแรกในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2549 โดยได้การแจกเครื่องคอมพิวเตอร์ให้แก่ศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2549 เป็นต้นมาทั้งศูนย์การศึกษาในสถาบันและนอกสถาบัน โดยได้ทำการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับ สิทธิของนักศึกษาที่จะได้รับ การดูแลรักษาและการซ่อมบำรุง และได้ตอบข้อสงสัยต่างๆ ให้แก่ผู้ปกครองที่มาร่วมงานปฐมนิเทศได้รับทราบข้อมูลที่ถูกต้อง และได้มีการแจกจ่ายตัวเครื่อง พร้อมกับอธิบายการใช้งานเบื้องต้นให้แก่ นักศึกษาได้รับทราบ นอกจากนี้มหาวิทยาลัยยังได้จัดให้มีการสอนการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในศตวรรษที่ 21 “เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต” อีกด้วย พร้อมกับมีเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลในเรื่องการใช้งาน นักศึกษาสามารถ Download โปรแกรม Utility ต่างๆ เพื่อเป็น ประโยชน์ต่อการใช้งาน หรือสามารถตั้งกระทู้ถาม หรือทำ Blog ในเรื่องที่ตนเองสนใจได้ด้วย ที่ www.dusit.ac.th/notebook

จากการดำเนินงานพบว่า ยังไม่มีการประเมินโครงการ และการติดตามผลของโครงการอย่างชัดเจน ครอบคลุมทั้งระบบ ถ้าหากมีการประเมินที่ชัดเจน ครอบคลุมทั้งระบบจะทำให้ได้สารสนเทศที่มีประโยชน์ต่อการนำมาพัฒนาหรือกำหนดทิศทางการดำเนินโครงการในระยะต่อไป ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิจัยประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้เป็นประโยชน์และแนวทางให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการโดยเฉพาะผู้บริหารโครงการในการจัดกระบวนการดำเนินโครงการและปรับปรุงในส่วนที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาบริบทของโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ได้แก่ ความต้องการจำเป็น (NEEDS ASSESSMENT) วัตถุประสงค์ของโครงการ ความสอดคล้องกับนโยบายทางการศึกษา และความสอดคล้องกับความต้องการของสถานศึกษาในปัจจุบัน
2. เพื่อประเมินความพร้อมและความเหมาะสมของปัจจัยนำเข้า โครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ได้แก่ ความพร้อมของระบบเครือข่าย(Wireless) ศูนย์บริการทั้งในมหาวิทยาลัยและศูนย์การศึกษาและการจัดการเรียนการสอนผ่านสื่อการเรียนรู้
3. เพื่อประเมินความเหมาะสมของกระบวนการดำเนินงานของโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ประเด็น กระบวนการขั้นตอนในการแจก เกณฑ์การแจก
4. เพื่อประเมินผลกระทบจากโครงการ โดยพิจารณาจากเจตคติของนักศึกษาและความพึงพอใจของผู้ปกครอง
5. เพื่อประเมินประสิทธิผลของโครงการ ประเด็นประโยชน์ต่อนักศึกษาและประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย
6. เพื่อประเมินความยั่งยืน โดยศึกษาจากความต่อเนื่องของการดำเนินโครงการ
7. เพื่อประเมินความสามารถในการขยายผล โดยพิจารณาจากจุดเด่นหรือข้อค้นพบของการเป็นแบบอย่างที่ดีของโครงการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารโครงการและเจ้าหน้าที่ในโครงการจำนวน 18 คน นักศึกษาที่ได้รับคอมพิวเตอร์พกพาจากโครงการจำนวน 402 คน นักศึกษาที่ยังไม่ได้รับคอมพิวเตอร์พกพาจากโครงการจำนวน 351 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi Stages Random Sampling) ใช้การกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยตารางเครจซี่และมอร์แกน [2] ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.05 และผู้ปกครองเป็นผู้ปกครองของนักศึกษาที่ได้รับคอมพิวเตอร์พกพาจากโครงการจำนวน 402 คน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 4 ฉบับ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ แบบสอบถามความคิดเห็นนักศึกษา แบบวัดเจตคตินักศึกษา แบบประเมินพฤติกรรมการตนเองของนักศึกษา และแบบวัดความพึงพอใจของผู้ปกครอง
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดำเนินการขอหนังสือราชการจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒเพื่อขอความอนุเคราะห์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลกลับมาเรียบร้อยแล้วจึงนำมาตรวจสอบความสมบูรณ์และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์พกพาสำหรับนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต โดยใช้รูปแบบการประเมินแบบซิปปี้ (CIPP MODEL) ของสตัฟเฟิลบีม [3] สรุปได้ดังนี้

การศึกษาริบท

การศึกษาริบทของโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์พกพาสำหรับนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตในด้านความต้องการจำเป็นของโครงการพบว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในด้านการศึกษามากขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สนับสนุนการเรียน

การสอนทั้งอาจารย์และนักศึกษาและเป็นพื้นฐานสำคัญของนักศึกษาที่ต้องแข่งขันในตลาดแรงงานเพื่อเป็นข้อได้เปรียบ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการพบว่า ผู้เกี่ยวข้องทั้งโครงการมีความคิดเห็นในประเด็นที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ประเด็นความสอดคล้องกับนโยบายทางการศึกษาพบว่า การดำเนินโครงการมีความสอดคล้องกับหลักนโยบายการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยตามปรัชญา “เทคโนโลยีก้าวไกลอยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน” โดยต้องการพัฒนาให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและเนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งสำคัญในสังคมปัจจุบัน ส่วนประเด็นความสอดคล้องกับความต้องการของสถานศึกษาในปัจจุบัน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งโครงการมีความคิดเห็นในสังคมปัจจุบัน เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและทางด้านการศึกษามากขึ้น สถานศึกษาในปัจจุบันต้องการพัฒนาให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การประเมินด้านความพร้อมและความเหมาะสมของปัจจัยนำเข้า

ความพร้อมและความเหมาะสมของปัจจัยนำเข้ามีค่าเฉลี่ยรวมทุกประเด็นอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังมีความคิดเห็นของนักศึกษาในประเด็นต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. ประเด็นระบบเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยควรเพิ่มสัญญาณเครือข่ายไร้สาย (wireless) ตามจุดต่างๆ ทั้งในมหาวิทยาลัยและศูนย์การศึกษาอย่างทั่วถึงและเพิ่มปลั๊กเสียบตามจุดต่างๆ ให้เพียงพอต่อความต้องการของนักศึกษา

2. ศูนย์รับบริการ ด้านเจ้าหน้าที่ควรดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงเครื่องให้รวดเร็วกว่านี้ ควรมีการลงโปรแกรมอัปเดตใหม่ๆ ให้กับนักศึกษาอยู่เสมอ

3. การจัดการกรรมการเรียนการสอนและสื่อการเรียนรู้อาจารย์ผู้สอนควรนำเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาไปใช้ในวิชาเรียนให้มากขึ้น อาจารย์ผู้สอนควรมีการผลิตสื่อเพิ่มเติม รวมถึงเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยควรมีแหล่งข้อมูลและแหล่งการเรียนรู้มากกว่านี้ เพื่อประโยชน์ในการใช้งานอย่างเต็มที่

สรุปผลการประเมินด้านปัจจัยนำเข้าพบว่า โครงการมีความพร้อมและความเหมาะสมของปัจจัยนำเข้าในระดับมากซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

การประเมินด้านกระบวนการดำเนินงาน

จากการประเมินความเหมาะสมด้านกระบวนการดำเนินงานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ผลการประเมินกระบวนการ ขั้นตอนในการแจกคอมพิวเตอร์พกพามีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง และเกณฑ์การแจกเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

สรุปผลการประเมินด้านกระบวนการดำเนินงานพบว่า โครงการมีความเหมาะสมของกระบวนการในระดับมากซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

การประเมินด้านผลกระทบ

การประเมินด้านผลกระทบพบว่า เจตคติของนักศึกษาต่อคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นอกจากการวัดระดับเจตคติของนักศึกษาต่อคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาแล้วยังมีการพิจารณาร่วมกับความพึงพอใจของผู้ปกครองต่อโครงการพบว่า ผู้ปกครองมีความพึงพอใจต่อโครงการ เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ผู้ปกครองเห็นด้วยกับโครงการมากกว่าร้อยละ 70 ทุกข้อแสดงถึงผู้ปกครองมีความพึงพอใจต่อโครงการ

สรุปการประเมินด้านผลกระทบของโครงการเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การประเมินด้านประสิทธิผล

จากผลการประเมินพฤติกรรมตนเองของนักศึกษาเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์พกพาและการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า การประเมินด้านประสิทธิผลเป็นไม่ไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจากผลการประเมินประเด็นประเภทการใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ มีเพียงการใช้สื่ออินเทอร์เน็ตมีค่าร้อยละ 99.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้คือ สูงกว่าร้อยละ 70 และเมื่อพิจารณาประเด็นวัตถุประสงค์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์พกพาพบว่า ทุกข้อมีค่าร้อยละสูงกว่าร้อยละ 70 มีเพียงวัตถุประสงค์เพื่อหารายได้พิเศษมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 43.30 ซึ่งพบว่า ต่ำกว่าเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้คือ ต่ำกว่าร้อยละ 70

สรุปการประเมินด้านประสิทธิผลของโครงการไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การประเมินด้านความยั่งยืน

จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับโครงการด้านความยั่งยืนพบว่า มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุกปีการศึกษาโดยเริ่มตั้งแต่ปีการศึกษา 2549 จนถึงปัจจุบันโดยได้รับการสนับสนุนจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เนื่องจากเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ทางการศึกษารวมถึงนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศสอดคล้องกับการดำเนินโครงการ เนื่องจากมหาวิทยาลัยมีสโลแกนที่ว่า “เทคโนโลยีก้าวไกล อยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน” และสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัย โดยต้องการพัฒนาให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งสำคัญในสังคมปัจจุบัน

สรุปการประเมินด้านความยั่งยืนเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การประเมินด้านความสามารถในการขยายผล

จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับโครงการด้านความสามารถในการขยายผลพบว่า โครงการมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุกปีการศึกษาโดยเริ่มตั้งแต่ปีการศึกษา 2549 จนถึงปัจจุบัน โครงการมีจุดเด่นซึ่งถือว่าเป็นความสำเร็จและเป็นแบบอย่างที่ดีคือ

1. มหาวิทยาลัยสามารถนำเทคโนโลยีซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีประโยชน์ ให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานด้านต่างๆ ทั้งการเรียนและในชีวิตประจำวันได้
 2. นักศึกษาทุกคนมีโอกาสในการใช้คอมพิวเตอร์พกพาและเทคโนโลยีสารสนเทศที่มหาวิทยาลัยจัดทำขึ้นอย่างเท่าเทียมกัน
 3. ผู้บริหารกล้าคิด กล้าทำในสิ่งที่ยังไม่เคยมีใครทำ สามารถบริหารจัดการเทคโนโลยีแบบใหม่ ซึ่งจะทำให้สามารถต่อยอดไปยังโครงการอื่นๆ ได้
 4. โครงการมีส่วนทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองนอกชั้นเรียนมากขึ้นและเพิ่มทักษะด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อการแข่งขันเมื่อนักศึกษาเข้าสู่ตลาดแรงงาน
 5. อาจารย์ผู้สอนได้มีการปรับกระบวนการสอนให้สัมพันธ์กับการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ของนักศึกษามากขึ้นโดยมีการสร้างสื่อบทเรียนออนไลน์อย่างต่อเนื่อง
 6. มีการขยายผลไปสู่โครงการให้นักศึกษาที่มีความสามารถด้านการผลิตสื่อ ได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาสื่อเพิ่มเติม
 7. มีการอบรมด้านการผลิตสื่อให้กับอาจารย์เพื่อนำไปผลิตสื่อใช้ในการเรียนการสอนแต่ละวิชา
- สรุปการประเมินด้านความสามารถในการขยายผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

สรุปและอภิปรายผล

จากการประเมินโครงการจัดซื้อคอมพิวเตอร์พกพาสำหรับนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตในแต่ละด้านสามารถสรุปภาพรวมได้ว่าการดำเนินโครงการมีประสิทธิภาพดีการประเมินด้านต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยพิจารณาได้จากผลการศึกษารับทของโครงการพบว่า ดำเนินโครงการเพื่อตอบสนองความต้องการจำเป็นต่อสภาพสังคมในปัจจุบันซึ่งเป็นยุคที่คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน การประเมินปัจจัยนำเข้าประเด็นระบบเครือข่ายไร้สาย ศูนย์รับบริการ และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อการเรียนพบว่า มีความพร้อมและความเหมาะสมในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ การประเมินกระบวนการประเด็นกระบวนการ ขั้นตอนในการแจก และเกณฑ์การแจกพบว่า มีความเหมาะสมในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ การประเมินผลกระทบพบว่าระดับเจตคติของนักศึกษาต่อคอมพิวเตอร์พกพาในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพราะนักศึกษาเชื่อมั่นว่าการมีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศมีประโยชน์ต่อการเรียนและการทำงานในอนาคต สอดคล้องกับพนิตศรีประดิษฐ์ [4] พบว่า นักเรียนมีความเชื่อมั่นต่อคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมาก และผู้ปกครองมีความพึงพอใจต่อโครงการ การประเมินประสิทธิผลพบว่า นักศึกษามีพฤติกรรมการใช้สื่ออินเทอร์เน็ตมากที่สุด มหาวิทยาลัยได้รับประโยชน์จากโครงการคือ ดำเนินการสอดคล้องกับหลักนโยบายการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยตามปรัชญา “เทคโนโลยีก้าวไกล อยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน” ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยต้องการพัฒนาให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สอดคล้องกับไชยยศเรืองสุวรรณ [5] กล่าวว่าคอมพิวเตอร์ ได้ถูกนำเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้นในหลายลักษณะ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจมากขึ้นและเมื่อมีโครงการทางมหาวิทยาลัยสามารถลดต้นทุนของมหาวิทยาลัยในการจัดทำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และการบำรุงรักษา การประเมินความยั่งยืนพบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์พกพามีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุกปีการศึกษาโดยเริ่มตั้งแต่ปีการศึกษา 2549 จนถึงปัจจุบันโดยได้รับการสนับสนุนจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เนื่องจากเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ทางการศึกษา สอดคล้องกับนงลักษณ์ ไหว้พรหม [6] กล่าวว่า การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน เป็นที่ยอมรับในการศึกษา และถือว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการและเป็นสื่อที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่งมีประโยชน์ต่อนักเรียนและครูผู้สอนหลายประการ ส่วนปัญหาและอุปสรรคที่พบมากที่สุดคือ การกำหนดคุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา เนื่องจากเทคโนโลยีมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลาต่างจากระบบการดำเนินการจัดซื้อจัดจ้างของทางราชการและการเทียบความเหมาะสมระหว่างคุณสมบัติกับราคาของแต่ละบริษัท ส่วนในประเด็นนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศสอดคล้องกับการดำเนินโครงการ เนื่องจากมหาวิทยาลัยมีสโลแกนที่ว่า “เทคโนโลยีก้าวไกล อยู่ที่ไหนก็เรียนได้ ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน” และสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัย โดยต้องการพัฒนาให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งสำคัญในสังคมปัจจุบัน สอดคล้องกับกิดานันท์ มลิทอง [7] และฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของการประยุกต์ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนในการเลือกเรียนบทเรียน ทบทวนเนื้อหาที่เรียนผ่านไปแล้ว ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่สลับซับซ้อนได้ดีกว่าการเรียนการสอนปกติและการประเมินความสามารถในการขยายผลของโครงการ สามารถสรุปประเด็นจุดเด่นของโครงการซึ่งถือว่าเป็นความสำเร็จและเป็นแบบอย่างที่ดี ได้ดังต่อไปนี้ มหาวิทยาลัยสามารถนำเทคโนโลยีซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีประโยชน์ ให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ ทั้งการเรียนและในชีวิตประจำวันได้ นักศึกษาทุกคนมีโอกาสในการใช้คอมพิวเตอร์พกพาและเทคโนโลยีสารสนเทศที่มหาวิทยาลัยจัดทำขึ้นอย่างเท่าเทียมกัน ผู้บริหารกล้าคิด กล้าทำในสิ่งที่ยังไม่เคยมีใครทำ สามารถบริหารจัดการเทคโนโลยีแบบใหม่ ซึ่งจะทำให้สามารถต่อยอดไป

ยังโครงการอื่นๆ ได้ โครงการมีส่วนทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองนอกชั้นเรียนมากขึ้นและเพิ่มทักษะด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อการแข่งขันเมื่อนักศึกษาเข้าสู่ตลาดแรงงาน อาจารย์ผู้สอนได้มีการปรับกระบวนการสอนให้สัมพันธ์กับการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ของนักศึกษามากขึ้นโดยมีการสร้างสื่อบทเรียนออนไลน์อย่างต่อเนื่อง มีการขยายผลไปสู่โครงการให้นักศึกษาที่มีความสามารถด้านการผลิตสื่อ ได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาสื่อเพิ่มเติมและมีการอบรมด้านการผลิตสื่อให้กับอาจารย์เพื่อนำไปผลิตสื่อใช้ในการเรียนการสอนแต่ละวิชา

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันราชภัฏสวนดุสิต. (2544). *เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.
- [2] Krejcie, Robert V.; & Morgan, Daryle W. (1970, Autumn). Determining Sample Size for Research Activities. *Journal of Education and Psychological Measurement*. 30(3): 608.
- [3] Stufflebeam, D.L. (2003). The CIPP Model for Evaluation. In *Annual Conference of the Oregon Program Evaluators Network*. Oregon: Michigan.
- [4] พนิต ศรีประดิษฐ์. (2540). *เจตคติต่อคอมพิวเตอร์ของนักเรียนที่เรียนวิชาคอมพิวเตอร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดสกลนคร*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [5] ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. (2549). *คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2553, จาก http://vod.msu.ac.th/0503760/unit1/Unit_1_6.html
- [6] นางลักษณ์ ไหว้พรหม. (2543). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดีย วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [7] กิดานันท์ มลิทอง. (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**SWU6-1062: การพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการผู้ฝึกอบรมเพื่อพัฒนาเทคนิคการ
ฝึกฝนทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและความสามารถทางไวยากรณ์**
**THE DEVELOPMENT OF THE TRAINERS TRAINING CURRICULUM OF ENGLISH
COMMUNICATIVE SKILLS AND GRAMMAR INSTRUCTION**

สุชีรา มะหิเมือง^{1*}, สุวรีย์ ยอดฉิม²

Sucheera Mahimuang^{1*}, Suwaree Yodchim²

¹ภาควิชาวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹Department of teaching profession, Faculty of Education, Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand.

²ภาควิชาภาษาต่างประเทศ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²Department of Foreign Language, Faculty of Humanity and Society, Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: Sucheram@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหลักสูตรพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์ และเพื่อประเมินคุณภาพของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น การดำเนินการวิจัยยึดตามแบบแผนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม และกระบวนการพัฒนาหลักสูตรอบรมขอบเขตของการวิจัยคือ โรงเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่เป็นโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครูซึ่งเป็นแหล่งฝึกประสบการณ์ของนักศึกษาครุศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2553 ขั้นตอนดำเนินการวิจัยมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนประเมินความต้องการที่จำเป็น ขั้นกำหนดโครงสร้างหลักสูตร และขั้นประเมินคุณภาพของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบของโครงสร้าง 5 ส่วน ได้แก่ บทนำ/ความเป็นมา วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมและสื่อ ระยะเวลา และการวัดประเมินผล ผลการประเมินคุณภาพของโครงสร้างหลักสูตรโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็น (IOC) มีค่ามากกว่า 0.05 ทุกรายการ

คำสำคัญ: การพัฒนาหลักสูตรอบรมบุคลากรประจำการ การพัฒนาการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร การพัฒนาการสอนไวยากรณ์

Abstract

The purpose of this research were twofold: (1) to develop a training program in English communicative skills and grammar instruction; and (2) to evaluate quality of the developed training program in communicative skills and grammar instruction. A scope of study was at basic schools that were committed themselves to be sites of teaching practice for teaching students in academic year 2010. A participatory action research approach was employed to steps of training program development, namely, the first step: Needs Assessment; the second step: Program Development; and the third steps: Quality Evaluation of the program. Results of the study showed that the developed training program consisted of 6 components: introduction, objectives, contents of study, activities and media, training

following 3 unites: Unit 1: teachers' preparation; Unit 2: Implementation of Learning Activities; and Unite 3: Leaning Assessment. The training program was scholarly evaluated by 5 experts which the index of Item-Objective Congruency (IOC) could be more than 0.50.

Keywords: In-service teachers training program development, English communicative skills instruction development, Grammar instructional development

บทนำ

ภาวะความเปลี่ยนแปลงแห่งยุคโลกาภิวัตน์ส่งผลกระทบต่อระบบทางสังคมทุกระบบที่ก้าวผ่านจากสังคมสารสนเทศ (information society) สู่สังคมความรู้ (knowledge society) และระบบเศรษฐกิจของโลกที่มีความรู้เป็นฐานของการพัฒนา (knowledge based economy) ที่เน้นการสร้างความรู้และนวัตกรรมใหม่รวมทั้งระบบการศึกษาที่จำเป็นต้องปรับกระบวนการทัศน์ใหม่ องค์กรอุดมศึกษาต้องทำหน้าที่สร้างสรรค์วิชาการ (creative and productive organization) มากกว่าเป็นองค์กรผู้รับ และบริโภค (receive and consume organization) เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพื่อให้สามารถก้าวสู่ความเป็นโลกาภิวัตน์ได้อย่างลงตัว [1] เมื่อวิเคราะห์เนื้อหาของกระบวนการทัศน์ดังกล่าว พบว่า มีความสอดคล้องกับแนวทางการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 มาตรา 24 (5) ว่าด้วยการส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ นับตามวรรคนี้จึงสัมพันธ์กับพันธกิจของสถาบันอุดมศึกษาในยุคปัจจุบัน 2 ประการ คือ การเป็นแหล่งสร้างพัฒนาหรือผลิตนวัตกรรมที่อยู่ในรูปของผลงานวิชาการ งานประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ต่างๆ และอีกหนึ่งพันธกิจสำคัญสำหรับการเป็นคณะครุศาสตร์ คือ การผลิตและพัฒนาบุคลากรทางการศึกษาให้เป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ (learning how to learn) เพื่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และนำไปใช้เพื่อสร้างและเตรียมทรัพยากรมนุษย์เพื่อคุณภาพที่เหมาะสมของประเทศ สอดคล้องกับคุณสมบัติของผู้ปฏิบัติงานตามความต้องการของผู้ว่าจ้าง ตามมติที่ประชุมว่าด้วยเรื่องทักษะสำคัญต่อการทำงาน 7 ทักษะ [2] ได้แก่ (1) ทักษะทางการสื่อสาร (communication skills: การอ่าน การเขียน การพูด และการฟัง) (2) ความสามารถในการเรียนรู้อย่างเป็นอิสระ (ability to learn independently) (3) ทักษะทางสังคม (social skills: คุณธรรมจริยธรรม เจตคติทางบวก และความรับผิดชอบ) (4) การทำงานเป็นทีม (teamwork) (5) ความสามารถในการปรับเปลี่ยนตามสภาพบริบท (ability to adapt to changing circumstances) (6) ทักษะการคิด (thinking skills: การแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ หลักความจริง การคิดคำนวณ และ(7) การเสาะหาความรู้ (knowledge navigation: รู้วิธีเสาะหาแหล่งความรู้ และวิธีจัดการกับข้อมูลสารสนเทศ) นอกจากนี้ นักการศึกษาไทยที่ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะของบัณฑิตที่พึงปรารถนาของสังคมไว้ดังนี้ [3] (1) มีคุณลักษณะตามสายงานในวิชาชีพนั้นๆ (2) บุคลิกภาพดี (3) ความประพฤติดี และ (4) ความสามารถในการจัดการที่สามารถแก้ปัญหาและพัฒนางานได้ จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของทักษะทางภาษาที่เป็นหนึ่งในคุณสมบัติสำคัญของผู้สำเร็จการศึกษาแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะทางการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมีข้อมูลทางสถิติที่ยืนยันว่าร้อยละ 80 ของข้อมูลทั่วโลกจัดเก็บเป็นภาษาอังกฤษ การมีความรู้ทางภาษาอังกฤษที่ดีจะช่วยให้การสืบค้นความรู้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [4]

อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถทางภาษาอังกฤษนั้นส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเรียนรู้ในสถานศึกษา ซึ่งจากผลการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการใช้ภาษาอังกฤษของบัณฑิตในการทำงาน โดยศูนย์พัฒนาความสามารถทางภาษาอังกฤษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา [5] ให้กับบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษาภาครัฐและเอกชน และบุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน และตัวแทนจากหน่วยงานผู้ใช้บัณฑิต รวมจำนวน 159 คน ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนภาษาอังกฤษในสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาของประเทศและแนวทางแก้ไขดังนี้ ด้านอาจารย์ผู้สอนพบว่า

นอกเหนือจากภาระหน้าที่และงานรับผิดชอบที่มากแล้ว ปัญหาคือวิธีการสอน/เทคนิคการสอน/สื่อการสอนไม่น่าสนใจ และการขาดโอกาสในพัฒนาตนเองอย่างเพียงพอ ด้านผู้เรียนพบว่า นอกจากผู้เรียนไม่เห็นความสำคัญขาดแรงจูงใจแล้ว สิ่งสำคัญคือประสบการณ์การเรียนรู้ไม่ประทับใจ ขาดพื้นฐานด้านไวยากรณ์ สำหรับด้านหลักสูตรนั้นพบว่า ไม่สอดคล้องกับความต้องการ และการนำไปใช้ในชีวิตจริง วัตถุประสงค์ เป้าหมายของหลักสูตรไม่ชัดเจน สอดคล้องกับผลการวิจัยเชิงสำรวจข้อมูลพื้นฐานการเรียนการสอนภาษา ต่างประเทศและการใช้ภาษาต่างประเทศของภาคเหนือ และโครงการข้อมูลพื้นฐานการสอนภาษาต่างประเทศ และการใช้ภาษาต่างประเทศของภาคใต้ของสถานศึกษาในระดับอุดมศึกษา [6] ซึ่งได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่า วิชาภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่นิยมเปิดสอนมากที่สุด แต่ยังคงติดปัญหาในเรื่องของบุคลากรผู้สอนที่ต้องประสบการณ์ ขีดความรู้ความสามารถยังไม่ครบถ้วนเพียงพอ ขาดทักษะด้านการพูด ฟัง เขียน สาเหตุของปัญหามาจากการที่ผู้สอนมีภาระที่ต้องสอนมากเกินไป มีเวลาน้อยกว่าเพิ่มเติมน้อย จึงไม่ได้พัฒนาศักยภาพด้านภาษาต่างประเทศ รวมถึงสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอนที่ไม่ทันสมัย บรรยากาศในชั้นเรียนไม่เป็นใจ ทำให้ผู้เรียนขาดความสนใจ ขาดความกระตือรือร้นในการเรียน ควรมีการปรับปรุงการเรียนการสอนจากเดิมให้ทันสมัยขึ้น โดยเฉพาะการฝึกปฏิบัติให้ผู้เรียนเกิดทักษะการพูด ฟัง เขียน สนทนา อ่าน ออกเสียง ไวยากรณ์ การสะกดคำ ฯลฯ นอกจากนี้สภาพการเรียนการสอนภาษาอังกฤษในพื้นที่ภาคใต้ยังพบเพิ่มเติมว่าการจัดการเรียนการสอนภาษาต่างประเทศส่วนใหญ่มักจำกัดอยู่ในห้องเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนได้ใช้ภาษาต่างประเทศในชีวิตประจำวันน้อยมาก ที่สำคัญคือไม่มีโอกาสฝึกฝนภาษาที่เรียนเพราะไม่ค่อยมีกิจกรรมเสริม นอกห้องเรียน ทำให้ผู้เรียนขาดการเรียนรู้หรือศึกษาด้วยตนเอง นอกจากนี้แหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนที่มีก็ไม่เพียงพอ หากต้องการใช้เพื่อการเรียนรู้จริง

สภาพปัญหาที่พบแม้ว่าจะจะเป็นภาพรวมของการจัดการศึกษาภาษาในระดับอุดมศึกษา แต่ในความเป็นจริงแล้วโรงเรียนที่จัดการศึกษาขั้นพื้นฐานทุกโรงเรียน ต่างต้องเผชิญกับปัญหาดังกล่าวด้วยไม่มากก็น้อย เช่นเดียวกับโรงเรียนที่เป็นแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู (practicum 3) ของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งมีข้อมูลจากนักศึกษาในขณะศึกษาสังเกตบริบทของโรงเรียน และได้มีการขอคำแนะนำจากอาจารย์นิเทศการฝึกประสบการณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาผู้เรียนบ่อยครั้ง ทำให้เกิดคำถามที่ต้องการค้นคว้าในบทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและพัฒนาคุณภาพครูว่า ความต้องการการพัฒนาการสอนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและไวยากรณ์ของผู้สอนในโรงเรียนเหล่านั้นเป็นอย่างไร หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการที่ตรงกับความต้องการของผู้สอนในโรงเรียนเหล่านั้นควรมีโครงสร้างของหลักสูตรเป็นอย่างไร คุณภาพของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนั้นจะผ่านการวิพากษ์ และประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้หรือไม่ และอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการการพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์
2. เพื่อพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์

แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การทบทวนแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรอบรม เช่น แนวคิดของ Hilda Taba [7] สุมิตร คุณนาร [8] และนักพัฒนาหลักสูตรอีกหลายท่าน [9-10] พบว่า มีขั้นตอนการปฏิบัติที่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในรายละเอียด แต่เมื่อสังเคราะห์แนวคิดเหล่านั้นแล้วพบว่า มีกระบวนการดำเนินงานที่คล้ายคลึงกันโดยมีลำดับการปฏิบัติก่อนหลัง โดยสรุปมีดังนี้ (1) ศึกษาข้อมูล/สารสนเทศแสดงความต้องการที่จำเป็นของหลักสูตร (2) กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ และแบบแผนการประเมิน (3) กำหนดจุดประสงค์ที่ชัดเจนของหลักสูตร (4) กำหนดเนื้อหาสาระ หรือมวลด ประสิทธิภาพของหลักสูตร (5) กำหนดเทคนิควิธีจัดประสบการณ์การเรียนรู้ (6) กำหนดแนวทางการใช้ หรือการ

บริหารจัดการหลักสูตร และ(7) ดำเนินการฝึกอบรม และ (8) ประเมินผลการฝึกอบรม ซึ่งในบรรดาขั้นตอนการปฏิบัติเหล่านี้พบว่า ขั้นตอนสำคัญที่มีการนำมาใช้ในงานวิจัยหลายๆ เรื่อง ได้แก่ ขั้นศึกษาความต้องการที่จำเป็นและวิเคราะห์ความจำเป็นเร่งด่วน ขั้นพัฒนาองค์ประกอบของหลักสูตร ขั้นจัดกิจกรรมการอบรม และการประเมินหลักสูตร [11-12] สำหรับขั้นตอนการประเมินผลหลักสูตรนั้นพบว่า กระบวนการประเมินตามแนวคิดของ Kirkpatrick [13] เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีการประเมินองค์ประกอบของสิ่งที่ควรประเมินครอบคลุมวงจรการปฏิบัติงานที่ประกอบด้วย การประเมินปัจจัยป้อน กระบวนการ และผลผลิต/ผลลัพธ์ของการอบรม ผนวกกับแนวคิดการประเมินแบบทฤษฎีโปรแกรม (Program Theory) ตามแนวคิดของ Sidani Sechest [14] ที่ใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นฐานการสร้างกรอบแนวคิดการประเมิน

นอกจากกระบวนการพัฒนาหลักสูตรแล้ว ในการจัดกิจกรรมอบรมนั้นยังต้องให้สอดคล้องกับกลุ่มผู้รับการอบรม ที่เป็นบุคลากรระหว่างปฏิบัติการ (in-service training) และมีวุฒิภาวะเป็นผู้ใหญ่ จึงจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะธรรมชาติกระบวนการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ ทั้งนี้เพื่อเลือกวิธีดำเนินการตามกระบวนการอบรมได้อย่างเหมาะสม เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เข้าอบรมได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการอบรมมากขึ้น หลักการของการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับธรรมชาติในการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ โดยสรุปมีดังนี้ [15-18] (1) เน้นการรู้เหตุผลของการเรียนรู้ (2) เน้นการเรียนรู้แบบชี้หน้าตนเอง (self-directed learning) และ (3) ผลกระทบจากประสบการณ์ส่วนบุคคล และรูปแบบของกิจกรรมที่อาจมีความแตกต่างกันตามระดับของการนำตนเอง 3 แนวทาง [19] ได้แก่ (1) เน้นวิทยากรเป็นศูนย์กลางด้วยวิธีบรรยาย (2) เน้นกลุ่มผู้รับการอบรมเป็นศูนย์กลางโดยวิธีสัมมนา (group seminar) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) และ (3) เน้นการเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้ในห้องเรียน

การสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร (Communicative Language Teaching, CLT) จัดเป็นแนวการสอน (approach) มากกว่าวิธีสอน เนื่องจากมีหลักการที่หลากหลาย ที่สะท้อนมุมมองในการสื่อสาร และการเรียนภาษาจึงสามารถใช้สนับสนุนความหลากหลายของกระบวนการในชั้นเรียนได้ [20] และการที่ผู้เรียนจะมีความสามารถในชั้นสื่อสารได้นั้น ผู้เรียนยังต้องมีองค์ประกอบของความสามารถที่จำเป็นต่อการสื่อสารโดยสรุปดังนี้ [21]

1. สมรรถนะทางภาษาศาสตร์ (linguistic competence) คือ ความรู้ที่เกี่ยวกับลักษณะของตัวภาษา เช่น ความรู้ในด้านของการสะกด การออกเสียงคำศัพท์ การสร้างคำ โครงสร้างตามหลักไวยากรณ์ โครงสร้างประโยคและความหมายด้านภาษา

2. สมรรถนะด้านวัจนปฏิบัติศาสตร์ (pragmatic competence) คือความสามารถในการใช้ภาษา 2 ประการ ได้แก่

2.1 การรู้จักที่จะใช้ภาษาเพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายหรือความต้องการ

2.2 การรู้จักที่จะปฏิบัติหรือแสดงออก โดยมีการใช้ภาษาตามความเหมาะสมกับบริบทของสังคม เช่น การใช้ภาษาอย่างสุภาพ การเลือกใช้รูปแบบของภาษาให้เหมาะสมกับสถานการณ์กับบุคคลที่มีบทบาทต่างๆ กัน หรือมีสถานะที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บุคคลนั้นจะต้องมีความรู้ในด้านสังคม (sociolinguistic competence) เช่นกัน

3. สมรรถนะด้านการเรียงร้อยถ้อยคำในภาษา (discourse competence) คือ ความสามารถในการเรียบเรียงถ้อยความทั้งในภาษาเขียน หรือบทสนทนา ด้วยการเชื่อมโยงให้สอดคล้องกัน และสามารถเป็นที่เข้าใจได้

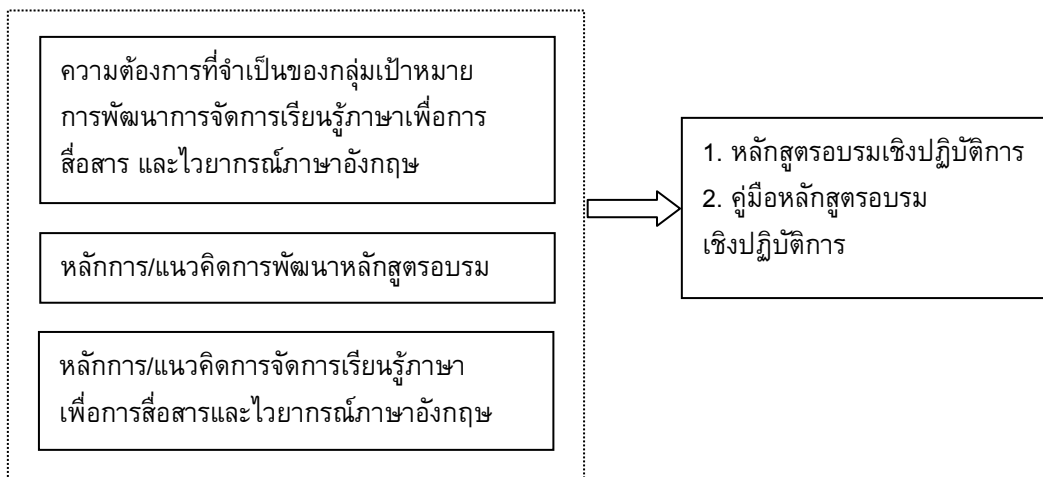
4. สมรรถนะด้านกลยุทธ์ในการใช้ภาษา (strategic competence) เป็นความสามารถในการจัดการในเหตุการณ์สนทนาในชีวิตจริง และเป็นวิธีที่จะรักษาให้มีการเปิดช่องทางหรือโอกาสในการสนทนา Canale and Swain [21-22] เช่น กลยุทธ์ในการหาคำพูดที่ดีกว่ามาชดเชยความรู้ของภาษาที่มีไม่เพียงพอหรือไม่แน่ใจ โดยการอธิบายใช้คำพูดที่ใกล้เคียงซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่จะทำให้การสื่อสารประสบผลสำเร็จ (achievement strategies) นอกจากนี้มีการใช้กลยุทธ์ในการลดรูป (reduction strategy) โดยหลีกเลี่ยงที่จะใช้รูปแบบภาษาที่ผู้พูดไม่มีความ

แน่ใจและเลือกใช้คำอื่นมาทดแทน เช่น ใช้ perhaps แทน “She might have ...” หรือ “She could have ...” หรือ “She must have...” เป็นต้น

5. ความคล่องแคล่ว (fluency) คือ ความสามารถที่จะเชื่อมโยงหน่วยภาษาพูดเข้าด้วยกันอย่างสะดวก ไม่มี ความชักช้า ไม่เหมาะสม หรือลังเลโดยไม่มีขอบเขต นอกจากนี้ความสามารถที่จะโต้ตอบอย่างต่อเนื่องภายในบท สนทนาแต่ละบท สามารถที่จะเชื่อมคำ วลีของคำถาม สามารถที่จะออกเสียงด้วยการออกเสียงอย่างชัดเจน มีการ เน้นหนัก เสียงสูง ต่ำได้อย่างเหมาะสม และสามารถที่จะปฏิบัติสิ่งที่กล่าวมานี้ได้อย่างรวดเร็วในสถานการณ์จริง (real time) [23]

นอกจากความสามารถทางการเรียนรู้ทักษะทางภาษาแล้ว ปัจจัยสำคัญที่ผู้สอนต้องให้ความใส่ใจสำหรับการ เรียนรู้ภาษาของเยาวชนไทยคือ การสร้างแรงจูงใจที่ดีในการเรียน โดยผู้สอนต้องนำความรู้เรื่องจิตวิทยาผู้เรียน มาใช้สำรวจผู้เรียนเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตรงตามความต้องการ ความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน ทั้งนี้มีความเกี่ยวข้องกับการสร้างแรงจูงใจภายใน และภายนอกในการจัดกิจกรรม [22] กล่าวคือ แรงจูงใจของผู้เรียน มักเกิดจากการจัดเนื้อหาการเรียนที่ง่าย บรรยากาศการเรียน และสร้างโอกาสในการประสบความสำเร็จต่อการเรียน วิชาภาษาอังกฤษ อีกหนึ่งแนวคิดที่สำคัญเกี่ยวกับแรงจูงใจคือ การสร้างแรงจูงใจสำหรับผู้เรียนภาษาที่สอง แบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (1) ระดับของภาษา การที่ผู้เรียนจะเรียนภาษาที่สองให้บรรลุสำเร็จได้นั้นจะต้องประกอบด้วย การแบ่ง ระดับภาษาที่ถูกต้องกับการใช้ภาษาของแต่ละท้องถิ่น วัฒนธรรม หรือสิ่งประกอบอื่น (2) ระดับของผู้เรียน การให้ แรงจูงใจตามระดับผู้เรียนจะนำไปสู่การพัฒนาด้านความรู้ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเรียนภาษาที่สอง (3) ระดับกิจกรรม การให้แรงจูงใจในระดับกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับแรงจูงใจที่เกิดขึ้นจากแรงจูงใจในวิชาที่เรียน แรงจูงใจ ของผู้สอน แรงจูงใจของกลุ่มหรือชั้นเรียน

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด/ทฤษฎีการพัฒนาหลักสูตรอบรมการสอนภาษาเพื่อการ สื่อสาร มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) ครั้งนี้ดำเนินการตามขั้นตอนการ พัฒนาหลักสูตรอบรม ที่มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้/ความสามารถด้านการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อการ สื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์ ให้กับครูผู้สอนวิชาภาษาอังกฤษระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียน

ร่วมพัฒนาวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ประจำปีการศึกษา 2553 มีรายการปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมายการวิจัย ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากประชากรครู/อาจารย์ผู้สอนกลุ่มสาระวิชาภาษาอังกฤษ นักเรียน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ มีเกณฑ์คัดเลือกตามลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับการให้ข้อมูลวิจัยตามลำดับขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร

2. ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร เริ่มจากขั้นสำรวจความต้องการที่จำเป็นด้านการจัดการเรียนรู้ภาษาเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ ถึงขั้นวิพากษ์และประเมินหลักสูตร ดังนี้

2.1 ขั้นศึกษาความต้องการที่จำเป็น มีกลุ่มเป้าหมายการวิจัยมี 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6 ของโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู ประจำปีการศึกษา 2553 จำนวนโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน เลือกโดยวิธีสุ่มอย่างง่ายกรณีที่โรงเรียนมีมากกว่าหนึ่งห้องเรียน และเลือกแบบเจาะจงสำหรับโรงเรียนที่มีเพียงห้องเรียนเดียว

2.1.2 ครู/อาจารย์ผู้สอนกลุ่มสาระวิชาภาษาอังกฤษของโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู ประจำปีการศึกษา 2553 ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจงจากครู/อาจารย์ประจำการที่ทำการสอนกลุ่มสาระวิชาภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6 รวมจำนวน 28 คน

2.1.3 นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสาขาวิชาเอกภาษาอังกฤษ เลือกแบบเจาะจงนักศึกษา ระหว่างฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู (Practicum 3) ในกลุ่มสาระวิชาภาษาอังกฤษของโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู ระหว่างปีการศึกษา 2553 จำนวน 22 คน

2.2 ชั้นประเมินและวิพากษ์หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นคัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีคุณสมบัติเฉพาะจำนวน 5 ท่าน ดังต่อไปนี้

2.2.1 อาจารย์ผู้สอนภาษาอังกฤษ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเอกภาษาอังกฤษ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งมีประสบการณ์ในการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษให้กับบุคลากรครูระหว่างปฏิบัติการ (in-service teachers) แล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง จำนวน 2 คน

2.2.2 นักวิชาการการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของครู และ/หรือด้านการพัฒนาหลักสูตร 1 คน

2.2.3 ครู/อาจารย์ผู้สอนกลุ่มสาระวิชาภาษาอังกฤษ ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้มีประสบการณ์ในการจัดเตรียมวัสดุสารนี้ไม่ต่ำกว่า 10 ปี และมีประสบการณ์การทำงานในโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 2 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องมือรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ดังนี้

3.1 แบบสำรวจความคิดเห็นของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาอังกฤษระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู มีใจความสำคัญของการถามเกี่ยวกับความคิดเห็นตามการรับรู้ด้านสภาพการปฏิบัติในปัจจุบัน และความต้องการการพัฒนา แบ่งกระทงบาคำถามเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การเตรียมตัวก่อนสอน การปฏิบัติการสอน และการวัดและประเมินผล จำนวน 25 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงด้วยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเห็น (IOC) ผ่านเกณฑ์ที่ 0.50 และค่าความเที่ยงด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาคค่าสัมประสิทธิ์รายด้าน และรวมทั้งฉบับคือ 0.772 0.873 0.791 และ 0.832 ตามลำดับ และ (3) ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการฝึกอบรม จำนวน 4 ข้อ ประเด็นการถามเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกอบรม เวลาที่ใช้ ช่วงวันที่เหมาะสม และเดือนที่เหมาะสม และคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

3.2 แบบสำรวจความเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการปฏิบัติ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษ ที่สร้างความประทับใจให้กับนักเรียน ด้วยคำถาม 21 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงด้วยการวิเคราะห์ค่าดัชนี ความสอดคล้องของความเห็น (IOC) ผ่านเกณฑ์ที่ 0.50 และค่าความเที่ยงของคำถามทั้งฉบับด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบัค คือ 0.882

3.3 แบบประเมินคุณภาพหลักสูตรอบรมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า มีประเด็นการประเมินตามองค์ประกอบของหลักสูตร 10 ประเด็น ได้แก่ หลักการและความเป็นมา วัตถุประสงค์ของหลักสูตร ความเหมาะสมของระยะเวลาการจัดกิจกรรมของหลักสูตร โครงสร้างเนื้อหาสาระของหลักสูตร วิธี/กิจกรรมการอบรม สื่อ/วัสดุ การวัดและประเมินผล คุณสมบัติของวิทยากร คุณภาพการนำเสนอเนื้อหา และการจัดรูปเล่มเอกสารหลักสูตร คำถาม 28 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงด้วยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเห็น (IOC) ผ่านเกณฑ์ที่ 0.50

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย มีแบบแผนการวิจัยตามหลักการของกระบวนการพัฒนาหลักสูตรอบรม และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเป้าหมายการวิจัย ประกอบด้วยขั้นสำรวจความต้องการถึงขั้นนิพากษ์ และประเมินเพื่อปรับปรุง ดังนี้

4.1 สำรวจความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายการวิจัย 3 กลุ่ม ได้แก่ นักเรียน และครู/อาจารย์ผู้สอน และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ที่ปฏิบัติงานในโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู

4.2 วิเคราะห์ และจัดอันดับความสำคัญของความต้องการที่จำเป็นด้านการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ ด้วยค่าดัชนีการจัดลำดับความต้องการที่จำเป็นด้วยวิธี Priority Needs Index (PNI) (แบบปรับปรุง) [24]

$$PNI \text{ (แบบปรับปรุง)} = [(I-D)/D]$$

เมื่อ I คือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพที่ควรจะเป็น

เมื่อ D คือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพที่เป็นจริง

4.3 กำหนดสาระสำคัญของหลักสูตรโดยใช้ข้อมูล/สารสนเทศจากความต้องการที่จำเป็น ที่ถูกได้รับการจัดอันดับความสำคัญเป็นอันดับที่ 1-3 มีองค์ประกอบตามโครงสร้างของหลักสูตร ได้แก่ ความสำคัญของหลักสูตร วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ ระยะเวลาในการฝึกอบรม และแนวทางการวัดและประเมินผล

4.4 นำ (ร่าง) หลักสูตรที่พัฒนาขึ้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่กำหนดไว้ 5 ท่านประเมินคุณภาพด้วยแบบประเมิน และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง มีประเด็นคำถาม และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างของหลักสูตร และตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์

4.5 วิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินคุณภาพหลักสูตร ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็น (IOC) และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) ข้อมูลเชิงคุณภาพผลการสัมภาษณ์

ผลการวิจัย

การค้นคว้าตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้สองประการได้ข้อค้นพบ ดังนี้

1. ความต้องการที่จำเป็นต่อการพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการ

การสำรวจด้านความต้องการการพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์ภาษาอังฤษพบว่า เมื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นตามการรับรู้ต่อการปฏิบัติในปัจจุบัน และความต้องการพัฒนาด้วยเทคนิคค่าดัชนีการจัดลำดับความต้องการที่จำเป็นด้วยวิธี Priority Needs Index (PNI) (แบบปรับปรุง) และคัดเลือกประเด็นที่จัดอยู่ในอันดับ 1-3 ได้ข้อค้นพบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น และจัดอันดับความสำคัญ

การจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ	ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติ		ความ ต่างของ ค่าเฉลี่ย	PNI [(I-D)/D]	อันดับ ที่
	สภาพ จริง (D)	คาดหวัง (I)			
การเตรียมจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
1. การออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสารและความสามารถทาง ไวยากรณ์	4.00	4.16	0.16	0.040	3
2. การจัดหากิจกรรมและสื่อการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงจูงใจที่ดี	3.98	4.15	0.17	0.044	2
3. การจัดเตรียมภาษาสำหรับชั้นเรียน (classroom language) เพื่อความคล่องตัว และสร้างโอกาสในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	3.84	4.15	0.31	0.081	1
4. การเตรียมการวัด และประเมินที่สอดคล้องกับมาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	3.96	4.00	0.04	0.010	4
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
1. ให้สถานการณ์ บทสนทนา สื่อการสนทนาแล้วให้นักเรียนจับคู่ หรือรวมกลุ่มเรียนรู้เพื่อฝึกฝนทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์	3.98	3.84	0.14	0.035	2
2. กำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารอย่าง กว้างขวาง	3.84	3.94	0.10	0.026	4
3. ใช้เพลง ละคร ศิลปะ และสื่อมัลติมีเดียเพื่อฝึกทักษะฟัง-พูด	3.88	4.00	0.12	0.031	3
4. ใช้เทคนิคการอ่านเนื้อเรื่องเพื่อจับใจความสำคัญ	3.92	4.02	0.10	0.026	4
5. ฝึกการเขียนประโยคสั้นๆ อธิบายภาพ โดยใช้ความสามารถ ทางภาษาอย่างสร้างสรรค์	3.92	4.02	0.10	0.026	4
6. จัดกิจกรรมฝึกทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสารโดยใช้บทบาท สมมุติที่เน้นการใช้ภาษาตามสถานการณ์ที่กำหนด	3.80	4.05	0.25	0.066	1
การวัดและประเมินผล					
1. ใช้เครื่องมือวัด และประเมินความสามารถด้านไวยากรณ์ อย่างหลากหลายตามหลักการประเมินตามสภาพจริง	3.92	4.00	0.08	0.020	2
2. ให้โอกาสผู้เรียนได้ออกแบบ และร่วมประเมินตนเอง เพื่อน และกลุ่มการทำงาน	3.78	3.90	0.12	0.032	1

สาระสำคัญของผลการวิจัยตามเสนอในตารางสรุปเป็น 3 ประเด็น คือ
ด้านการเตรียมจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่

1. การจัดเตรียมภาษาสำหรับชั้นเรียน (classroom language) เพื่อความคล่องตัว การฝึกฝนทักษะฟัง-พูด และสร้างโอกาสในการเรียนรู้ภาษาที่ใช้จริงในบริบทของห้องเรียนให้กับผู้เรียน
2. การจัดหากิจกรรม และสื่อการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงจูงใจที่ดีในการเรียน

3. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสาร
และความสามารถทางไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ

ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่

1. การจัดกิจกรรมฝึกทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสารโดยใช้บทบาทสมมุติที่เน้นการใช้ภาษาตาม
สถานการณ์ที่กำหนด

2. การจัดสถานการณ์ บทสนทนา สื่อการสอน แล้วให้นักเรียนจับคู่หรือรวมกลุ่มเพื่อเรียนรู้ฝึกฝนทักษะ
ทางภาษาเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ

3. ใช้เพลง ละคร ศิลปะ หรือสื่อมัลติมีเดียในการฝึกทักษะฟัง-พูด

ด้านการวัดและประเมินผล ได้แก่

1. การให้โอกาสผู้เรียนได้ออกแบบ และร่วมประเมินตนเอง เพื่อน และกลุ่มทำงาน

2. การใช้เครื่องมือวัด และประเมินความสามารถด้านไวยากรณ์อย่างหลากหลายตามหลักการประเมินตาม
สภาพจริง

นอกจากนี้ข้อมูลตามตารางที่ 2 ได้แสดงถึง รูปแบบการฝึกอบรมตามความต้องการที่จำเป็นคือ เป็น
หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการ (ร้อยละ 53) ที่มีระยะเวลาในการอบรม 2-3 วัน (ร้อยละ 48) ช่วงวันในสัปดาห์ที่
เหมาะสมคือ วันเสาร์และอาทิตย์ ระหว่าง 8.00-16.00 น. รองลงมาคือ วันจันทร์-ศุกร์ (ร้อยละ 38 และ 32
ตามลำดับ) เดือนที่เหมาะสมคือ เมษายน – มิถุนายน (ร้อยละ 56)

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นต่อรูปแบบกิจกรรมการฝึกอบรม

ความคิดเห็นต่อรูปแบบกิจกรรม	ความถี่	ร้อยละ
1. รูปแบบการฝึกอบรมที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมต่อบริบทของท่านและเพื่อน		
1.1 การประชุมทางวิชาการ	6	12.00
1.2 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ	27	53.00
1.3 การอบรมต่อเนื่องหลักสูตรระยะสั้น	13	26.00
1.4 การศึกษาด้วยตนเองจากสื่อต่างๆ	3	6.00
1.5 อื่นๆ	2	3.00
2. เวลาในการฝึกอบรมตลอดหลักสูตรที่สามารถเข้าอบรมได้		
2.1 1 วัน	12	24.00
2.2 2 - 3 วัน	24	48.00
2.3 3 - 5 วัน	6	12.00
2.4 มากกว่า 5 วัน	5	10.00
3. ท่านสะดวกที่จะเข้ารับการอบรมในช่วงเวลาใด		
3.1 วันจันทร์ – ศุกร์ เวลา 17.00 – 20.00 น.	10	20.00
3.2 วันจันทร์ – ศุกร์ เวลา 08.00 – 16.00 น.	16	32.00
3.3 วันเสาร์ – อาทิตย์ เวลา 08.00 – 16.00 น.	19	38.00
4. เดือนที่สะดวกในการรับการฝึกอบรม		
4.1 มกราคม – มีนาคม	4	8.00

4.2 เมษายน – มิถุนายน	28	56.00
4.3 กรกฎาคม – กันยายน	6	12.00
4.4 ตุลาคม – ธันวาคม	7	14.00
4.5 อื่น ๆ	2	4.00

2. หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์

การจัดทำหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้ข้อมูล/สารสนเทศที่เป็นความต้องการจำเป็นสูงสุดของกลุ่มเป้าหมายการวิจัย ที่ผ่านการประเมินและวิพากษ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิตามที่กำหนดไว้ สรุปว่าเป็นหลักสูตรที่มีองค์ประกอบสำคัญด้านวัตถุประสงค์ และโครงสร้างเนื้อหาสาระ ดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร มี 2 ประการ

2.1.1 พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และทักษะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทักษะการฟัง การพูด การอ่าน การเขียน และไวยากรณ์ ที่มุ่งเน้นความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

2.1.2 พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และทักษะการใช้ภาษาในชั้นเรียน และการเตรียมตัวของครูเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจที่ดีในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ

2.2 โครงสร้างเนื้อหาสาระ

หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาความสามารถของครูผู้สอนภาษาอังกฤษที่มุ่งเน้นการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6 มีสาระสำคัญของการอบรม ประกอบด้วย หลักการสำคัญ เทคนิควิธีปฏิบัติ และตัวอย่างการปฏิบัติ เนื้อหาทางการเรียนการสอนด้านทักษะทางภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร ไวยากรณ์ และการเตรียมตัวของครูเพื่อสร้างแรงจูงใจที่ดีในการเรียนภาษา ใช้ระยะเวลาในการอบรมประมาณ 3-5 วัน/ครั้ง หรือประมาณ 30-35 ชั่วโมง โครงสร้างเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนภาษาอังกฤษของโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพ ที่จัดอยู่ในอันดับสำคัญแสดงดังตารางที่ 3

ผลการประเมินคุณภาพหลักสูตรตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องของความเห็น (IOC) ที่ผ่านเกณฑ์กึ่งหนึ่งของความเห็นโดยรวมที่ 0.60 ทุกรายการ

ตารางที่ 3 โครงสร้างเนื้อหาสาระของหลักสูตร

หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหาสาระ	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
1. เตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	เตรียมตัวครู: 1. ภาษาสำหรับชั้นเรียน (classroom language) 2. การทำตนเป็นแบบอย่างในการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร ในชีวิตประจำวันของครู	ประมาณ 6
	เตรียมกิจกรรม/สื่อ: 3. การออกแบบการจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ การสร้างแรงจูงใจนักเรียน ทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสาร และความสามารถทางไวยากรณ์	ประมาณ 10

2. จัดกิจกรรมการ เรียนรู้	1. การจัดกิจกรรมฝึกทักษะทางภาษาเพื่อการสื่อสารโดยใช้บทบาท สมมุติที่เน้นการใช้ภาษาตามสถานการณ์ที่กำหนด 2. การใช้เพลง ละคร ศิลปะ หรือสื่อมัลติมีเดียเพื่อฝึกทักษะฟัง-พูด 3. การสอนทักษะการเรียนรู้/การจำคำศัพท์	ประมาณ 10
3. วัดและประเมินผล	1. การใช้เครื่องมือวัด และประเมินความสามารถด้านไวยากรณ์ภาษา อังกฤษอย่างหลากหลายตามหลักการประเมินตามสภาพจริง 2. การประเมินตามสภาพจริงแบบมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน	ประมาณ 6

อภิปรายผล

ข้อค้นพบสำคัญตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการ/แนวคิดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรอบรมครั้งนี้มีขั้นตอนการค้นคว้า 5 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาความต้องการการพัฒนาจัดการการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและไวยากรณ์ การวิเคราะห์จัดอันดับความสำคัญ การกำหนดเนื้อหาสาระ การกำหนดกิจกรรมการอบรม และการประเมินผล สอดคล้องกับการวิจัยด้านการพัฒนาหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการที่ผ่านมา [12]

2. องค์ประกอบตามโครงสร้างของหลักสูตร ประกอบด้วย

2.1 บทนำ มีใจความแสดงถึงความสำคัญของการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร และการใช้ไวยากรณ์ที่ถูกต้อง การเตรียมตัวของครูผู้สอน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้หลักสูตรและผู้รับบริการจากหลักสูตรได้ตระหนักถึงความสำคัญ
ของเนื้อหาสาระที่กำลังอบรม [15-18]

2.2 กิจกรรมการอบรมที่ใช้รูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการที่กำหนดให้ผู้รับการอบรมมีการฝึกปฏิบัติ
ระหว่างอบรมเป็นรายบุคคล และกลุ่มบุคคล เช่น จัดให้มีการแสดงบทบาทสมมุติซึ่งนอกจากจะทำให้ผู้รับการอบรม
ได้ฝึกฝนทักษะทางภาษาแล้วยังสอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้ใหญ่ที่เน้นผู้รับการอบรมเป็นศูนย์กลาง
[19]

2.3 เนื้อหาสาระของหลักสูตรอบรมทุกรายการกำหนดขึ้นตามข้อมูลผลการวิเคราะห์ความต้องการที่
จำเป็นที่จัดอยู่ในอันดับความสำคัญที่ 1-3 และสอดคล้องกับหลักการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร ที่เน้นการฝึกฝน
ความสามารถในการใช้ทักษะทางภาษาทั้ง 4 ทักษะ รวมทั้งการคำนึงถึงความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ [20-21]
และเพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและสร้างความประทับใจให้กับผู้เรียน จึงมีเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้ภาษาใน
ห้องเรียน และการทำตนเป็นแบบอย่างในการใช้ภาษาในชีวิตประจำวัน และการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้
ผู้เรียนได้ทำและร่วมกิจกรรมในห้องเรียน เช่น การจัดบทบาทสมมุติ การใช้สื่อมัลติมีเดียในการจัดการเรียนรู้แต่ละ
ทักษะตามความเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับหลักการสร้างแรงจูงใจภายนอก เพื่อให้เกิดผลต่อแรงจูงใจที่ดีต่อการเรียน
ภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ [22]

2.4 กระบวนการวัดประเมินผลผู้รับการอบรม ที่มุ่งเน้นความสามารถในการบรรลุวัตถุประสงค์ของ
หลักสูตร โดยกำหนดให้วิทยากรเป็นผู้ประเมินตามสภาพจริงด้วยวิธีสังเกตพฤติกรรมของผู้รับการอบรม และ
ประเมินจากชิ้นงานที่ฝึกปฏิบัติขณะอบรม [13]

3. การประเมินผลหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีประเมินโดยผู้ทรงวุฒิด้านหลักสูตร ด้านการสอน
เนื้อหาสาระเกี่ยวกับการสอนภาษาอังกฤษ [12] นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบประเมินคุณภาพหลักสูตรโดย
สังเคราะห์กระทงคำถามในแบบประเมินจำนวน 28 ข้อคำถามจากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรการ
อบรม และการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้ใหญ่จึงสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินรูปแบบทฤษฎีโปรแกรมของ Sidani
Sechest [14]

การใช้ประโยชน์จากการวิจัย

ผลผลิตของการวิจัยครั้งนี้จะก่อประโยชน์แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย ดังนี้

1. โรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู และโรงเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่มีบริบท เช่นเดียวกับโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู ที่จะสามารถเข้ารับการบริการทางวิชาการด้านการพัฒนาความสามารถทางการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร และไวยากรณ์ ด้วยหลักสูตรที่ผ่านกระบวนการพัฒนาจากการวิจัยครั้งนี้
2. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการที่พร้อมใช้ให้การอบรมแก่ ครูผู้สอนภาษาอังกฤษระหว่างปฏิบัติการ ในโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู โรงเรียนที่ขอรับบริการ และ นักศึกษาคหุวิชาเอกภาษาที่กำลังเตรียมตัวก่อนการฝึก และระหว่างฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู (practicum) ในโรงเรียนร่วมพัฒนาวิชาชีพครู

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัยเครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2543). *หลักและพื้นฐานการอุดมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุดมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] Johnston, C.; & Olekalns, N. (2000, September). Enriching the learning environment : a CALM approach. In *Paper for the EAIR Forum, Berlin, 2000*. Berlin: n.p.
- [3] วิมลภา เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2543). *การพัฒนานิสิตนักศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] พรุ่งทิพย์ กิติศรีปัญญา. (2547). *การพัฒนาความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยการสอนแบบมุ่งประสบการณ์ภาษา*. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพณิชยการพระนคร.
- [5] ศูนย์พัฒนาความสามารถทางภาษาอังกฤษ. (2553). *การเตรียมความพร้อมด้านภาษาอังกฤษสำหรับบัณฑิต*. ใน รายงานผลการประชุมเชิงปฏิบัติการ ตามบันทึกข้อความที่ ศบ 0506(7)/ก้นยายน 2552. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาความสามารถทางภาษาอังกฤษ, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.
- [6] อเนก กิมสุวรรณ; และ ปรารธนา กาลเนากุล. (ม.ป.ป.). *โครงการข้อมูลพื้นฐานการเรียนการสอนภาษาต่างประเทศและการใช้ภาษาต่างประเทศของภาคเหนือ และภาคใต้*. สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2553, จาก http://www.trf.or.th/news/content.asp?art_ID=46
- [7] ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. (2542). *การพัฒนาหลักสูตร: หลักการและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: อีสันเพลส.
- [8] ณีเทพ พิทักษ์นุรัตน์. (2542). *เทคนิคการฝึกอบรมและพัฒนา*. อุดรธานี: คณะวิทยาการจัดการ สถาบันราชภัฏอุดรธานี.
- [9] กริช อัมโภชน. (ม.ป.ป.). *การสร้างหลักสูตรฝึกอบรม*. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2554, จาก <http://www.tu.ac.th/org/ofrefector/person/train/handbook/assers.html>
- [10] Bernardin, H.J.; & Russell, J.E. (1998). *Human Resource Management; An Experiential Approach*. 2nd ed. New York: Mc Graw Hill.
- [11] ประเวศน์ มหารัตน์สกุล. (2550). *การจัดการทรัพยากรมนุษย์*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ตะวัน.

- [12] สุรุจุมิ รัชเมื่อง. (2546). *การออกแบบกระบวนการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อการพัฒนาคุณภาพโรงพยาบาลชุมชน: ศึกษากรณีโรงพยาบาลบางไทร อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดพังงา*. ปรินญาณินพนธ์ คม. (การจัดการคุณภาพการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- [13] Donald Kirkpatrick. (1950). *Training Programme Evaluation*. Retrieved January 24, 2010, from <http://www.businessballs.com/trainingprogramevaluation.html>
- [14] วิยะดา เหล่มตระกูล. (2546). *การพัฒนาวิธีประเมินความสำเร็จของการฝึกอบรมครู ตามแนวคิดการประเมินที่ใช้ทฤษฎีเป็นฐาน*. ปรินญาณินพนธ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [15] Lieberman, A.; & Mace, D.P. (2010). Making practice public: Teacher learning in the 21st century. *Journal of Teacher Education*. 6(1): 77-88.
- [16] Wilson, J. (1994). *Learning Training for Individuals & Organizations*. Retrieved January 20, 2010, from http://books.google.co.th/books?id=WWLNNFa_54c&pg=PA3496&lpp=pA3498
- [17] Delahaye, B.L.; & Smith, B.J. (1998). *How to be an effective trainer*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
- [18] สมชาติ กิจยรรยง; และ อรรถชัย ณ ตะกั่วทุ่ง. (2539). *เทคนิคการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [19] Edmonds, R. (1979). Effective schools for the urban poor. *Educational Leadership*. 37: 15-24.
- [20] Richards, J.C.; & Rodgers, T. (2001). *Approaches and Methods in Language Teaching*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- [21] Hedge, T. (2000). *Teaching and Learning in the Language Classroom*. Oxford: Oxford University Press.
- [22] Oxford, R.L.; & Shearin, J. (1994). Language learning motivation: expanding the theoretical framework. *Modern Language Journal*. 78: 12-28.
- [23] Johnson, K. (1979). Communicative Approaches and communicative processes. In *The Communicative Approach to Language Teaching*. Brumfit, C.J.; & Johnson, K., editors. Oxford: Oxford University Press.
- [24] สุวิมล ร่องวานิช. (2548). *การวิจัยประเมินความต้องการที่จำเป็น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SWU6-1067: การวิเคราะห์ระดับความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมของนิสิต นักศึกษาระดับอุดมศึกษา

AN ANALYSIS OF LEVEL OF PLAGIARISM UNDERSTANDING OF UNIVERSITY STUDENTS

วิไลวรรณ ศรีสงคราม^{*}, อวยพร เรืองตระกูล, สุวิมล ว่องวานิช

Wilaiwan Srisongkram^{*}, Auyporn Ruangtrakool, Suwimon Wongwanich

ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Educational Research Methodology, Faculty of Education, Chulalongkorn University,
Thailand.

^{*}Corresponding author, E-mail: wistar497@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ระดับความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมของนิสิตนักศึกษาระดับอุดมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจระดับและวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมของนิสิตนักศึกษามหาวิทยาลัยที่มีภูมิหลังต่างกันจำแนกตามประเภทของการลอกเลียนวรรณกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตนักศึกษาระดับอุดมศึกษาของมหาวิทยาลัยรัฐบาล และมหาวิทยาลัยเอกชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ครอบคลุมทั้งปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอกของทั้ง 3 กลุ่มสาขาวิชา ได้แก่ มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 611 คนที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรม มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้การตรวจสอบค่า IOC เท่ากับ 0.8-1.0 มีค่าความเที่ยง (reliability) เท่ากับ 0.92 ค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.2-0.75 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติภาคบรรยาย และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง (three – way ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS for Window

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวมและรายด้านระหว่างนักศึกษาที่ศึกษาในประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกันพบว่า ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวม และรายด้านได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาในด้านของความรู้ความเข้าใจโดยรวม ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน และด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิด ส่วนความรู้ความเข้าใจด้านอื่น ของการลอกเลียนวรรณกรรมได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษา ประเภทของมหาวิทยาลัยและสาขาวิชา และระดับการศึกษาและสาขาวิชา

คำสำคัญ: ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรม ระดับการลอกเลียนวรรณกรรม ประเภทของการลอกเลียนวรรณกรรม

Abstract

This research on an analysis of levels of plagiarism understanding of university students was designed with objective to survey the levels and analyze plagiarism understanding of university students who had different backgrounds separated by types of plagiarism. The sample were government and private university students of Bangkok and around Bangkok areas including whole of bachelor, master and doctor degrees in 3 fields: Humanity and Social science, Health science and Science and technology consist of total 611 students by using multi – stage random sampling to select these samples. The instrument was plagiarism understanding items. The IOC of content validity and reliability of items were 0.8-1.0 and 0.92 respectively. The difficulty value of items were between 0.2-0.8 and the discrimination value of items were 0.2-0.75. Data analysis included descriptive statistics, three – way ANOVA using SPSS for Windows.

The findings: The results of comparison of means of total and each side of plagiarism understanding among different types of university, educational levels and fields of study, it was found that total and each side of plagiarism understanding were received effect from interactions of three variables in total plagiarism understanding, partial plagiarism side and idea plagiarism side but whole plagiarism side, unsuitable paraphrasing side, wrong citation side and self plagiarism side were received effect from interactions between two variables: types of university and educational levels, types of university and fields of study, and educational levels and fields of study.

Keywords: Plagiarism understanding, Levels of plagiarism, Types of plagiarism

บทนำ

การลอกเลียนวรรณกรรมเป็นปัญหาที่พบได้มากในสถาบันอุดมศึกษา และมีความเป็นไปได้ที่จะมีความถี่เพิ่มมากขึ้นในอนาคตด้วยเหตุที่การลอกเลียนวรรณกรรมมีได้หลายลักษณะ มีหลายมิติ [1] และมีความซับซ้อนจึงเป็นการยากที่จะเข้าใจได้ครอบคลุมในทุกประเภทของการลอกเลียนวรรณกรรมว่าลักษณะใดบ้างที่จะเข้าข่ายของการลอกเลียนวรรณกรรม การขาดความรู้ความเข้าใจและการรับรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการลอกเลียนวรรณกรรมรวมทั้งในบางลักษณะของการลอกเลียนวรรณกรรมผู้กระทำการลอกเลียนวรรณกรรมอาจคิดว่าไม่ถือว่าเป็นการกระทำความผิด [2] จึงนำไปสู่การลอกเลียนวรรณกรรมในวงกว้างและโดยง่าย นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ ที่เอื้อต่อการลอกเลียนวรรณกรรม ซึ่งได้แก่ การใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ที่เอื้อต่อการคัดลอกงาน [3] การกระทำความผิดโดยการลอกเลียนวรรณกรรมของนักศึกษาที่มีการลงโทษที่เบาบางกว่ากรณีการทุจริตในกรณีอื่น อีกทั้งในหลายกรณีของการลอกเลียนวรรณกรรมตรวจสอบพบได้ยาก และปัญหาข้อบกพร่องพื้นฐานของผู้เรียนที่มีทักษะในการเขียนและการอ้างอิงที่ไม่ดี [4-6] ปัจจัยเหล่านี้ได้นำไปสู่การลอกเลียนวรรณกรรมทั้งในแบบตั้งใจและไม่ตั้งใจ [7] การลดระดับการลอกเลียนวรรณกรรมในผู้เรียนจะกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพถ้าสถาบันการศึกษายังไม่ทราบว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใดในลักษณะของการลอกเลียนวรรณกรรมประเภทต่างๆ จากความรู้ความเข้าใจที่ยังไม่ชัดเจนเกี่ยวกับการลอกเลียนวรรณกรรม และการขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการลอกเลียนวรรณกรรมของนักศึกษาไทย จึงทำให้การแก้ไขปัญหาการลอกเลียนวรรณกรรมเพื่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจให้กับนักศึกษากระทำไม่ได้ตรงเป้าประสงค์ เนื่องจากขาดข้อมูลและสารสนเทศที่จำเป็นในการวางแผนเพื่อการแก้ไขปัญหาและการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นว่านักศึกษาในระดับอุดมศึกษาของไทยมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการลอกเลียนวรรณกรรมอยู่

ในระดับใด อันจะนำไปสู่สารสนเทศที่สถาบันการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการพัฒนา การส่งเสริม และจัดโปรแกรมที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจให้กับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาได้ในลำดับต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรม โดยรวมและรายด้านระหว่างนักศึกษาที่ศึกษาอยู่ในประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจที่มีประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

ประชากร เป็นนิสิตนักศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาของรัฐบาลและสถาบันอุดมศึกษาเอกชนในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำนวน 852, 484 คน (ข้อมูลจากฐานข้อมูลอุดมศึกษาของสกอ ปี พ.ศ. 2553) เมื่อเปิดตารางการกำหนดขนาดตัวอย่างของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ประชากรมากกว่า 100,000 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะเป็น 400 คน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนิสิตนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอกจากสถาบันอุดมศึกษาของรัฐบาล 8 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และจากสถาบันอุดมศึกษาเอกชนจำนวน 8 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกริก มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มหาวิทยาลัยรังสิต วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย มหาวิทยาลัยศรีปทุม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ครอบคลุมกลุ่มสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 611 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยโดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาเครื่องมือวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมจากงานวิจัยที่ได้มีผู้ศึกษาไว้แล้ว โดยได้แนวทางในการพัฒนาเครื่องมือมาจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมของ Yeo [8] และจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจของ Maxwell, Curtis และ Vardanega [9] จากนั้นนำมาปรับปรุง แก้ไข และเพิ่มเติมในบริบทและลักษณะของเครื่องมือให้สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

2. ลักษณะของเครื่องมือ เป็นสถานการณ์จำลองที่ครอบคลุมประเภทของความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรม 6 ด้าน มีจำนวนทั้งสิ้น 19 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบ โดยในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามที่ให้ผู้ตอบพิจารณาว่าสถานการณ์ที่กำหนดให้ในแต่ละข้อเป็นการลอกเลียนวรรณกรรมหรือไม่ เป็นการลอกเลียนวรรณกรรมประเภทใด และเป็นกรกระทำผิดหรือไม่ รวมทั้งควรปฏิบัติตัวอย่างใดในสถานการณ์นั้น การให้คะแนนจะให้เป็น 0 และ 1 คะแนนเมื่อตอบผิดและตอบได้ถูกต้องตามลำดับ ผู้ตอบที่ได้คะแนนสูงจะถือว่ามีความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมมากกว่าผู้ตอบที่ได้คะแนนต่ำ

3. คุณภาพของเครื่องมือ เครื่องมือได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน และได้นำมาทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มนักศึกษามีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของ

เครื่องมือก่อนที่จะนำไปใช้จริงพบว่า มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.8-1.0 มีค่าความเที่ยง (reliability) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.92 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.2-0.75

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริง จากนั้นได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง (three – way ANOVA)

ผลการวิจัย

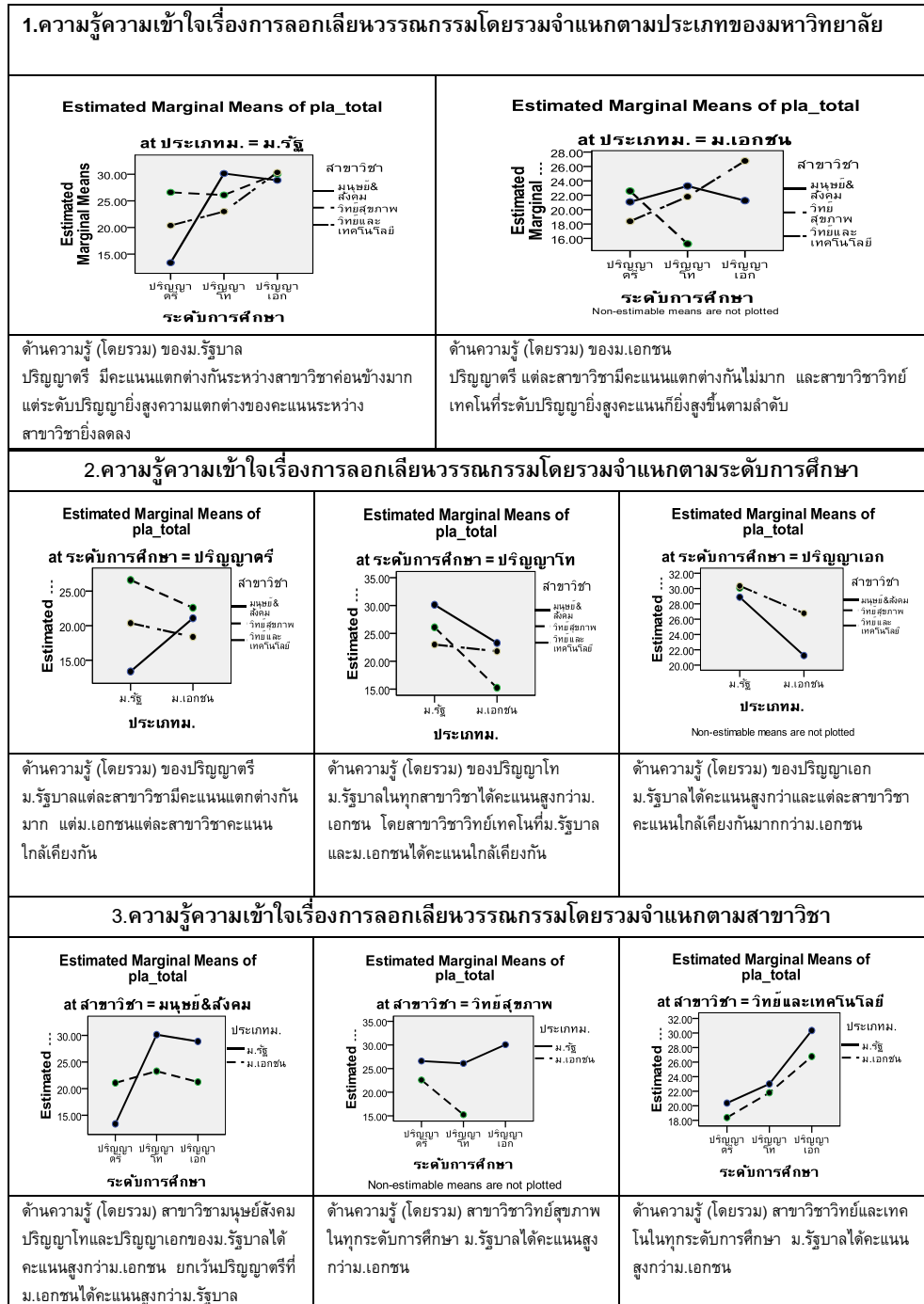
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลอิทธิพลปฏิสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทางเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวม และรายด้านระหว่างนักศึกษาที่ศึกษาอยู่ในประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

ตัวแปรที่ศึกษา	ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรม													
	โดยรวม		ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด		ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน		ด้านการถอดความอย่างไม่เหมาะสม		ด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง		ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิด		ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
-ประเภทของมหาวิทยาลัย	15.443**	0.000	7.302**	0.007	3.813	0.051	6.219*	0.013	13.156**	0.000	10.513**	0.001	5.988*	0.015
-ระดับการศึกษา	9.637**	0.000	13.832**	0.000	0.095	0.909	1.618	0.199	4.782**	0.009	13.732**	0.000	5.487**	0.004
-สาขาวิชา	0.119	0.888	0.961	0.383	0.358	0.699	0.906	0.405	0.258	0.773	0.872	0.419	2.784	0.063
-ประเภทของมหาวิทยาลัย	6.936**	0.001	<u>7.716**</u>	<u>0.000</u>	0.727	0.484	1.822	0.163	<u>4.153*</u>	<u>0.016</u>	2.496	0.083	<u>4.426*</u>	<u>0.012</u>
* ระดับการศึกษา														
-ประเภทของมหาวิทยาลัย	4.556*	0.011	2.261	0.105	1.345	0.261	1.495	0.225	<u>4.638*</u>	<u>0.010</u>	2.226	0.109	2.476	0.085
* สาขาวิชา														
-ระดับการศึกษา *	6.895**	0.000	<u>6.999**</u>	<u>0.000</u>	0.681	0.606	<u>3.255*</u>	<u>0.012</u>	<u>4.484**</u>	<u>0.001</u>	5.637**	0.000	<u>5.834**</u>	<u>0.000</u>
สาขาวิชา														
-ประเภทของมหาวิทยาลัย	<u>3.119*</u>	<u>0.026</u>	2.508	0.058	<u>5.339**</u>	<u>0.001</u>	2.490	0.059	2.581	0.053	<u>3.675*</u>	<u>0.012</u>	0.769	0.512
* ระดับการศึกษา *														
สาขาวิชา														

จากตารางสามารถสรุปอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาต่อค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวมและรายด้าน ได้ดังต่อไปนี้

1. ปฏิสัมพันธ์ 3 ระดับระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชา พบว่า ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวม ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิดได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวมของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา จำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

1. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วนจำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย		
<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at ประเภท. = ม.รัฐ</p> <p>สาขาวิชา มนุษย์ & สังคม สุขภาพ วิทย์และเทคนิควิทย์ วิทย์</p> <p>ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก</p> <p>ระดับการศึกษา</p>	<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at ประเภท. = ม.เอกชน</p> <p>สาขาวิชา มนุษย์ & สังคม สุขภาพ วิทย์และเทคนิควิทย์ วิทย์</p> <p>ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก</p> <p>ระดับการศึกษา</p> <p>Non-estimable means are not plotted</p>	
<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) ม.รัฐบาล ปริญญาตรี สาขาวิทย์เทคโนสูงกว่าสาขาอื่น ตรงข้ามกับปริญญาเอกที่สาขามนุษย์สังคมสูงกว่า ส่วนปริญญาโทไม่ต่าง</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) ม.เอกชน เฉพาะสาขาวิทย์เทคโนเท่านั้นที่ระดับปริญญาตรีสูงจะยิ่งมีคะแนนมาก</p>	
2. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วนจำแนกตามระดับการศึกษา		
<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at ระดับการศึกษา = ปริญญาตรี</p> <p>สาขาวิชา มนุษย์ & สังคม สุขภาพ วิทย์และเทคนิควิทย์ วิทย์</p> <p>ม.รัฐ ม.เอกชน</p> <p>ประเภท.</p>	<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at ระดับการศึกษา = ปริญญาโท</p> <p>สาขาวิชา มนุษย์ & สังคม สุขภาพ วิทย์และเทคนิควิทย์ วิทย์</p> <p>ม.รัฐ ม.เอกชน</p> <p>ประเภท.</p>	<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at ระดับการศึกษา = ปริญญาเอก</p> <p>สาขาวิชา มนุษย์ & สังคม สุขภาพ วิทย์และเทคนิควิทย์ วิทย์</p> <p>ม.รัฐ ม.เอกชน</p> <p>ประเภท.</p> <p>Non-estimable means are not plotted</p>
<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) ปริญญาตรี ม.รัฐบาลในแต่ละสาขาวิชาจะมีคะแนนแตกต่างกันมาก ส่วนม.เอกชนมีคะแนนใกล้เคียงกัน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) ปริญญาโท ม.รัฐบาล สาขาวิชาวิทย์สุขภาพได้คะแนนสูงสุด แต่ตรงกันข้ามกับม.เอกชนที่กลับได้คะแนนต่ำสุด ส่วนสาขาวิชาอื่นได้คะแนนใกล้เคียงกันทั้งม.รัฐบาลและม.เอกชน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) ปริญญาเอก ในแต่ละสาขาวิชา ม.รัฐบาลได้คะแนนตรงข้ามกันกับม.เอกชน</p>
3. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วนจำแนกตามสาขาวิชา		
<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at สาขาวิชา = มนุษย์ & สังคม</p> <p>ประเภท.</p> <p>ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก</p> <p>ระดับการศึกษา</p>	<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at สาขาวิชา = วิทย์สุขภาพ</p> <p>ประเภท.</p> <p>ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก</p> <p>ระดับการศึกษา</p> <p>Non-estimable means are not plotted</p>	<p>Estimated Marginal Means of p_total</p> <p>at สาขาวิชา = วิทย์และเทคนิควิทย์</p> <p>ประเภท.</p> <p>ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก</p> <p>ระดับการศึกษา</p>
<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) สาขาวิชามนุษย์ & สังคม ม.รัฐบาล จากปริญญาตรีจนถึงปริญญาเอก คะแนนจะสูงขึ้นตามลำดับ ส่วนม.เอกชน จะมีคะแนนลดลง</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) สาขาวิชาวิทย์สุขภาพ ม.รัฐบาล ในทุกระดับปริญญาได้คะแนนสูงกว่าม.เอกชนทั้งหมด</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกบางส่วน) สาขาวิชาวิทย์เทคโน ม.รัฐบาลได้คะแนนสูงกว่าม.เอกชนในระดับปริญญาตรี ปริญญาโทคะแนนไม่แตกต่างและปริญญาเอกม.เอกชนได้คะแนนสูงกว่าม.รัฐบาล</p>

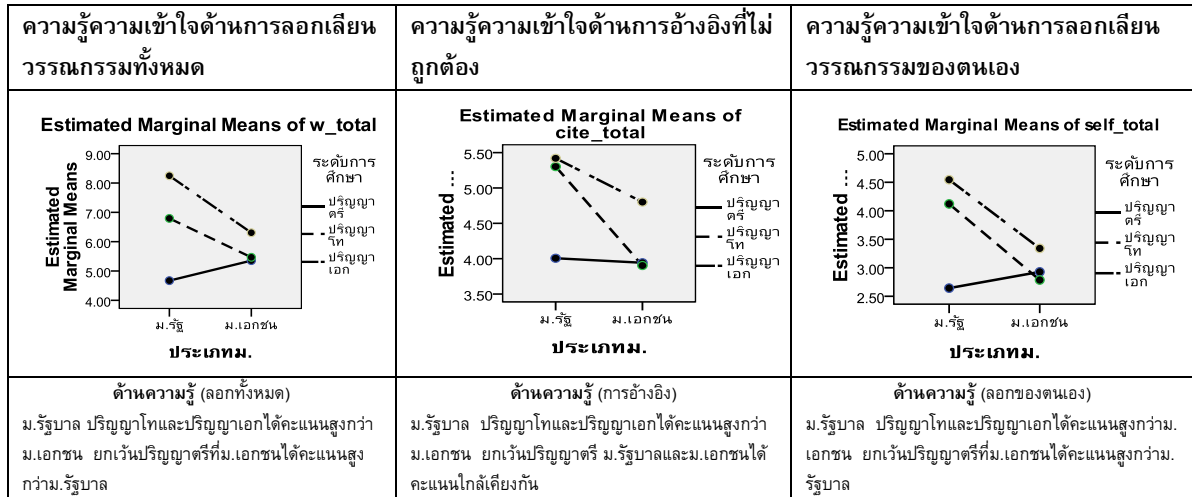
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน จำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

<p>1. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางด้านความคิดจำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย</p>		
<p>Estimated Marginal Means of idea_total at ประเภท. = ม.รัฐ.</p>	<p>Estimated Marginal Means of idea_total at ประเภท. = ม.เอกชน.</p>	
<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) ม.รัฐบาล ระดับปริญญาตรี สาขาวิชามนุษย์ & สังคมได้คะแนนต่ำมาก ส่วนปริญญาโทและปริญญาเอก ในแต่ละสาขาวิชาจะมีคะแนนใกล้เคียงกัน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) ม.เอกชน โดยภาพรวม ระดับปริญญาที่สูงขึ้นจะได้คะแนนที่สูงขึ้น และสาขาวิชาวิทยุเทคโนจะได้คะแนนสูงขึ้นตามลำดับเมื่อระดับการศึกษาสูงขึ้น</p>	
<p>2. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางด้านความคิดจำแนกตามระดับการศึกษา</p>		
<p>Estimated Marginal Means of idea_total at ระดับการศึกษา = ปริญญาตรี.</p>	<p>Estimated Marginal Means of idea_total at ระดับการศึกษา = ปริญญาโท.</p>	<p>Estimated Marginal Means of idea_total at ระดับการศึกษา = ปริญญาเอก.</p>
<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) ปริญญาตรี ในแต่ละสาขาวิชา ม.รัฐบาลได้คะแนนสูงกว่า ม.เอกชน ยกเว้นสาขาวิชามนุษย์ & สังคมที่ ม.รัฐบาลได้คะแนนต่ำกว่า ม.เอกชน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) ปริญญาโท ม.รัฐบาลในทุกสาขาวิชาได้คะแนนสูงกว่า ม.เอกชน และสาขาวิชามนุษย์ & สังคมทั้ง ม.รัฐบาลและ ม.เอกชน ได้คะแนนสูงสุด</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) ปริญญาเอก ม.รัฐบาล สาขาวิชาวิทยุสุขภาพได้คะแนนสูงสุด สาขาวิชามนุษย์ & สังคมได้คะแนนสูงกว่า ม.เอกชน แต่สาขาวิชาวิทยุเทคโน ม.รัฐบาลและ ม.เอกชน ได้คะแนนอยู่ในระดับเดียวกัน</p>
<p>3. ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางด้านความคิดจำแนกตามสาขาวิชา</p>		
<p>Estimated Marginal Means of idea_total at สาขาวิชา = มนุษย์ & สังคม.</p>	<p>Estimated Marginal Means of idea_total at สาขาวิชา = วิทยุสุขภาพ.</p>	<p>Estimated Marginal Means of idea_total at สาขาวิชา = วิทยุและเทคนิโคโน.</p>
<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) สาขาวิชามนุษย์ & สังคม ม.รัฐบาลได้คะแนนต่ำกว่า ม.เอกชนในระดับปริญญาตรี แต่ปริญญาโทและเอก ม.รัฐบาลได้คะแนนสูงกว่า ม.เอกชน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) สาขาวิชาวิทยุสุขภาพ ในทุกะดับปริญญา ม.รัฐบาลได้คะแนนสูงกว่า ม.เอกชน</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกความคิด) สาขาวิชาวิทยุเทคโน ม.รัฐบาลและ ม.เอกชน ได้คะแนนสูงขึ้นตามระดับปริญญาที่สูงขึ้น โดยระดับปริญญาที่ต่ำกว่าจะมีความแตกต่างของคะแนนระหว่างประเภทของ ม.ค่อนข้างมาก</p>

ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิด จำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

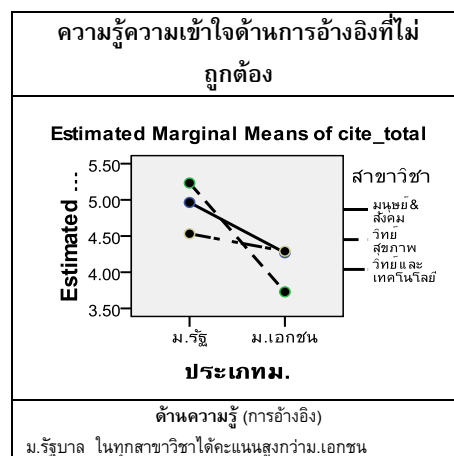
2. ปฏิสัมพันธ์ 2 ระดับ จำแนกได้เป็น 2.1) ประเภทของมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษา 2.2) ประเภทของมหาวิทยาลัยและสาขาวิชา 2.3) ระดับการศึกษาและสาขาวิชา

2.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษาพบว่า ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง ได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง จำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน

2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและสาขาวิชาพบว่า มีเพียง 1 ด้าน คือ ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้องที่ได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย และสาขาวิชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง จำแนกตามประเภทของมหาวิทยาลัย และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษาและสาขาวิชาพบว่า ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด ความรู้ความเข้าใจด้านการถอดความอย่างไม่เหมาะสม ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเองได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษาและสาขาวิชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังภาพที่ 6

ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด	ความรู้ความเข้าใจด้านการถอดความอย่างไม่เหมาะสม	ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง	ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง
<p>Estimated Marginal Means of w_total</p>	<p>Estimated Marginal Means of pha_total</p>	<p>Estimated Marginal Means of cite_total</p>	<p>Estimated Marginal Means of self_total</p>
<p>ด้านความรู้ (ลอกทั้งหมด) โดยภาพรวม คะแนนสูงขึ้นตามระดับปริญญาที่สูงขึ้น โดยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้คะแนนสูงขึ้นตามลำดับการศึกษาที่สูงขึ้น</p>	<p>ด้านความรู้ (การถอดความ) ปริญญาตรี สาขาวิชาที่ได้คะแนนสูงสุดคือ วิทยาศาสตร์ สาขาวิชาที่ได้คะแนนในแต่ละสาขาวิชาแตกต่างกันมาก ส่วนปริญญาโทและเอกในแต่ละสาขาวิชาจะมีคะแนนใกล้เคียงกันมากกว่าปริญญาตรี</p>	<p>ด้านความรู้ (การอ้างอิง) สาขาวิชามนุษย์ & สังคม และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะมีคะแนนเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อระดับปริญญาสูงขึ้น</p>	<p>ด้านความรู้ (ลอกของตนเอง) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะมีคะแนนใกล้เคียงกันในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ส่วนสาขาวิชามนุษย์ & สังคม ในระดับปริญญาโทและเอกจะมีคะแนนแตกต่างจากสาขาวิชาอื่นค่อนข้างมาก</p>

ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด ความรู้ความเข้าใจด้านการถอดความอย่างไม่เหมาะสม ความรู้ความเข้าใจด้านการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง จำแนกตามระดับการศึกษา และสาขาวิชาที่แตกต่างกัน

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาที่ได้ มีข้อค้นพบที่น่าสนใจและเป็นประเด็นสำคัญในการอภิปราย สรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ 3 ระดับ พบว่า ด้านที่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ 3 ระดับระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัย ระดับการศึกษา และสาขาวิชา ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวม ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน และความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิด โดยการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่า ความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมโดยรวมและความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทางความคิดมีลักษณะผลที่ได้คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ความรู้ความเข้าใจของนิสิตนักศึกษามหาวิทยาลัยรัฐบาลสูงกว่ามหาวิทยาลัยเอกชนในทุกระดับการศึกษา ยกเว้นสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ในระดับปริญญาตรีเท่านั้นที่ได้คะแนนความรู้ความเข้าใจต่ำกว่ามหาวิทยาลัยเอกชน และนิสิตนักศึกษาที่มีระดับการศึกษาสูงขึ้นไปมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนความรู้ความเข้าใจสูงขึ้นตามลำดับ

สำหรับความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมบางส่วน สาขาวิชาที่พัฒนาความรู้ความเข้าใจได้ตามระดับการศึกษาที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมหาวิทยาลัยรัฐบาลและมหาวิทยาลัยเอกชน จะเห็นได้ว่ามหาวิทยาลัยรัฐบาลจะเป็นสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ส่วนมหาวิทยาลัยเอกชนจะเป็นสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่วนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยรัฐบาลจะได้คะแนนสูงกว่า

มหาวิทยาลัยเอกชนในทุกระดับการศึกษา และในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยรัฐบาลยังมีความแตกต่างของ
คะแนนในแต่ละสาขาวิชามากกว่ามหาวิทยาลัยเอกชน

2. ผลการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ 2 ระดับ สามารถจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

2.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและระดับการศึกษาพบว่า ปริญญาโทและปริญญา
เอกของมหาวิทยาลัยรัฐบาลมีคะแนนความรู้ความเข้าใจด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด ด้านการอ้างอิงที่ไม่
ถูกต้อง และด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเองสูงกว่ามหาวิทยาลัยเอกชนค่อนข้างมาก แต่ในระดับปริญญา
ตรีมหาวิทยาลัยรัฐบาลและมหาวิทยาลัยเอกชนมีคะแนนความรู้ความเข้าใจในด้านเหล่านี้ไม่แตกต่างจากกันมาก
นัก

2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของมหาวิทยาลัยและสาขาวิชาพบว่า ความรู้ความเข้าใจด้านการ
อ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง มหาวิทยาลัยรัฐบาลได้คะแนนสูงกว่ามหาวิทยาลัยเอกชนทั้งหมดในทุกสาขาวิชา

2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษาและสาขาวิชาพบว่า คะแนนความรู้ความเข้าใจในบาง
สาขาวิชาไม่ได้เพิ่มสูงขึ้นตามระดับการศึกษาที่สูงขึ้น เช่น ด้านการลอกเลียนวรรณกรรมของตนเอง สาขาวิชา
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปริญญาเอกได้คะแนนต่ำกว่าปริญญาโท หรือด้านการลอกเลียนวรรณกรรมทั้งหมด
และด้านการถอดความอย่างไม่เหมาะสม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ปริญญาโทได้คะแนนต่ำกว่าปริญญาตรี

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่าการศึกษาที่มหาวิทยาลัยรัฐบาลได้คะแนนสูงกว่า
มหาวิทยาลัยเอกชน อาจเป็นเพราะมหาวิทยาลัยรัฐบาลมีโอกาสในการคัดเลือกนักศึกษาที่มีความสามารถสูงกว่า
เข้ามาเรียนได้ก่อนมหาวิทยาลัยเอกชน ทั้งนี้ได้มีการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาที่ได้สนับสนุนว่า นักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์
ในการเรียนสูงกว่าจะมีการลอกเลียนวรรณกรรมที่ต่ำกว่า [10] อันเนื่องมาจากผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
สูงจะมีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนในการกระทำสิ่งต่าง ๆ [11] จึงมีการทำสิ่งต่าง ๆ โดยอาศัยศักยภาพ
ของตน ดังนั้น จึงส่งผลให้มีการลอกเลียนวรรณกรรมและการกระทำทุจริตในการสอบน้อยกว่าผู้เรียนที่มี
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ นอกจากนี้ในนิสิตนักศึกษาที่มีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นยังมีแนวโน้มที่จะมีคะแนน
ความรู้ความเข้าใจเรื่องการลอกเลียนวรรณกรรมสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าผู้เรียนในระดับชั้นเรียนที่
สูงขึ้นจะมีวุฒิภาวะทางความคิด ประกอบกับความมีประสบการณ์ในการคิดพิจารณาสิ่งต่าง ๆ อย่างรอบคอบ
มากกว่าผู้เรียนในระดับชั้นเรียนที่ต่ำกว่า จึงทำให้ผู้เรียนในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้นมีความลึกซึ้งในการพิจารณา
สถานการณ์ต่าง ๆ ของการลอกเลียนวรรณกรรมและสามารถตัดสินใจได้ดีว่าสถานการณ์ใดบ้างที่เป็นการลอก
เลียนวรรณกรรมประเภทใด มีความสามารถที่จะพิจารณาว่าการกระทำใดถูกหรือผิดโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อ
คนอื่น โดยสามารถพิจารณาได้ว่าการนำเอางานของคนอื่นมาเป็นของตนเองโดยทางอ้อม แม้ว่าจะไม่ใช่การลอก
เลียนวรรณกรรมโดยตรงก็ตามก็ยังถือได้ว่าสถานการณ์นั้นมีความผิดในทางจริยธรรม ผลการศึกษาดังกล่าวนี้
ได้รับการสนับสนุนโดยการศึกษาของ Smyth, Davis และ Kroncke [12] ที่ได้พบว่า นักศึกษาที่ศึกษาอยู่ใน
ระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้นจะมีจริยธรรมมากกว่านักศึกษาที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นเรียนที่ต่ำกว่า สอดคล้องกับ
Eastman, Eastman และ Iyer [13] และ Atmeh และ Al – Khadash [14] ที่ได้พบว่า นักศึกษาในชั้นเรียนปี
สุดท้ายจะโกงน้อยกว่า ยิ่งไปกว่านั้นข้อมูลจากการศึกษาวิจัยพบอีกว่า ในระดับปริญญาตรีแนวโน้มของคะแนน
ความรู้ความเข้าใจในระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ มีความแตกต่างของคะแนนค่อนข้างมากกว่าในระดับปริญญาโทและ
ปริญญาเอก ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะว่าในระดับปริญญาตรีนี้นิสิตนักศึกษาที่รับเข้ามาเรียนในแต่ละสาขาวิชายังไม่
ค่อยมีพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนในเรื่องของทักษะการเขียนและการอ้างอิงที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของ
การไม่ลอกเลียนวรรณกรรม แต่เมื่อนักศึกษาได้เข้ามาเรียนในหลักสูตรปริญญาโทและปริญญาเอกแล้ว นักศึกษา
จำเป็นจะต้องมีการทำวิทยานิพนธ์ ผู้เรียนจึงต้องมีการปรับพื้นความรู้ในเรื่องของการเขียนที่เป็นพื้นฐานสำคัญใน
เรื่องของการลอกเลียนวรรณกรรม จึงทำให้นิสิตนักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น ความแตกต่างของคะแนนใน

แต่ละสาขาวิชาจึงลดลงซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนในระดับการศึกษาที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะมีคะแนนความรู้ความเข้าใจโดยรวมสูงขึ้นตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Iyer, R.; & Eastman, J.K. (2008, Summer). The impact of unethical reasoning on academic dishonesty: exploring the moderating effect of social desirability. *Marketing Education Review*. 18(2): 21-33.
- [2] Molnar, K.K.; Kletke, M.G.; & Chongwatpol, J. (2008, December). Ethics vs. IT ethics: Do undergraduate students perceive a difference?. *Journal of Business Ethics*. 83(4): 657-671.
- [3] Arhin, A.O. (2009, Winter). A pilot study of nursing student's perceptions of academic dishonesty: a generation Y perspective. *The ABNF Journal*. 20(1): 17-21.
- [4] Sabieh, C. (2002). An ELT's solution to combat plagiarism: "Birth" of CALL. In *Paper presented at the Annual International Information Technology and Universities in Asia conference*. pp. 1-15. Bangkok: Asia conference.
- [5] McGowan, S.; & Lightbody, M. (2008, April). Another chance to practice: Repeating plagiarism education for EAL students within a discipline context. *International Journal for Educational Integrity*. 4(1): 16-30.
- [6] Chanock, K. (2008, April). When students reference plagiarized material – what can we learn (and what can we do) about their understanding of attribution?. *International Journal for Educational Integrity*. 4(1): 3-16.
- [7] Hochstein, D.D.; et al. (2008, Spring). Examining the issue of academic plagiarism: What do students at Wright State University Lake Campus know about plagiarism? *AURCO Journal*. 14: 59-81.
- [8] Yeo, S. (2007, June). First – year university science and engineering students' understanding of plagiarism. *Higher Education Research & Development*. 26(2): 199-216.
- [9] Maxwell, A.; Curtis, G.J.; & Vardanega, L. (2008, December). Does culture influence understanding and perceived seriousness of plagiarism? *International Journal for Educational Integrity*. 4(2): 25-40.
- [10] Selwyn, N. (2008, November). A safe haven for misbehaving ? : An investigation of online misbehavior among university students. *Social Science Computer Review*. 26(4): 446-465.
- [11] Seval, E.K. (2010, January). A study on preservice English teachers' self – efficacy perceptions and tendency towards academic dishonesty. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2(2): 4985-4990.
- [12] Smyth, L.S.; Davis, J.R.; & Kroncke, C.O. (2009, March/April). Students' perceptions of business ethics: using cheating as a surrogate for business situations. *Journal of Education for Business*. 229-238.

- [13] Eastman, K.L.; Eastman, J.K.; & Iyer, R. (2008, Spring). Academic dishonesty: An exploratory study examining whether insurance students are different from other college students. *Risk Management and Insurance Review*. 11(1): 209-226.
- [14] Atmeh, M.; & Al – Khadash, H. (2008, April). Factors affecting cheating behavior among accounting students (Using the Theory of planned behavior). *Journal of Accounting – Business & Management*. 15(1): 109-125.

**SWU6-1088: การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพื่อจัดสวัสดิการที่เหมาะสมต่อพนักงานใน
สถาบันอุดมศึกษาของรัฐ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**
**ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR OPTIMAL WELFARE OF UNIVERSITY
EMPLOYEES: A CASE STUDY OF UBONRATGHATHANI RATCHABHAT UNIVERSITY**

คณิศร ภูนิคม¹, พีมา พรประเสริฐ^{2*}

Kanisorn Poonikom¹, Peema Pornprasert^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Thailand.

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

²Department of Industrial Management Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubonratchathani Ratchabhat University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: peema2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการจัดสวัสดิการสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัย พร้อมทั้งเสนอแนะสัดส่วนที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัย วิธีการในการศึกษาในครั้งนี้เริ่มจากการสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง กำหนดปัจจัยเอื้อหนุนต่อการจัดสวัสดิการสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัย จากนั้นสร้างตัวแบบในการหาปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) ในหาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย กลุ่มเป้าหมายในการสอบถามเน้นบุคลากรสายผู้สอนภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้แก่ผู้บริหารมหาวิทยาลัย ข้าราชการ และพนักงานมหาวิทยาลัยพบว่า มีปัจจัย 2 ประเภทที่เอื้อต่อการพัฒนาองค์กรคือ สิทธิและสวัสดิการที่จัดสรรให้โดยรัฐบาล และมหาวิทยาลัยเอง และสวัสดิการที่บุคลากรสายผู้สอนต้องการเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ด้านสุขภาพและประกันสุขภาพ ด้านการศึกษา ด้านที่อยู่อาศัย ด้านเศรษฐกิจ ด้านกระบวนการยุติธรรม ด้านประกอบอาชีพ และด้านบริการสังคม สำหรับสิทธิประโยชน์ ได้แก่สิทธิในการได้รับค่าตอบแทนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด ถัดจากนั้นเป็นสิทธิประโยชน์หลังออกจากงาน และสิทธิในการลาโดยได้รับค่าจ้างเงินเดือน อย่างไรก็ตามในการพัฒนาองค์กรเพื่อความยั่งยืน ผู้บริหารมหาวิทยาลัยควรตระหนักถึงความสำคัญ โดยให้มีผลในทางปฏิบัติ ด้วยกำหนดนโยบายและแผนงานด้านสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ จัดตั้งคณะกรรมการบริหารสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ จัดตั้งองค์กรที่ไม่ยึดติดกับระบบราชการให้มากขึ้น และให้มีการติดตามและประเมินผลด้านสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ พร้อมทั้งรายงานต่อสภามหาวิทยาลัยและประชาสัมพันธ์ให้บุคลากรได้รับทราบสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น สวัสดิการที่เหมาะสม

Abstract

The objective of this research is to find factor/criteria affecting to autonomous university development including offer the optimal model. The study starts from collecting and synthesizing data related to welfare and benefit allocation decision. Then, formulating the suitable decision model by

Analytical Hierarchy Process performed. This study results found that two main criteria were used the allocation comprises: welfare and benefit aspect. Consideration, the sub-criteria under main factor, welfare, which most important is shown following: health and healthy assurance aspect, education, accommodation, economic, justice, career support, and social service, respectively. Moreover, consideration, the sub-criteria under main factor, Benefit, which most important is shown following: return right aspect, right after retire, and right of vacation by receiving salary, respectively.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Optimal Welfare

บทนำ

ในปัจจุบันสถาบันอุดมศึกษาของรัฐในประเทศไทยมีการพยายามเปลี่ยนแปลงระบบและโครงสร้างจากแบบดั้งเดิมไปสู่ระบบใหม่ โดยมีเหตุผลหลายประการ เช่น ต้องการกำจัดความสูญเปล่าจากระบบเก่าซึ่งมีระเบียบหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ มากมาย ทำให้เกิดความล่าช้า ในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ และไร้ประสิทธิภาพ ส่งผลให้ความขาดความคล่องตัว ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการบริหารงานบุคคล การบริหารงบประมาณ การเงินและพัสดุ ต้องการความเป็นอิสระในการบริหารงาน ต้องการความคล่องตัวในการพัฒนางานวิชาการตลอดจนต้องการมีบทบาทด้านความเชี่ยวชาญด้านปัญหาสังคมท้องถิ่นที่มหาวิทยาลัยนั้นๆ สังกัดอยู่ นอกจากนี้การประสบปัญหาวิกฤตเศรษฐกิจ ในปีพุทธศักราช 2540 ทำให้ประเทศไทยต้องมีการเสนอขอความช่วยเหลือด้านการเงินและวิชาการจากกองทุนการเงินระหว่างประเทศ แนวคิดเกี่ยวกับการแปรสภาพมหาวิทยาลัยของรัฐให้ออกนอกระบบราชการ ก็ถูกกำหนดไว้เป็นเงื่อนไขหนึ่งที่กองทุนการเงินระหว่างประเทศ ต้องการจากแนวความคิดและความก้าวหน้าของการนำมหาวิทยาลัยออกจากระบบราชการดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสถานภาพจากมหาวิทยาลัยของรัฐที่เป็นส่วนราชการไปเป็นมหาวิทยาลัยของรัฐที่ไม่เป็นส่วนราชการตามกฎหมายที่ว่าด้วยระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน และกฎหมายว่าด้วยการปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม และไม่เป็นรัฐวิสาหกิจตามกฎหมายว่าด้วยวิธีการงบประมาณ และกฎหมายอื่น แต่อยู่ในกำกับดูแลของรัฐ โดยให้สภามหาวิทยาลัย มีอำนาจอกระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับการบริหารการเงิน ทรัพย์สิน บุคคล วิชาการ และการดำเนินงานต่างๆ ให้สิ้นสุด ณ ระดับสภามหาวิทยาลัย [1]

ปัญหาหลักอย่างหนึ่งของมหาวิทยาลัยรัฐซึ่งมีมาตั้งแต่ในระบบเก่าก็คือบุคลากรมีรายได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานในภาคเอกชน ส่งผลให้บุคลากรหรืออาจารย์หารายได้เพิ่ม ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับอุทิศให้แก่งานการพัฒนาวิชาการอย่างเต็มที่ ผนวกกับสวัสดิการต่างๆ ที่ได้รับก็น้อยกว่าภาคเอกชน แต่เมื่อมองถึงข้อดีในอาชีพ บุคลากรในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐแบบเก่ามีความมั่นคง ภูมิใจในตำแหน่งข้าราชการ และภาระหน้าที่ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการทำงาน แต่ในปัจจุบันเมื่อมีการนำมหาวิทยาลัยออกจากระบบราชการข้อดีเหล่านี้ก็ถูกลดทอนหรือปรับเปลี่ยนในหลายด้าน บุคลากรถูกเปลี่ยนจากข้าราชการเป็นพนักงาน ความมั่นคงถูกลดลงจากการเกษียณอายุราชการเป็นการทำสัญญารายปี ราย 3 ปี หรือ ราย 5 ปี อีกทั้งยังไม่มี ความชัดเจนเรื่องสวัสดิการและโอกาสก้าวหน้าในตำแหน่งหน้าที่ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้สถาบันอุดมศึกษาของรัฐต้องสูญเสียบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถสูงไปสู่ภาคธุรกิจเอกชน รวมทั้งยังไม่สามารถดึงดูดคนรุ่นใหม่เข้ามาทำงานภาครัฐหรือเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้ ส่วนบุคลากรที่มีอยู่ก็ขาดขวัญกำลังใจที่ดี นับว่าเป็นการบั่นทอนประสิทธิภาพขององค์กรภาครัฐอย่างมาก [2]

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีเป็นสถาบันการศึกษาที่มีสถานภาพเป็นส่วนราชการ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ บุคลากรประกอบด้วย บุคลากรสายวิชา คือ อาจารย์ผู้สอน บุคลากรสายสนับสนุนวิชาการ ได้แก่ ข้าราชการ ลูกจ้าง นอกเหนือจากนี้ยังมีพนักงานมหาวิทยาลัยที่เป็นบุคลากรทั้งสายวิชาการ และสายสนับสนุนวิชาการ ในเมื่อมหาวิทยาลัยประกอบด้วยบุคลากรหลากหลายสถานภาพและตำแหน่งทำให้การจัดการสวัสดิการและสิทธิประโยชน์มีมากมายและหลากหลายรูปแบบ ทั้งในส่วนที่ได้รับจาก

ระบบราชการจัดสรรให้ มหาวิทยาลัยจัดสรรให้ หรือส่วนราชการหรือหน่วยงานอื่นๆจัดสรรให้ ตามกฎหมายระเบียบข้อบังคับหรือการเข้าเป็นสมาชิกของบุคลากรในบางตำแหน่ง บางสถานภาพก็ได้รับการจัดสรรสวัสดิการและสิทธิประโยชน์มากกว่าบุคลากรในบางตำแหน่ง บางสถานภาพอย่างเทียบเท่ากันไม่ได้ ทั้งเงินประจำตำแหน่งเงินรายได้พิเศษ เงินค่าวิชาการความรู้ สวัสดิการที่พักอาศัย ค่าน้ำมัน รถประจำตำแหน่ง ทั้งยังไม่นับในเรื่องสิทธิประโยชน์ที่ได้รับการทางการสนับสนุนทางการศึกษา พัฒนาวิชาการ และอื่นๆ บางครั้งจะเห็นถึงความเหลื่อมล้ำการแบ่งชนชั้นทางสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ บุคลากรบางส่วนของมหาวิทยาลัยจึงได้แต่ปฏิบัติหน้าที่ไปตามระบบหรือคำสั่ง ของขวัญกำลังใจ ขาดการพัฒนา และขาดโอกาสในการก้าวหน้า [3]

ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีด้านการจัดการบุคลากร โดยเฉพาะพนักงานมหาวิทยาลัยซึ่งเป็นตำแหน่งที่รับเข้าใหม่ เกิดขวัญกำลังใจในการปฏิบัติงาน รวมทั้งเป็นการรักษาไว้ซึ่งบุคลากรที่มีค่าอยู่ในการพัฒนาองค์กร ผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหมายที่จะศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ หารูปแบบที่เหมาะสมของสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ที่บุคลากรมหาวิทยาลัยควรได้รับอย่างเพียงพอและสามารถกระตุ้นหรือจูงใจให้บุคลากรแสดงสมรรถนะของตนเองในการปฏิบัติงานอย่างเต็มกำลังความสามารถ

การทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาวิจัยสภาพปัญหาและความต้องการของบุคลากรต่อการจัดสวัสดิการกองทุนสวัสดิการแต่ละประเภทที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีจัดให้กับของบุคลากรในมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ดังนี้

1) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความต้องการ

Zalesnich [4] ได้แบ่งความต้องการของมนุษย์เป็น 2 อย่างคือ 1) ความต้องการภายนอก เป็นความต้องการทางกายภาพ เช่น ความสะอาด สบายในสภาพแวดล้อมของที่ทำงาน ความมั่นคงในตำแหน่งหน้าที่ และรายได้ตอบแทนที่ได้รับและการได้ทำงานที่ตนเองถนัด 2) ความต้องการภายใน เป็นความต้องการที่มีผลสนองต่อทางด้านจิตใจ เช่น การได้รับการยอมรับจากคณะผู้ร่วมงาน ความเป็นเพื่อน ความรักใคร่ การได้รับเกียรติและความไว้วางใจจากหมู่คณะ และการประสบความสำเร็จในผลของงาน

Maslow [5] ได้ตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลาย และมีสมมติฐานที่สำคัญต่อการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์ ดังนี้ 1) มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอและไม่มีที่สิ้นสุด แต่สิ่งที่มนุษย์ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับว่าเขามีสิ่งนั้นอยู่แล้วหรือยัง ขณะที่ความต้องการใด ได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการอย่างอื่นจะเข้ามาแทนที่ กระบวนการนี้ไม่มีที่สิ้นสุดและจะเริ่มตั้งแต่เกิดจนกระทั่งตาย 2) ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้ว จะไม่เป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรมอีกต่อไป ความต้องการที่ไม่ได้รับการตอบสนองเท่านั้นเป็นสิ่งที่จูงใจของพฤติกรรม 3) ความต้องการของมนุษย์มีลำดับขั้นตอนตามลำดับความสำคัญ กล่าวคือ เมื่อความต้องการในระดับต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการระดับสูงก็จะเรียกร้องให้มีการตอบสนองทันที Maslow ได้กำหนดลำดับชั้นความต้องการของมนุษย์ ไว้ 5 ชั้น ดังนี้คือ 1) ความต้องการทางร่างกาย เป็นความต้องการขั้นมูลฐานของมนุษย์เพื่อการดำรงชีวิตอยู่รอด 2) ความต้องการความมั่นคงและปลอดภัย 3) ความต้องการความรักความเห็นใจหรือความต้องการทางสังคม 4) ความต้องการชื่อเสียงเกียรติยศ 5) ความต้องการความสำเร็จความสมหวังในชีวิต

2) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจูงใจ

ภิญโญ สาร [6] ได้ให้ทัศนะว่า บุคลากรจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและทำงานได้นาน ต้องอาศัยสิ่งจูงใจ 5 อย่าง คือ 1) สิ่งจูงใจที่เป็นวัตถุ เช่น ค่าตอบแทน เงินเดือน หรือสิ่งของ 2) สิ่งจูงใจไม่ใช่วัตถุแต่เป็นโอกาส เช่น โอกาสได้ตำแหน่งสูงขึ้น มีชื่อเสียงเกียรติยศและอำนาจตามมา 3) สิ่งจูงใจซึ่งเป็นสภาพของการ

ทำงานซึ่งอาศัยวัตถุประสงค์ เช่นมีห้องทำงานสะดวกสบาย 4) สิ่งจูงใจซึ่งเป็นสภาพของการทำงานซึ่งไม่เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ เช่นสภาพของสังคมในหน่วยงานที่ดี 5) การบำรุงขวัญให้เกิดความรู้สึกว่าตนมีส่วนร่วมในการทำให้หน่วยงานมีชื่อเสียง

3) แนวคิดเกี่ยวกับสวัสดิการและการจัดสวัสดิการ

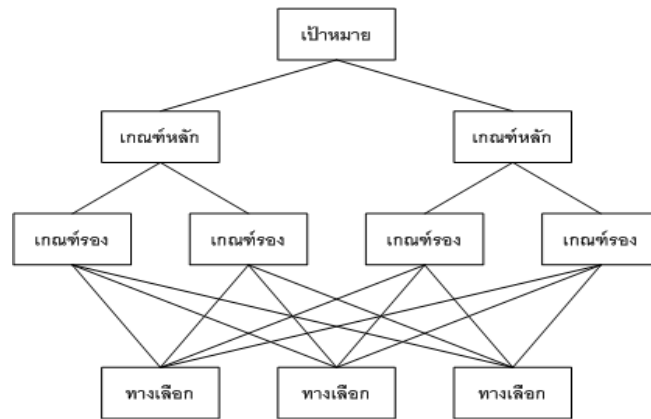
สวัสดิการ (Welfare) ในวงการบริหารและการบริหารงานบุคคล อาจเรียกกันหลายอย่าง เช่นผลประโยชน์เกื้อกูล ผลประโยชน์พิเศษ หรือการจัดหาผลประโยชน์ให้กับพนักงานนอกเหนือจากค่าจ้างและเงินเดือนซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้พนักงานตั้งใจ และเต็มใจที่จะปฏิบัติงาน ปรัชญาพื้นฐานของการจัดสวัสดิการคือการยอมรับคุณค่าและความสำคัญของคนที่ต่อผลงานของเขา นั่นคือเชื่อว่า ผลสำเร็จของหน่วยงานนั้นมาจากคุณภาพของคนและขวัญของคนเป็นสำคัญ สวัสดิการจึงจัดขึ้นเพื่อบำรุงขวัญและกำลังใจของคนทำงานเป็นหลักใหญ่ โดยสรุปแล้วเห็นว่า การจัดสวัสดิการมีวัตถุประสงค์เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของบุคลากรเพื่อให้บุคลากรมีขวัญและกำลังใจในการทำงาน มีความผูกพันกับองค์กร ไม่คิดที่จะเปลี่ยนงาน และเป็นประโยชน์ในแง่จิตวิทยาที่ทำให้บุคลากรมีความรู้สึกว่าจะตนเองได้รับการยอมรับในคุณค่าและความสามารถอีกด้วย นอกจากนี้การจัดสวัสดิการยังเป็นการจัดกิจกรรมซึ่งจะสนองความพึงพอใจและความต้องการของข้าราชการหรือคนงาน โดยมีความหวังว่าความพึงพอใจและความต้องการของข้าราชการหรือคนงาน โดยมีความหวังว่าความพึงพอใจนั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความพยายามเพิ่มขึ้น และเกิดประโยชน์แก่องค์กรมากขึ้น การจัดสวัสดิการนั้นถือว่าเป็นภารกิจอันยิ่งใหญ่ขององค์กร ซึ่งจะต้องดำเนินการโดยกำหนดไว้เป็นนโยบาย และมีแผนปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงภาวะเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนการแข่งขันกับองค์กรอื่นๆ โดยให้มีรูปแบบการจัดสวัสดิการที่ดีมีความสอดคล้องกับความต้องการของบุคลากรและมีความเหมาะสมกับหน่วยงานนั้นๆ

การจัดสวัสดิการสำหรับบุคลากรในองค์กรนั้น จะต้องคำนึงถึงความจำเป็นและความเหมาะสมในการจัดสวัสดิการที่จัดนั้นต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการของบุคลากรและพอเหมาะกับงบประมาณอันเป็นต้นทุนในการจัด ในการให้บริการด้านสวัสดิการต้องให้บริการอย่างทั่วถึงอย่างเสมอภาค และที่สำคัญต้องคำนึงว่าการจัดสวัสดิการนั้นจัดขึ้นเพื่อให้บุคลากรมีขวัญและกำลังใจที่ดี ส่วนแนวทางหลักการของสวัสดิการสังคมจะเป็นแนวทางการกำหนดวัตถุประสงค์นโยบาย เป้าหมาย และการดำเนินงานด้านสวัสดิการสังคม ทั้งเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาสังคมขึ้นมา ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์ รวมทั้งการดำเนินงานด้านการจัดสวัสดิการให้เป็นไปตามหลักการของ สวัสดิการสังคม สำหรับประเภทของสวัสดิการอาจแบ่งได้หลายประเภท แล้วแต่ความมุ่งหมายในการแบ่งว่าเป็นการแบ่งเพื่อการดำเนินการจัดสวัสดิการหรือเป็นการแบ่งเพื่อการศึกษาดังนี้คือ 1) แบ่งตามลักษณะของหน่วยงานเช่นสวัสดิการภาครัฐบาลสวัสดิการภาคเอกชน 2) แบ่งตามระดับหน่วยงาน เช่นสวัสดิการกระทรวง สวัสดิการกรม เป็นต้น และ 3) แบ่งตามลักษณะอาชีพ เช่นสวัสดิการทหาร สวัสดิการตำรวจ สวัสดิการข้าราชการพลเรือน เป็นต้น

4) แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น [7] เป็นหนึ่งในวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) นั่นคือการตัดสินใจเลือกทางเลือก หรือจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก เมื่อมีเกณฑ์ในการพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ โดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและมีความสะดวกในการจัดลำดับความสำคัญและช่วยในทำให้เกิดการตัดสินใจที่ดีที่สุด สถานการณ์ที่ต้องมีการเลือก ซึ่งสามารถใช้ได้กับการตัดสินใจที่มีความยุ่งยากซับซ้อนโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้ที่ทำการตัดสินใจได้ตัดสินใจในสิ่งที่ดีที่สุดในแง่ของเหตุผลอย่างชัดเจนว่าทำไมสิ่งที่เลือกนั้นถึงดีที่สุด

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นระดับชั้นคือ เป้าหมาย เกณฑ์ เกณฑ์ย่อย และทางเลือก จากนั้นให้วิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์หรือทางเลือกทีละคู่โดยให้ความสำคัญตามตารางระดับความสำคัญหรือความชอบและคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละชั้นดังภาพที่ 1 [8]



ภาพที่ 1 แผนภูมิการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ในแต่ละระดับชั้นให้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆในระดับชั้นเดียวกัน โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เกณฑ์ หรือทางเลือกทีละคู่ (Pair wise comparison) ตามตารางระดับความสำคัญดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนลำดับความสำคัญของการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ระดับความสำคัญ	ค่าคะแนน
เท่ากัน	1
เท่ากันถึงปานกลาง	2
ปานกลาง	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก	4
ค่อนข้างมาก	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า	6
มากกว่า	7
มากกว่าถึงมากที่สุด	8
มากที่สุด	9

วิธีดำเนินการวิจัย

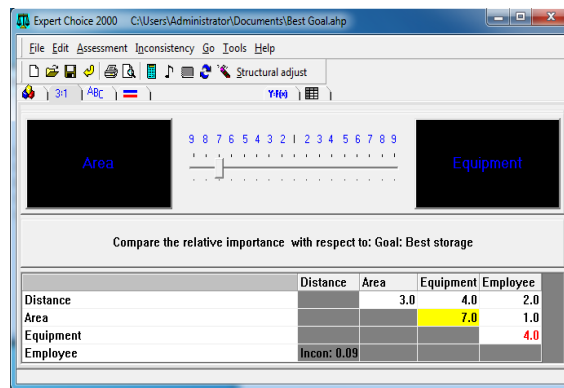
การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพื่อจัดสวัสดิการที่เหมาะสมต่อพนักงานในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) การพัฒนาปัจจัยและดัชนีชี้วัดที่มีผลต่อการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์เพื่อหาตัวชี้วัดที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก เริ่มจากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดจากงานวิจัย บทความวิชาการ เอกสารวิชาการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

- 2) นำข้อมูลที่ได้มาประเมินโดยเชิญผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการการศึกษา ได้แก่ ผู้บริหารการศึกษา พนักงานมหาวิทยาลัยข้าราชการภายในมหาวิทยาลัย นักวิชาการการศึกษา ปรชาชนสภาอาจารย์ และตัวแทนนักศึกษาต่างๆ รวม 10 คน ทำการสนทนากลุ่มเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและตัวชี้วัดในการจัดสวัสดิการ
- 3) ใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบกลุ่ม (Nominal Group Technique: NGT) เพื่อจัดตัวชี้วัดที่ซ้ำซ้อน และทำการจัดกลุ่มตัวชี้วัดและปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละด้าน โดยใช้เทคนิคแผนภาพความเกี่ยวโยง (Affinity Diagram) ในการลดปัจจัยที่มีความสำคัญต่ำกว่าระดับ 3
- 4) นำข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มตัวชี้วัดและปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละด้านมาพัฒนาแบบสอบถาม ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทางเลือกการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์โดยยึดเกณฑ์การตัดสินใจของ Raiffa [9] คือ เกณฑ์ต้องมีลักษณะครบถ้วน สมบูรณ์ ใช้งานได้จริง สามารถพิจารณาแยกกันได้ ไม่ซ้ำซ้อน มีจำนวนน้อยที่สุด การนำไปใช้งานแบ่งลักษณะตรงและครอบคลุม สามารถนำไปปฏิบัติได้ โดยแบ่งสเกลคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 ลำดับความสำคัญ
- 5) ส่งแบบสอบถามไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการการศึกษาเพื่อยืนยันตัวชี้วัดที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรอง จำนวน 30 ชุด และตอบกลับมา จำนวน 23 ชุด คิดเป็นร้อยละ 76.6
- 6) นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาประมวลผลเพื่อจัดลำดับความสำคัญของตัวชี้วัด โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยนำตัวชี้วัดที่มีค่าระดับ 3 ขึ้นไป เพื่อพิจารณา
- 7) นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นแบบสอบถาม โดยยึดหลักการตามแนวคิดของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP)
- 8) ส่งแบบสอบถามไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จำนวน 20 ชุด และตอบกลับมา 16 ชุดคิดเป็นร้อยละ 73.3 และประมวลผลด้วยการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice ซึ่งสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและตัวชี้วัด ตามหลักการของ AHP ดังแสดงไว้ในหัวข้อถัดไป

ผลการวิจัย

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดจากงานวิจัย บทความวิชาการ เอกสารวิชาการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์จากงานวิจัย บทความวิชาการ เอกสารวิชาการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และผ่านการระดมความคิดและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับวงการ การศึกษา เมื่อประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index) เท่ากับ 0.09 แสดงว่าการเปรียบเทียบเกิดความขัดแย้งอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ดังแสดงตัวอย่างงานวิจัยของ [10] ในรูปที่ 2 (ตามทฤษฎีถ้ามีค่า Incon ไม่เกิน 0.1 ถือว่าสามารถยอมรับได้) ส่งผลให้ได้กลุ่มตัวชี้วัดหลักปัจจัยรอง และดัชนีชี้วัดที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละด้านดังแสดงในตารางที่ 2



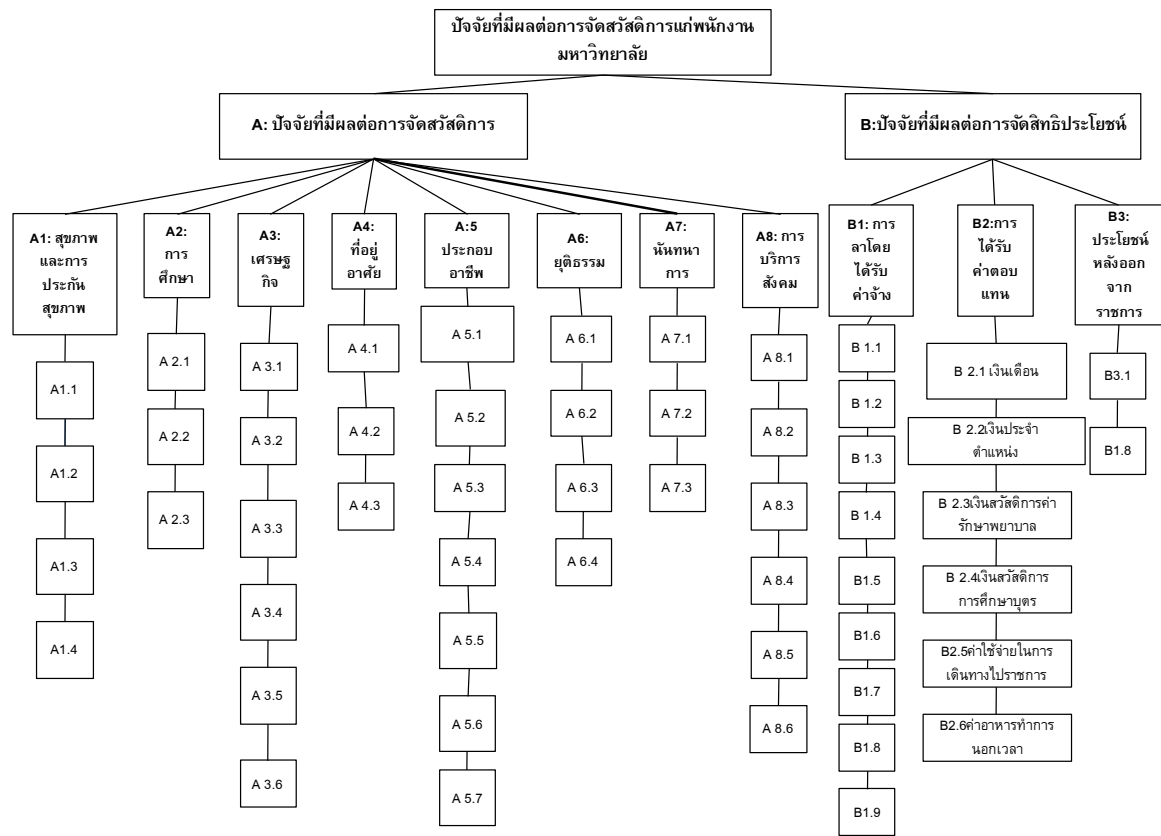
ภาพที่ 2 ตัวอย่างการแสดงผลโปรแกรม Expert Choice แสดงค่า Icon 0.09 จากงานวิจัยของพรเทพ [10]

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของ ปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและตัวชี้วัด

ปัจจัยหลัก (น้ำหนัก)	ปัจจัยรอง (น้ำหนัก)	ตัวชี้วัด (น้ำหนัก)
A: สวัสดิการ(0.4)	A1: สุขภาพและการประกัน (0.22)	A1.1: การรักษาพยาบาลผู้ป่วยใน/นอก (0.45) A1.2: การรักษาทันตกรรม (0.25) A1.3: การประกันสุขภาพ(0.10) A1.4: การตรวจสุขภาพประจำปี (0.20)
	A2: การศึกษา (0.19)	A2.1: การศึกษาบุตร (เบิกค่าเล่าเรียน) (0.50) A2.2: การฝึกอบรมหรือสัมมนา ในต่างประเทศ (0.35) A2.3: การศึกษาดูงานในต่างประเทศ (0.15)
	A3: เศรษฐกิจ (0.12)	A3.1: สหกรณ์ออมทรัพย์ (0.25) A3.2: เงินช่วยเหลือกรณีอุปสมบท สมรส ตลอดจนบุตร เสียชีวิต (0.10) A3.3: สิทธิพิเศษในการซื้อสินค้าสหกรณ์ออมทรัพย์ร้านค้า (0.08) A3.4: ทุนสำรองเลี้ยงชีพ (0.24) A3.5: โบนัสประจำปี (0.18) A3.6: สวัสดิการเงินกู้สามัญ/ฉุกเฉิน (0.15)
	A4: ที่อยู่อาศัย (0.15)	A4.1: เงินกู้เพื่อที่อยู่อาศัย (ดอกเบี้ยถูก) (0.55) A4.2: สวัสดิการที่พักอาศัย (0.35) A4.3: กองทุนซ่อมแซมที่อยู่อาศัย (0.10)
A5: ประกอบอาชีพ (0.09)	A5.1: การประกันสังคม (0.0.08)	A5.1: การประกันสังคม (0.0.08)
	A5.2: เงินเพิ่มพิเศษตามความเสี่ยงภัย (0.13)	A5.2: เงินเพิ่มพิเศษตามความเสี่ยงภัย (0.13)
	A5.3: เงินเพิ่มพิเศษตามช่วงเวลาทำงาน (นอกเวลา, เป็นกะ) (0.16)	A5.3: เงินเพิ่มพิเศษตามช่วงเวลาทำงาน (นอกเวลา, เป็นกะ) (0.16)
	A5.4: กองทุนเงินทดแทน (0.18)	A5.4: กองทุนเงินทดแทน (0.18)
	A5.5: กองทุนประกันการว่างงาน/เลิกจ้าง/ทุพพลภาพ/เกษียณ (0.20)	A5.5: กองทุนประกันการว่างงาน/เลิกจ้าง/ทุพพลภาพ/เกษียณ (0.20)
	A5.6: กองทุนอุปกรณ์ประกอบอาชีพ (จัดหาคอมพิวเตอร์) (0.15)	A5.6: กองทุนอุปกรณ์ประกอบอาชีพ (จัดหาคอมพิวเตอร์) (0.15)
	A5.7: กองทุนจัดทำเอกสารทางวิชาการสำหรับบุคลากร (0.10)	A5.7: กองทุนจัดทำเอกสารทางวิชาการสำหรับบุคลากร (0.10)

	A6: ยุติธรรม (0.10)	A6.1: การประกันชีวิต (0.25) A6.2: การประกาศเกียรติคุณ (0.15) A6.3: การประกันภัยส่วนบุคคล (กลุ่ม) (0.25) A6.4: สิทธิในการลาประเภทต่างๆ (0.35)
	A7: นันทนาการ(0.05)	A7.1: การจัดอุปกรณ์ออกกำลังกาย (0.25) A7.2: การจัดกีฬาภายในระหว่างหน่วยงาน (0.65) A7.3: ทัศนศึกษาและกิจกรรมพิเศษ (0.10)
	A8: บริการสังคม (0.08)	A8.1: เครื่องแบบ/ชุดฟอร์ม/ชุดฝึก (0.15) A8.2: สวัสดิการยานพาหนะรับและส่งบุตรหลาน (0.25) A8.3: สวัสดิการยานพาหนะรับและส่งบุคลากร (0.25) A8.4: ฌาปนกิจสงเคราะห์(1.5) A8.5: ร้านค้าสวัสดิการราคาถูก(0.12) A8.6: สวัสดิการเยี่ยมผู้ป่วยหรือเสียชีวิต (0.08)
B: สิทธิประโยชน์(0.60)	B1: การลาโดยได้รับค่าจ้าง(0.05)	B1.1: ลาป่วย (0.18) B1.2: ลากิจส่วนตัว (0.10) B1.3: ลาคลอดบุตร (0.20) B1.4: ลาพักผ่อนประจำปี(0.12) B1.5: ลาอุปสมบท(0.13) B1.6: ลาเข้ารับการระดมพลหรือฝึกทหาร (0.09) B1.7: ลาศึกษาฝึกอบรม ดุงาน หรือปฏิบัติวิจัย (0.08) B1.8: ลาปฏิบัติงานในองค์กรระหว่างประเทศ (0.07) B1.9: ลาติดตามคู่สมรส (0.03)
	B2: การได้รับค่าตอบแทน(0.65)	B2.1: เงินเดือน (0.35) B2.2: เงินประจำตำแหน่ง(0.33) B2.3: เงินสวัสดิการค่ารักษาพยาบาล (0.15) B2.4: เงินสวัสดิการการศึกษาบุตร (0.10) B2.5: ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ (0.08) B2.6: ค่าอาหารทำการนอกเวลา(0.02)
	B3: ประโยชน์หลังออกจากราชการ(0.30)	B3.1: บำเหน็จ บำนาญ(0.65) B3.2: เงินผลประโยชน์จากบำเหน็จ บำนาญ ข้าราชการ(0.35)

และผลจากการพัฒนาตัวแบบในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ โดยใช้แผนภูมิกระบวนการเชิงลำดับชั้น (AHP) แสดงไว้ในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิตัวแบบแผนภูมิกระบวนการเชิงลำดับชั้น AHP ในการจัดสวัสดิการ โดยตัวแปร A1.1, A1.2, ..., B3.1, B3.2 มีความหมายดังแสดงในตารางที่ 2 โดนปัจจัยรอง B2 ด้านสิทธิในการได้รับค่าตอบแทนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด

จากภาพที่ 3 แสดงถึงโครงสร้างการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ โดยกำหนดให้ระดับสูงสุดของ ยอดปริมาตรเป็นเป้าหมายหลัก ได้แก่ ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการจัดสวัสดิการของพนักงานในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ และระดับชั้นที่ 2 เป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวกับสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ที่รัฐหรือมหาวิทยาลัยจัดสรรให้เอง ระดับที่ 3 เป็นปัจจัยรองต่างๆที่อยู่ภายใต้แต่ละปัจจัยหลัก และระดับสุดท้ายเป็นดัชนีชี้วัดภายใต้แต่ละปัจจัยรอง ซึ่งมีทั้งหมด 53 ตัวชี้วัด

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีให้ความสำคัญต่อบัญชีหลักเกี่ยวกับสิทธิประโยชน์ มากกว่าปัจจัยหลักสวัสดิการ ในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กรสู่มหาวิทยาลัยของรัฐ เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักสิทธิประโยชน์ พบว่าปัจจัยรองด้านสิทธิในการได้รับค่าตอบแทนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด คิดเป็น 0.65 ถัดจากนั้นเป็นสิทธิประโยชน์หลังออกจากราชการ คิดเป็น 0.30 และสิทธิในการลาโดยได้รับค่าจ้างเงินเดือนมีความสำคัญน้อยสุด คิดเป็น 0.05

ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักสวัสดิการพบว่าปัจจัยรองด้านสุขภาพและประกันสุขภาพ มีความสำคัญมากที่สุด คิดเป็น 0.22 ด้านการศึกษา คิดเป็น 0.19 ด้านที่อยู่อาศัยคิดเป็น 0.15 ด้านเศรษฐกิจ คิดเป็น 0.12 ด้านกระบวนการยุติธรรม คิดเป็น 0.10 ด้านประกอบอาชีพ คิดเป็น 0.09 ด้านบริการสังคมคิดเป็น 0.08 และด้านนันทนาการต่ำสุดคิดเป็น 0.05

เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดที่มีความสำคัญ 5 อันดับแรก ในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีพบว่า ตัวชี้วัด เงินเดือน คิดเป็นร้อยละ 13.65, เงินประจำตำแหน่ง คิดเป็นร้อยละ 12.87, บำเหน็จ บำนาญ คิดเป็น ร้อยละ 11.70 เงินผลประโยชน์จากบำเหน็จ บำนาญ ข้าราชการ คิดเป็นร้อยละ 6.3 และเงินสวัสดิการค่ารักษาพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 5.85 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดจากงานวิจัย บทความวิชาการ เอกสารวิชาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาระดมสมองโดยเชิญผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการการศึกษา ได้แก่ ผู้บริหารการศึกษา พนักงานมหาวิทยาลัย ข้าราชการภายในมหาวิทยาลัย นักวิชาการการศึกษา ประธานสภาอาจารย์ และตัวแทนนักศึกษาต่าง ๆ ด้วยวิธีสนทนากลุ่มเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและตัวชี้วัดในการจัดสวัสดิการ โดยใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบกลุ่ม (Nominal Group Technique : NGT) และทำการจัดกลุ่มตัวชี้วัดและปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละด้าน โดยใช้เทคนิคแผนภาพความเกี่ยวโยง (Affinity Diagram) จากการจัดกลุ่มตัวชี้วัดและปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละด้านมาพัฒนาแบบสอบถาม ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทางเลือกการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์โดยยึดเกณฑ์การตัดสินใจของ Raiffa [9] คือ เกณฑ์ต้องมีลักษณะครบถ้วน สมบูรณ์ ใช้งานได้จริง สามารถพิจารณาแยกกันได้ ไม่ซ้ำซ้อน มีจำนวนน้อยที่สุด การนำไปใช้งานแบ่งลักษณะตรงและครอบคลุมสามารถนำไปปฏิบัติได้ แล้วส่งแบบสอบถามไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการการศึกษา เพื่อยืนยันตัวชี้วัดที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรอง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาประมวลผลเพื่อจัดลำดับความสำคัญตามหลักกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) พบว่า ตัวชี้วัดที่มีความสำคัญ 5 อันดับแรก ในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ได้แก่ ตัวชี้วัด ด้านการได้รับค่าตอบแทนในรูปเงินเดือน มีความสำคัญมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 13.65, เงินประจำตำแหน่ง คิดเป็นร้อยละ 12.87, ตัวชี้วัด ด้านประโยชน์หลังออกจากราชการ ในรูปบำเหน็จ บำนาญ คิดเป็น ร้อยละ 11.70 เงินผลประโยชน์จากบำเหน็จ บำนาญ ข้าราชการ คิดเป็นร้อยละ 6.3 และเงินสวัสดิการค่ารักษาพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 5.85 เป็นลำดับสุดท้าย อย่างไรก็ตามในการหาปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และตัวชี้วัดที่มีผลต่อการจัดรูปแบบสวัสดิการและสิทธิประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กร เป็นเพียงแนวทางสำหรับผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องต้องตระหนักถึงความสำคัญ และนำไปพัฒนาองค์กรเพื่อความยั่งยืน ดังนั้นผู้บริหารมหาวิทยาลัยควรตระหนักถึงความสำคัญ โดยให้มีผลในทางปฏิบัติ ด้วยกำหนดนโยบายและแผนงานด้านสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ จัดตั้งคณะกรรมการบริหารสวัสดิการและสิทธิประโยชน์ จัดตั้งองค์กรที่ไม่ยึดติดกับระบบราชการให้มากขึ้น และให้มีการติดตามและประเมินผลด้านสวัสดิการและสิทธิประโยชน์อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kanisorn Poonikom. (2010). The Optimal Model of Welfare and Benefit Allocation for Autonomous University: A Case Study of Ubonratchathani University. In *Proceeding National Conference on Industrial Engineering Network Conferance Thailand, Ubonrajchathani, Thailand, 25-26 october 2010*. Ubonratchathani: Ubonratchathani University.
- [2] สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2545). สมองไหลจากระบบราชการไทย ใน วิกฤติอุดมศึกษาของไทยและทางออกของปัญหา. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดทบวงมหาวิทยาลัย.
- [3] จรัส สุวรรณเวลา. (2539). *รื้อปรับระบบสถาบันอุดมศึกษา กรณีศึกษา: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [4] นัทลียา กำนล. (2551). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับการสอนปกติของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์. 9(2).
- [5] Maslow. A.H. (1970). *Motivation and Personality*. 2nd ed. New York: Harper & Row.
- [6] ภิญโญ สาร. (2529). *หลักการบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- [7] อภิชาติ โสภาง. (2552). *การตัดสินใจเพื่อการบริหาร (Decision Making for Management)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอกสารประกอบการสอนวิชา Engineering Management Science. เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
- [8] Yoon, P.K.; & Ching-Lai, Hwang. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction (Quantitative applications in The social sciences)*. n.p.: Sage.
- [9] Raiffa, H. (1982). A Progress Report on the Training of Probability Assessors. In *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Kahneman, D.; Slovic, P.; & Tversky, A., editors. Cambridge: Cambridge University Press.
- [10] พรเทพ แก้วเชื้อ; และ วรินทร์ เกียรติคุณ. (2554). การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการจัดเก็บวัตถุดิบกรณีศึกษา วัตถุดิบคูลิ่งทาวเวอร์ รุ่นบีซีวีเอส. วารสารเทคโนโลยีวิชาการ.

SWU6-1105: บทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู WEB-BASED INSTRUCTION FOR HEARING IMPAIRED STUDENTS

ปิยศักดิ์ ถีอาสนา

Piyasak Thee-asana

สาขาสื่อณฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Department of New Media, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: piyasak_t@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษารูปแบบบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับคนพิการทางหู 2) เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับคนพิการทางหู 3) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้น และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ที่กำลังเรียนในโรงเรียนโสตศึกษาจังหวัดขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนบนเครือข่าย และแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียน ที่ผ่านการหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว แบบวัดผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียน ชนิดเลือกคำตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.76 ตัวแปรที่ทำการศึกษาจำแนกเป็น ตัวแปรต้น ได้แก่ บทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู ตัวแปรตาม ได้แก่ รูปแบบของบทเรียน คุณภาพของบทเรียน ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น และผลความพึงพอใจของผู้เรียน ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์ด้วยสถิติอย่างง่าย และทำการวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยได้รูปแบบบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู (MLHI: Meaningful Learning for the Hearing Impaired) ของบทเรียนมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.11 และรายด้านมากกว่า 3.00 ทุกข้อ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้น แตกต่างกับก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนบนเครือข่ายโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีระดับความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้คือ ด้านการนำเสนอ ด้านบทเรียน และด้านโครงสร้างบทเรียน

คำสำคัญ: บทเรียนบนเครือข่าย ผู้พิการทางหู

Abstract

The purposes of this study were to: 1) study the web-based instruction model for hearing impaired students, 2) develop the web-based instruction for hearing impaired students, 3) study the learning results served as the developed web-based instruction and 4) study the students' satisfaction towards the developed web-based instruction. Subjects for this study, selected through simple random sampling, were 40 students who were studying grade 10, Sotsuksa Khon Kaen School for the Deaf, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province during the second semester of 2011 academic year. The instruments used in the study consisted of a web-based instruction, a students' satisfaction questionnaire towards the web-based instruction which were evaluated by academic experts, and a learning evaluation paper by using 20 items of four multiple choices with 0.76 of reliability. The independent variable was the web-based instruction for hearing

impaired students; the dependent variable was the web-based instruction model, quality of instruction, learning results, and students' satisfaction results. The simple statistics was used for quantitative data and content analysis was used for qualitative data.

The results of the study were as follows: the average of meaningful learning for the hearing impaired students (MLHI) was rated at 4.11 as a whole and over 3.00 in each aspect as the assigned criteria. The students who had learnt through the web-based instruction were significantly different at the 0.01 level. The students showed satisfaction at the high level difference from high to low: presentation, instruction lessons and instruction structure.

Keywords: Web-based instruction, Hearing impaired students

บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มีบทบัญญัติสอดคล้อง ซึ่งนับว่าเป็นการสร้างมิติใหม่ทางการศึกษาให้เกิดขึ้น โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาตามหมวด 9 มาตรา 64 กล่าวว่ารรัฐต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการผลิตและพัฒนาแบบเรียน ตำรา หนังสือทางวิชาการ สื่อสิ่งพิมพ์อื่น วัสดุอุปกรณ์ และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาอื่นโดยเร่งรัดพัฒนา ชีตความสามารถในการผลิต จัดให้มีเงินสนับสนุนการผลิต แรงจูงใจแก่ผู้ผลิต และการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาทั้งนี้โดยเปิดให้มีการแข่งขันอย่างเสรีอย่างเป็นธรรม และมาตรา 67 รัฐต้องส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนาการผลิตการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา การติดตามตรวจสอบ การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้เกิดการใช้ที่คุ้มค่า และเหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ของคนไทย [1]

การพัฒนาทางด้านสื่อเทคโนโลยี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการเรียนและการสอนจะเน้นพัฒนาการเป็นรายบุคคลมากขึ้น เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามความต้องการ ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียนมากขึ้น วิธีการเรียน (Learning Styles) ของแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับบุคลิกลักษณะนิสัยของผู้เรียนซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้และการตอบสนองต่อสถานการณ์ทางการเรียน การผลิตซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ทางการศึกษาทำให้เครื่องช่วยสอนทำหน้าที่แทนครู เครื่องช่วยสอนเป็นผลรวมของการให้คอมพิวเตอร์สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้มีส่วนร่วม (Interaction) โดยสามารถโต้ตอบกับเครื่องช่วยสอน หรือปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)

บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสม อันได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์ และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหา บทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด โดยที่บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะนำเสนอเนื้อหาที่ละเอียดภาพ เนื้อหาความรู้ในบทเรียน จะได้รับการถ่ายทอดในลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับธรรมชาติและโครงสร้างเนื้อหา มีเป้าหมายสำคัญคือ การได้มาของบทเรียนที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นให้เกิดความต้องการ เรียนรู้ในบทเรียน อันเป็นลักษณะที่ดีของสื่อแบบตัวต่อตัว การเรียนรู้ จากการมีปฏิสัมพันธ์หรือการโต้ตอบ ได้รับผลป้อนกลับ (Feedback) อย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ยังเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียนเป็นอย่างดี ทั้งสามารถประเมินและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองปราศจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและสถานที่ ทั้งนี้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนสามารถใช้ประโยชน์จากบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรียนเพิ่มเติมนอกเวลาได้

คนพิการ หมายถึง บุคคลที่มีข้อจำกัดทางการได้ยิน ทำให้เป็นปัญหา อุปสรรคในการดำรงชีวิต การให้บริการทางการศึกษา เป็นการบริการเบื้องต้นที่จะนำพาผู้พิการทางหูได้รับบริการด้านอื่น ๆ ตามมาด้วย ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาศักยภาพ คุณภาพชีวิต รวมไปถึงการนำไปประกอบวิชาชีพหาเลี้ยงตัวเองได้ไม่เป็นภาระของสังคม

หลักการ Meaningful learning คือ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพความเป็นจริง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันผ่านบริบททางสังคมในการสร้างความรู้ (Social constructivist) ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้โดยผู้เรียนได้มีโอกาสสนทนา เสนอแนวคิดที่หลากหลายซึ่งกันและกัน โดยพิจารณาเลือกข้อมูลต่างๆ อย่างมีเหตุมีผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปร่วมกัน โดยกระบวนการนี้จะส่งเสริมความสามารถใน “การคิด” หรือ “การคิดอย่างมีวิจารณญาณ” หรือ “การคิดเป็น” นับเป็นคุณสมบัติพึงปรารถนา และเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการศึกษา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นสิ่งที่สำคัญของบุคคลที่ใช้เผชิญปัญหาสถานการณ์ต่างๆ แนวคิดดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับการประกอบคอมพิวเตอร์และการลงวินโดวได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทำให้ผู้เรียนเข้าใจอันเป็นผลมาจากการคิดไตร่ตรองและมีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษารูปแบบ พัฒนา คุณภาพ และความพึงพอใจของบทเรียนบนเครือข่าย เรื่องการประกอบคอมพิวเตอร์และการติดตั้งวินโดว เพื่อให้ผู้พิการทางหูได้นำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบวิชาชีพในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู
2. เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้น
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหลักสูตร เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียน
3. นำแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าดัชนีบี และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียน
4. ทำการสร้างบทเรียนบนเครือข่าย
5. นำแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาคุณภาพของบทเรียนบนเครือข่าย
6. ผู้เรียนกรอกแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนบนเครือข่าย

ผลการวิจัย

1. ผลของรูปแบบบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู คือ MLHI: Meaningful Learning for the Hearing Impaired
2. ผลการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู มีคุณภาพของบทเรียนจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.11 และรายด้านมากกว่า 3.00 ทุกข้อ
3. ผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียนของบทเรียนบนเครือข่ายคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนบนเครือข่าย ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนบนเครือข่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.57$, S.D = 0.64) โดยมีความพึงพอใจในด้านการนำเสนอ ($\bar{x} = 4.57$, S.D = 0.67) ด้านบทเรียน ($\bar{x} = 4.57$, S.D = 0.64) และด้านโครงสร้างบทเรียน ($\bar{x} = 4.54$, S.D = 0.61) ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลของรูปแบบของบทเรียนผ่านเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหู คือ MLHI: Meaningful Learning for the Hearing Impaired เป็นผลจากการศึกษาหลักการ Meaningful Learning วิเคราะห์และสรุปได้เป็น 4 ประการ สังเกต/ไตร่ตรอง ให้หลักการ ลงมือปฏิบัติ ร่วมมือกัน/สรุป

2. ผลการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย สำหรับผู้พิการทางหูได้คุณภาพของบทเรียนมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.11 และรายด้านมากกว่า 3.00 ทุกข้อ เนื่องจากบทเรียนได้ถูกออกแบบตามหลักการและถูกตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเป็นระยะๆ สอดคล้องกับการศึกษาของธวัช ไชยโส [2] ได้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับการสอนตามคู่มือครูพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ 81.88/84.90

3. ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้นคือ ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ทางการเรียนแตกต่างกับก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนบนเครือข่ายเป็นสื่อการเรียนที่แปลกใหม่ แตกต่างจากการเรียนการสอนในห้องเรียนปกติ ผู้เรียนมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น สามารถเรียนซ้ำเมื่อไม่เข้าใจ สอบถามเพื่อนที่กำลังออนไลน์อยู่ในขณะนั้นได้ อีกทั้งบทเรียนบนเครือข่ายสามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้รู้ว่าเรียนเนื้อหาไหนไปแล้วหรือยัง ทำให้ผู้เรียนสนใจและตื่นตัวการเรียน จึงมีความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของประสิทธิ์ มูลสมบัติ [3] ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบอวัยวะภายในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับการเรียนโดยใช้สถานการณ์จำลองพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้สถานการณ์จำลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนบนเครือข่าย อยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีความพึงพอใจในด้านการนำเสนอ ด้านบทเรียน และด้านโครงสร้างบทเรียนตามลำดับ เนื่องจากโปรแกรมบทเรียนมีความน่าสนใจ ง่ายต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง สนุกกับการเรียน สอดคล้องกับการศึกษาของพีระพันธ์ เพชรสุวรรณ [4] ได้ทำการศึกษาเรื่องผลการเรียนจากโปรแกรมบทเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมบทเรียน เรื่อง ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยรวมและรายด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. จาก <http://www.moe.go.th/main2/plan/p-r-b42-01.htm#9>
- [2] ธวัช ไชยโส. (2548). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [3] ประสิทธิ์ มูลสมบัติ. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ระบบอวัยวะภายใน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับการเรียนโดยใช้สถานการณ์จำลอง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- [4] พิระพันธ์ เพชรสุวรรณ. (2549). ผลการเรียนรู้จากโปรแกรมบทเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

**SWU6-1108: ความรู้พื้นฐานและความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน
ในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**
**BASIC KNOWLEDGE AND OPINIONS TOWARD ASEAN COMMUNITY IN 2015 OF
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY BACHELOR DEGREE PROGRAM IN EDUCATION
STUDENTS**

จารุวัตร นาควิมล¹, ชุตติมา บัวบาน¹, เพชรลดา กุศลสร้าง¹, กฤตณุ วิเศษประสิทธิ์¹, อธิพัทธ์ สุวาทันพรกุล²
Jaruwat Nakwimol¹, Chutima Buaban¹, Petlada Kusonsang¹, Krittanu Visesprasit¹, Ittipaat Suwathanpomkul²

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Mathematics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Educational Measurement and Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: sc521010407@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาความรู้พื้นฐานและความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และเพื่อเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ คณะ และชั้นปี รวมถึงเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานและความคิดเห็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2554 จำนวน 353 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกำหนดโควตา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามการวัดความรู้พื้นฐานและการวัดความคิดเห็น โดยแบบสอบถามทั้ง 2 ตอนมีค่าความเชื่อมั่น 0.83 และ 0.85 ตามลำดับ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ค่าที่แบบเป็นอิสระต่อกัน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ผลการวิจัยพบว่า

1. นิสิตมีความรู้พื้นฐานโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคลพบว่า นิสิตที่มีเพศแตกต่างกันและนิสิตที่ศึกษาอยู่ในคณะที่แตกต่างกันมีความรู้พื้นฐานต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่นิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่แตกต่างกันมีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนิสิตชั้นปีที่ 4 มีความรู้น้อยกว่านิสิตชั้นปีอื่นๆ และนอกจากนี้ ด้านย่อยของความรู้พื้นฐานทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ (1) ข้อมูลพื้นฐานของอาเซียน (2) การพัฒนาอาเซียนเป็นประชาคมอาเซียน และ (3) ประชาคมอาเซียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับปานกลาง

2. นิสิตส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในระดับมาก เมื่อเปรียบเทียบตามเพศและคณะ ได้ผลเช่นเดียวกับความรู้พื้นฐาน แต่เมื่อเปรียบเทียบตามชั้นปีพบว่า นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยในระดับที่สูงกว่านิสิตชั้นปีที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนอกจากนี้ ด้านย่อยของความคิดเห็นทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ (1) การปรับตัวของคนไทยและประเทศไทยให้เข้ากับประเทศสมาชิกและองค์กรรวมของประชาคมอาเซียน (2) ผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง และ (3) ผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยด้านที่ 2 กับ

ด้านที่ 3 สัมพันธ์กันในระดับสูง ส่วนด้านที่ 1 กับด้านที่ 2 และด้านที่ 1 กับด้านที่ 3 สัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
3. ความรู้พื้นฐานมีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นในทิศทางเดียวกันในระดับต่ำมาก

คำสำคัญ: ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 นิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี

Abstract

The purposes of this research were to study the basic knowledge and opinions toward ASEAN Community in 2015 of Srinakharinwirot University bachelor degree program in education students, to compare them based on the different gender, faculty and year class, and to study the relation between the basic knowledge and opinions. The samples were 353 students in education program in academic year 2011 by using quota sampling. The questionnaire was divided to 2 parts; basic knowledge and opinions toward ASEAN Community in 2015. The reliability of each part were at 0.83 and 0.85 respectively. The data was analyzed by using the basic statistics, correlation coefficient analysis, independent samples T-test and one-way analysis of variance (ANOVA).

The results of this research can be summarized as follow:

1. The students had basic knowledge in fair level. The different gender and faculty of students had not statistically significant difference, whereas, the different year class had statistically significant difference at 0.05 level – the senior had less basic knowledge than the other year classes. The relation of basic knowledge components was positive direction in moderate level.

2. The majority of students agreed in high level with the access into the ASEAN in 2015. The different gender and faculty of students had not statistically significant difference, whereas, the different year class had statistically significant difference at 0.05 level – the junior agreed in higher level than the sophomore and senior. The relation of opinions components was positive direction; the 2nd component related to the 3rd in high level, the 1st component related to the 2nd, and, 1st component related to the 3rd in moderate level.

3. The students' basic knowledge of ASEAN Community in 2015 related positively to the opinions in low level.

Keywords: Basic knowledge toward ASEAN Community in 2015, Opinions toward ASEAN Community in 2015, Bachelor degree program in education students

บทนำ

สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Association of Southeast Asian Nations) หรืออาเซียน (ASEAN) เป็นองค์กรที่เกิดจากความคิดริเริ่มของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำนวน 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และไทย โดยมีวัตถุประสงค์แรกเริ่มเพื่อสร้างสันติภาพในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันจะนำมาซึ่งเสถียรภาพทางการเมืองและความเจริญ ก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ผู้แทนจาก 5 ประเทศได้หารือแนวความคิดนี้ที่จังหวัดชลบุรี นำมาสู่การก่อตั้งอาเซียนในวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2510 โดยการลงนามในปฏิญญาสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Declaration of ASEAN Concord) หรือปฏิญญากรุงเทพฯ (Bangkok Declaration) ณ ห้องบัวแก้ว วังสราญรมย์ กรุงเทพมหานคร [1]

ในระยะต่อมา บรูไนได้เข้ามาเป็นสมาชิกลำดับที่ 6 เมื่อวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2527 เวียดนามเข้ามาเป็นสมาชิกลำดับที่ 7 เมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 ลาวและพม่าเข้ามาเป็นสมาชิกลำดับที่ 8 และ 9 พร้อมกันเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และกัมพูชาเข้ามาเป็นสมาชิกลำดับที่ 10 เมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2542 ตามลำดับ [2-3]

ทุกวันนี้ โลกของเรามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วกว่าในอดีต ประเทศต่างๆ เริ่มให้ความสำคัญกับการรวมกลุ่มในภูมิภาค เพื่อเพิ่มอำนาจต่อรองและขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีระหว่างประเทศมากยิ่งขึ้น รวมถึงมีหลายปัญหาที่เคยเป็นปัญหาระดับประเทศ แต่กลับขยายวงกว้างขึ้นกลายเป็นปัญหาระหว่างประเทศ เช่น สิ่งแวดล้อม ภัยธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาชญากรรมข้ามชาติ ยาเสพติด เป็นต้น ดังนั้นอาเซียนจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์และกระชับความร่วมมือระหว่างประเทศสมาชิกให้เหนียวแน่น เข้มแข็ง และมั่นคงยิ่งขึ้น ซึ่งในการประชุมสุดยอดอาเซียนที่บาหลี ประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2546 อาเซียนได้มีการตั้งเป้าหมายว่าจะพัฒนาไปเป็นประชาคมอาเซียน (ASEAN Community) ซึ่งประกอบด้วยเสาหลัก 3 เสา ได้แก่ ประชาคมการเมืองและความมั่นคงอาเซียน ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และประชาคมสังคมและวัฒนธรรมอาเซียน โดยมีกำหนดระยะเวลาในการพัฒนาไว้ภายในปี พ.ศ. 2563 แต่ต่อมาได้มีการร่นระยะเวลามาเป็นภายในปี พ.ศ. 2558 ตามข้อเสนอของประเทศสิงคโปร์ในการประชุมรัฐมนตรีต่างประเทศอาเซียนที่ประเทศมาเลเซียเมื่อปี พ.ศ. 2549 [2, 4] ทั้งนี้ ประเทศไทยได้มีส่วนสนับสนุนและผลักดันการร่นระยะเวลาในครั้งนี้ด้วย

การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอาเซียนที่กำลังจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2558 ถือเป็นสิ่งที่ประชาชนของทุกประเทศสมาชิกต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยซึ่งมีบทบาทในอาเซียนมาตั้งแต่เริ่มก่อตั้งเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน และเนื่องจากครูเป็นหนึ่งในผู้ที่มามีบทบาทเป็นผู้นำของชุมชนและสังคม [5] ครูจึงต้องรู้และเข้าใจเรื่องราวเกี่ยวกับอาเซียนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มต่อไปในอนาคต เพื่อประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความพร้อมที่ก้าวสู่ประชาคมอาเซียน รวมถึงการปรับตัวและการประสานประโยชน์ต่างๆ ที่จะได้รับจากประชาคมอาเซียนต่อไป

ด้วยบทบาทของครูต่อสังคมและชุมชนประกอบกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอาเซียนซึ่งกำลังจะเกิดขึ้นในอีก 3 ปีข้างหน้า ผู้วิจัยจึงสนใจว่า นิสิตหลักสูตรการศึกษาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษาปัจจุบันซึ่งจะสำเร็จการศึกษาและปฏิบัติหน้าที่ครูในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น มีความรู้พื้นฐานและความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 อย่างไร พร้อมทั้งเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ เพศ คณะ และชั้นปี และศึกษาความสัมพันธ์พื้นฐานกับความคิดเห็นนั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันหรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พร้อมทั้งเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ เพศ คณะ และชั้นปี และศึกษาความสัมพันธ์ภายในด้านย่อยของความรู้พื้นฐาน
2. เพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พร้อมทั้งเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ เพศ คณะ และชั้นปี และศึกษาความสัมพันธ์ภายในด้านย่อยของความรู้พื้นฐาน
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานกับความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 คณะ รวมทั้งหมด 18 สาขาวิชา โดยมีนิสิตทั้งสิ้น 2,926 คน และผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 353 คนจากตารางของทาโร ยามาเน (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ [6] โดยผู้วิจัยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบกำหนดโควตา (quota sampling) ตามสัดส่วนของจำนวนนิสิตของแต่ละสาขาวิชาต่อจำนวนนิสิตทั้งหมดของหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ (1) ข้อมูลทั่วไป (2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 และ (3) ความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 โดยแบบสอบถามในแต่ละตอนมีส่วนประกอบและวิธีการสร้างดังนี้

ตอนที่ 1 ด้านปัจจัยส่วนบุคคล ข้อคำถามที่ใช้เป็นคำถามปลายปิดแบบให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว จำนวน 3 ข้อ และให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบข้อที่ตรงตามความเป็นจริง ได้แก่ (1) เพศ (2) คณะและสาขาวิชา และ (3) ชั้นปีที่กำลังศึกษา

ตอนที่ 2 ด้านความรู้พื้นฐาน ข้อคำถามที่ใช้เป็นคำถามปลายปิดแบบให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว จำนวน 30 ข้อ โดยข้อคำถามแต่ละข้อ ผู้วิจัยจะกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียน แล้วให้กลุ่มตัวอย่างพิจารณาว่าทราบข้อมูลนั้นหรือไม่ ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอความร่วมมือให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามจากประสบการณ์ของตนเอง โดยไม่สืบค้นสารสนเทศหรือสนทนากับผู้อื่นในขณะที่ตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัยสร้างข้อคำถามจากเอกสารเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนตามที่กรมอาเซียน กระทรวงการต่างประเทศ ได้นำเสนอบนเว็บไซต์ <http://www.mfa.go.th> โดยปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ร่วมกับหนังสือ “มารู้จักอาเซียนกันเถอะ” ซึ่งจัดทำและเผยแพร่โดยกรมอาเซียน กระทรวงการต่างประเทศ ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 และหนังสือ “ประชาคมอาเซียน” ซึ่งเรียบเรียงโดย รศ.ดร.ประภัสสร เทพชาตรี อาจารย์ประจำคณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

ผู้วิจัยแบ่งข้อคำถามออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ข้อมูลพื้นฐานของอาเซียน (2) การพัฒนาอาเซียนเป็นประชาคมอาเซียน และ (3) ประชาคมอาเซียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดให้มีข้อคำถามด้านละ 10 ข้อ และกำหนดเกณฑ์ระดับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ดังนี้

ระดับดีมาก	หมายถึง ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนร้อยละ 80 – 100
ระดับดี	หมายถึง ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนร้อยละ 70 – 79
ระดับปานกลาง	หมายถึง ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนร้อยละ 60 – 69
ระดับพอใช้	หมายถึง ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนร้อยละ 50 – 59
ระดับปรับปรุง	หมายถึง ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนร้อยละ 0 – 49

ตอนที่ 3 ด้านความคิดเห็นต่อการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน ข้อคำถามที่ใช้เป็นคำถามปลายปิดแบบประเมินค่าตามแบบของลิเคิร์ต จำนวน 15 ข้อ โดยข้อคำถามแต่ละข้อ ผู้วิจัยจะกำหนดข้อความแล้วให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อความนั้นใน 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ร้อยละ 80 – 100
ระดับ 4	หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ร้อยละ 60 – 79
ระดับ 3	หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ร้อยละ 40 – 59
ระดับ 2	หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ร้อยละ 20 – 39
ระดับ 1	หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ร้อยละ 0 – 19

ผู้วิจัยแบ่งข้อคำถามออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) การปรับตัวของคนไทยและประเทศไทยให้เข้ากับประเทศสมาชิกและองค์กรรวมของประชาคมอาเซียน (2) ผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง และ (3) ผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดให้มีข้อคำถามด้านละ 5 ข้อ และเนื่องจากข้อคำถามในแบบสอบถามตอนนี้มีมาตรฐานวัดแบบอันตรภาค ผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายระดับความคิดเห็นเฉลี่ยของแต่ละข้อคำถามดังนี้

ระดับมากที่สุด	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.21 – 5.00
ระดับมาก	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 3.41 – 4.20
ระดับปานกลาง	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 2.61 – 3.40
ระดับน้อย	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 1.81 – 2.60
ระดับน้อยที่สุด	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 1.00 – 1.80

ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้นำไปปรึกษาและขอคำแนะนำไปปรับปรุงแก้ไข จากนั้นผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญรวม 5 ท่าน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ว่า จะคัดเลือกข้อคำถามไว้ ถ้าข้อคำถามนั้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามที่ใช้วัดความรู้พื้นฐานในด้านที่ 1 และ 2 มีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ด้านละ 9 ข้อ ส่วนด้านที่ 3 ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ และข้อคำถามที่ใช้วัดความคิดเห็นในด้านที่ 1 ผ่านเกณฑ์ 4 ข้อ ส่วนด้านที่ 2 และ 3 ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยเมื่อปรับปรุงเสร็จแล้วผู้วิจัยได้นำไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 33 คน พบว่า ข้อคำถามที่ใช้วัดความรู้พื้นฐานมีค่าความเชื่อมั่น 0.83 และข้อคำถามที่ใช้วัดความคิดเห็นมีค่าความเชื่อมั่น 0.85 ซึ่งอยู่ในระดับสูง สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลต่อไปได้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิตที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยดำเนินการระหว่างวันที่ 12 – 30 มีนาคม พ.ศ. 2555 ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปแจกจำนวนทั้งสิ้น 435 ชุด และได้แบบสอบถามคืนกลับมาจำนวน 373 ชุด คิดเป็นร้อยละ 85.74 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เก็บแบบสอบถามเกินจากอัตราขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือ 353 คน จึงทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์คิดเป็นร้อยละ 100

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สถิติพื้นฐาน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ค่าที่แบบเป็นอิสระต่อกัน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics ในการวิเคราะห์ทั้งหมด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

จากการศึกษาในภาพรวมพบว่า นิสิตทั้งชายและหญิงต่างมีความรู้พื้นฐานในระดับพอใช้เช่นเดียวกัน แต่ถ้าจำแนกตามคณะพบว่า นิสิตคณะสังคมศาสตร์มีความรู้พื้นฐานในระดับปานกลาง นิสิตคณะมนุษยศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์มีความรู้พื้นฐานในระดับพอใช้ ส่วนนิสิตคณะพลศึกษามีความรู้พื้นฐานในระดับปรับปรุง และถ้าจำแนกนิสิตออกตามชั้นปีพบว่า นิสิตชั้นปีที่ 1, 2 และ 3 มีความรู้พื้นฐานในระดับพอใช้ แต่นิสิตชั้นปีที่ 4 มีความรู้พื้นฐานในระดับปรับปรุง ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัยส่วนบุคคล		ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558							
		ด้านที่ 1		ด้านที่ 2		ด้านที่ 3		ภาพรวม	
		ร้อยละ โดยเฉลี่ย	ระดับ	ร้อยละ โดยเฉลี่ย	ระดับ	ร้อยละ โดยเฉลี่ย	ระดับ	ร้อยละ โดยเฉลี่ย	ระดับ
1. เพศ	เพศชาย	55.67	พอใช้	50.54	พอใช้	44.14	ปรับปรุง	50.42	พอใช้
	เพศหญิง	57.24	พอใช้	48.65	ปรับปรุง	48.21	ปรับปรุง	51.53	พอใช้
2. คณะ	คณะมนุษยศาสตร์	64.44	ปานกลาง	52.60	พอใช้	42.59	ปรับปรุง	53.74	พอใช้
	คณะสังคมศาสตร์	71.20	ดี	62.14	ปานกลาง	60.00	ปานกลาง	64.67	ปานกลาง
	คณะศึกษาศาสตร์	53.78	พอใช้	51.81	พอใช้	48.51	ปรับปรุง	51.51	พอใช้
	คณะศิลปกรรมศาสตร์	59.83	พอใช้	47.90	ปรับปรุง	50.41	พอใช้	52.83	พอใช้
	คณะวิทยาศาสตร์	56.83	พอใช้	47.08	ปรับปรุง	46.67	ปรับปรุง	50.37	พอใช้
	คณะพลศึกษา	49.39	ปรับปรุง	46.67	ปรับปรุง	42.00	ปรับปรุง	46.22	ปรับปรุง
3. ชั้นปี	ชั้นปีที่ 1	60.62	ปานกลาง	56.13	พอใช้	58.73	พอใช้	58.48	พอใช้
	ชั้นปีที่ 2	56.30	พอใช้	47.24	ปรับปรุง	47.41	ปรับปรุง	50.46	พอใช้
	ชั้นปีที่ 3	60.99	ปานกลาง	53.88	พอใช้	47.20	ปรับปรุง	54.36	พอใช้
	ชั้นปีที่ 4	40.17	ปรับปรุง	38.73	ปรับปรุง	34.44	ปรับปรุง	37.95	ปรับปรุง

หมายเหตุ: ด้านที่ 1 หมายถึง ด้านข้อมูลพื้นฐานของอาเซียน

ด้านที่ 2 หมายถึง ด้านการพัฒนาอาเซียนเป็นประชาคมอาเซียน

ด้านที่ 3 หมายถึง ด้านประชาคมอาเซียนกับระบบการจัดการเรียนรู้

จากการทดสอบในภาพรวมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า นิสิตชายและหญิงมีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับนิสิตที่ศึกษาอยู่คณะที่ต่างกันก็มีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่สำหรับนิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่แตกต่างกันนั้น มีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่นิสิตชั้นปีที่ 1, 2 และ 3 ต่างก็มีความรู้พื้นฐานมากกว่านิสิตชั้นปีที่ 4 ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 การเปรียบเทียบความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตร
การศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัย ส่วนบุคคล	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558								หมายเหตุ
	ด้านที่ 1		ด้านที่ 2		ด้านที่ 3		ภาพรวม		
	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	
1. เพศ	-0.88	0.38	0.45	0.65	-1.18	0.25	-0.63	0.53	-
2. คณะ	3.33	0.01*	1.31	0.26	1.27	0.28	1.77	0.12	ด้านที่ 1 : นิสิตคณะมนุษยศาสตร์และคณะ สังคมศาสตร์สูงกว่าคณะพลศึกษา
3. ชั้นปี	8.98	0.00*	4.17	0.01*	4.13	0.01*	6.32	0.00*	ด้านที่ 1 : นิสิตชั้นปีที่ 1,2 และ 3 สูงกว่าปี 4 ด้านที่ 2 : นิสิตชั้นปีที่ 1 และ 3 สูงกว่าปี 4 ด้านที่ 3 : นิสิตชั้นปีที่ 1 สูงกว่าปี 4

หมายเหตุ: 1. เพศใช้สถิติทดสอบ T แบบ independent ส่วนคณะและชั้นปีให้สถิติทดสอบ F
2. ด้านที่ 1 หมายถึง ด้านข้อมูลพื้นฐานของอาเซียน
ด้านที่ 2 หมายถึง ด้านการพัฒนาอาเซียนเป็นประชาคมอาเซียน
ด้านที่ 3 หมายถึง ด้านประชาคมอาเซียนกับระบบการจัดการเรียนรู้
3. สัญลักษณ์ * หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ด้านที่ 2 กับด้านที่ 3, ด้านที่ 1 กับด้านที่ 2 และด้านที่ 1 กับด้านที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.66, 0.57 และ 0.50 ตามลำดับ นั่นแสดงว่า ความรู้พื้นฐานทั้ง 3 ด้านมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับปานกลาง [7]

2. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

จากการศึกษาในภาพรวมพบว่า นิสิตทั้งชายและหญิงต่างก็มีความความคิดเห็นเฉลี่ยในระดับมาก เช่นเดียวกับนิสิตที่ศึกษาอยู่ในคณะและชั้นปีต่างๆ ต่างก็มีความความคิดเห็นเฉลี่ยในระดับมาก ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัยส่วนบุคคล		ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน							
		ในปี พ.ศ. 2558							
		ด้านที่ 1		ด้านที่ 2		ด้านที่ 3		ภาพรวม	
		ค่าเฉลี่ย	ระดับ	ค่าเฉลี่ย	ระดับ	ค่าเฉลี่ย	ระดับ	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
1. เพศ	เพศชาย	3.98	มาก	3.80	มาก	3.89	มาก	3.89	มาก
	เพศหญิง	3.96	มาก	3.75	มาก	3.89	มาก	3.87	มาก
2. คณะ	คณะมนุษยศาสตร์	4.14	มาก	3.88	มาก	4.08	มาก	4.03	มาก
	คณะสังคมศาสตร์	4.33	มากที่สุด	3.88	มาก	3.98	มาก	4.06	มาก
	คณะศึกษาศาสตร์	3.90	มาก	3.88	มาก	4.04	มาก	3.94	มาก
	คณะศิลปกรรมศาสตร์	3.80	มาก	3.74	มาก	3.72	มาก	3.75	มาก
3. ชั้นปี	คณะวิทยาศาสตร์	3.92	มาก	3.73	มาก	3.78	มาก	3.81	มาก
	คณะพลศึกษา	3.94	มาก	3.93	มาก	3.94	มาก	3.93	มาก
	ชั้นปีที่ 1	3.99	มาก	3.86	มาก	3.95	มาก	3.93	มาก
	ชั้นปีที่ 2	3.84	มาก	3.74	มาก	3.85	มาก	3.81	มาก
	ชั้นปีที่ 3	4.15	มาก	3.96	มาก	4.03	มาก	4.05	มาก
	ชั้นปีที่ 4	3.74	มาก	3.64	มาก	3.62	มาก	3.66	มาก

หมายเหตุ: ด้านที่ 1 หมายถึง ด้านการปรับตัวของคนไทยและประเทศไทยให้เข้ากับประเทศสมาชิกและองค์กรรวมของประชาคมอาเซียน

ด้านที่ 2 หมายถึง ด้านผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง

ด้านที่ 3 หมายถึง ด้านผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

จากการทดสอบในภาพรวมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า นิสิตชายและหญิงมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับนิสิตที่ศึกษาอยู่คณะที่ต่างกันซึ่งมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนนิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้มากกว่านิสิตชั้นปีที่ 2 และ 4 ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 การเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตร
การศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัย ส่วนบุคคล	ความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน ในปี พ.ศ. 2558								หมายเหตุ
	ด้านที่ 1		ด้านที่ 2		ด้านที่ 3		ภาพรวม		
	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	ค่าสถิติ ทดสอบ	ค่า Sig.	
1. เพศ	0.79	0.43	2.86	0.34	8.24	0.93	0.86	0.39	-
2. คณะ	0.95	0.02*	1.22	0.30	3.19	0.05	2.10	0.06	ด้านที่ 1 : นิสิตคณะสังคมศาสตร์เห็นด้วย มากกว่าคณะศิลปกรรมศาสตร์ ด้านที่ 1, 2 และภาพรวม : นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยมากกว่าปี 2 และ 4
3. ชั้นปี	-0.09	0.00*	2.26	0.02*	3.68	0.01*	5.55	0.00*	ด้านที่ 3 : นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยมากกว่าปี 4

หมายเหตุ: 1. เพศใช้สถิติทดสอบ T แบบ independent ส่วนคณะและชั้นปีให้สถิติทดสอบ F

2. ด้านที่ 1 หมายถึง ด้านการปรับตัวของคนไทยและประเทศไทยให้เข้ากับประเทศสมาชิกและองค์กรร่วมของประชาคม
อาเซียน

ด้านที่ 2 หมายถึง ด้านผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง

ด้านที่ 3 หมายถึง ด้านผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

3. สัญลักษณ์ * หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ด้านที่ 2 กับด้านที่ 3, ด้านที่ 1 กับด้านที่ 2 และด้านที่ 1 กับด้านที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.74, 0.54 และ 0.53 ตามลำดับ นั่นแสดงว่า ความ
คิดเห็นทั้ง 3 ด้านมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยด้านที่ 2 กับด้านที่ 3 มีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับสูง
ส่วนด้านที่ 1 กับด้านที่ 2 และด้านที่ 1 กับด้านที่ 3 นั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับปานกลาง [7]

**3. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานกับความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี
พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ความรู้พื้นฐานกับความ
คิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ของนิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.26 ซึ่งแสดงว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน แต่สัมพันธ์ต่อกัน
ในระดับต่ำมาก [7]

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 พบว่า ในภาพรวม
นิสิตหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิตมีความรู้พื้นฐานโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ซึ่งสอดคล้องกับที่สำนักงานเลขาธิการ
สภาการศึกษา [8] ได้รายงานไว้ว่า คนไทยคุ้นเคยเกี่ยวกับอาเซียนสูงเป็นอันดับที่ 4 จากประเทศสมาชิกทั้ง 10
ประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันพบว่า นิสิตที่มีเพศแตกต่างกันและนิสิตที่ศึกษา
อยู่ในคณะที่ต่างกันมีความรู้พื้นฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนนิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่
แตกต่างกันมีความรู้พื้นฐานที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นิสิตชั้นปีที่ 1, 2 และ 3
มีความรู้พื้นฐานมากกว่านิสิตชั้นปีที่ 4 ในประเด็นนี้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะนิสิตชั้นปีที่ 4

มีโอกาสดูสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสังคมปัจจุบันได้น้อยกว่านิสิตชั้นปีที่ 1x3 ด้วยลักษณะรายวิชาที่ลงทะเบียนเรียนตามแผนการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 4 มุ่งเน้นทักษะการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมถึงการบริหารการศึกษา ในขณะที่นิสิตชั้นปีที่ 1x3 ได้เรียนรายวิชาศึกษาทั่วไป อาทิ วิชา มศว 141 ทักษะการรู้สารสนเทศ มศว 251 มนุษย์กับสังคม ซึ่งมุ่งเน้นให้มีการสืบค้นข้อมูลและเรียนรู้สังคมในยุคปัจจุบัน [5] อนึ่ง สังเกตว่านิสิตคณะสังคมศาสตร์ มีความรู้พื้นฐานในด้านที่ 1 คือ ข้อมูลพื้นฐานของอาเซียน อยู่ในระดับดี ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าจะเกิดจากการเรียนในรายวิชาต่างๆ ของคณะสังคมศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับประชาคมอาเซียนโดยตรง และนอกจากนี้ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างด้านย่อยของความรู้พื้นฐานซึ่งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน และสัมพันธ์ต่อกันในระดับปานกลาง ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าเป็นเพราะการที่ข้อคำถามมีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันของข้อคำถามทั้ง 3 ด้าน

ส่วนการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 พบว่า ในภาพรวม นิสิตหลักสูตรการศึกษาด้านจิตเห็นด้วยกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในระดับมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าการพัฒนาอาเซียนให้เป็นประชาคมอาเซียนนั้น ประเทศไทยและคนไทยจะได้รับการประสานประโยชน์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง อันจะส่งผลทางบวกโดยตรงกับระบบการเรียนรู้ภายในประเทศ และจากการเปรียบเทียบในภาพรวมพบว่า นิสิตที่มีเพศแตกต่างกันและนิสิตที่ศึกษาอยู่ในคณะที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่นิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนมากกว่านิสิตชั้นปีที่ 2 และ 4 ซึ่งผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการที่นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยมากกว่านิสิตชั้นปีที่ 4 อาจเกิดจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประชาคมอาเซียนที่แตกต่างกัน ส่วนที่นิสิตชั้นปีที่ 3 เห็นด้วยมากกว่านิสิตชั้นปีที่ 2 นั้น อาจเกิดจากประสบการณ์และการรับรู้ข้อมูลอย่างลึกซึ้ง ซึ่งเป็นผลจากการพินิจข้อมูลที่แตกต่างกัน ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างด้านย่อยของความคิดเห็นพบว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ด้านที่ 2 กับ 3 ได้แก่ผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง และผลประโยชน์ที่คนไทยและประเทศไทยจะได้รับเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์กันมากกว่าด้านอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยมีความคิดเห็นเป็นส่วนหนึ่งอาจเกิดจากลักษณะของข้อคำถามที่สะท้อนถึงผลประโยชน์จากประชาคมอาเซียนเช่นเดียวกัน เพียงแต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดเท่านั้น จึงทำให้ด้านย่อยทั้ง 2 ด้านมีความสัมพันธ์ต่อกันมากกว่าด้านอื่นๆ

และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานกับความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน แต่สัมพันธ์ต่อกันในระดับต่ำมาก แสดงให้เห็นว่า ความรู้พื้นฐานไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อความคิดเห็น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคาดเดาว่า น่าจะมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความคิดเห็นเกี่ยวกับการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน เช่น ความเชื่อพื้นฐานทางประวัติศาสตร์ สังคมและวัฒนธรรมของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือแนวคิดชาตินิยม เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายให้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิทย์ บัณฑิตกุล. (2555). *รู้จักประชาคมอาเซียน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.
- [2] พูลศรี คูลีเมฆิน. (2552, มกราคม-มีนาคม). จากวันวานสู่อนาคต สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การเป็นประชาคมอาเซียน. *วารสารการค้าโลก*. 7(1): 6-11.
- [3] กรมอาเซียน. (2551). *มารู้จักอาเซียนกันเถอะ*. กรุงเทพฯ: เอร่าวัฒนาการพิมพ์.
- [4] ประภัสสร เทพชาติ. (2555). *ประชาคมอาเซียน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เสมาธรรม.
- [5] คณะศึกษาศาสตร์. (2553). *มคอ.2 หลักสูตรการศึกษาด้านจิต หมวดวิชาชีพครู (หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2553)*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- [6] อธิพิพัทธ์ สุวทันพรกุล. (2554). *เอกสารประกอบการสอนวิชา ศษ 425 การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*.
กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [7] Hinkle, Dennis E.; William, Wiersma; & Stephen, G. Jurs. (1994). *Applied Statistics for The Behavioral Sciences*. Boston: Houghton Mifflin.
- [8] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). *การบรรยายทางวิชาการเพื่อสร้างความตระหนักเรื่องการก้าวสู่ประชาคมอาเซียน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

**SWU6-1112: การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียน
มัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ด้วยวิธีการวิเคราะห์
กลุ่มพหุ**

**ANALYSIS OF FACTORS AFFECT ON INTELLECTUAL CONSUMPTION BEHAVIOR
OF SECONDARY EDUCATIONAL IN THE SECONDARY EDUCATIONAL SERVICE
OFFICE AREA 2 BY MULTIPLE GROUP ANALYSIS**

ลลิตภัทร เจริญรัฐ

Lalitphat Charoenrut

ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Educational Measurement and Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot

University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: badz_maru_7@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายดังนี้ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (Direct effect) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect) และอิทธิพลรวม (Total effect) ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา 3) เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อจำแนกตามทางฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกันคือ ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับสูง เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 968 คน เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม 5 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.782 - 0.974 โดยทำการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สมการโครงสร้างเชิงเส้น (Structural Equation Modeling: SEM) ผลการวิจัยพบว่า 1) โมเดลเชิงสาเหตุของพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 24.962$, $df = 16$, $p = 0.070$; $\chi^2/df = 1.560$; $RMSEA = 0.024$; $GFI = 0.995$; $AGFI = 0.982$) 2) พฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้รับอิทธิพลรวมจากการรู้เท่าทันสื่อและการควบคุมตนเอง พฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้รับอิทธิพลทางตรงจากการรู้เท่าทันสื่อ และการควบคุมตนเอง นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบทางอ้อมจากการควบคุมตนเอง และความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน ตัวแปรสาเหตุนี้ร่วมกันอธิบายพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้ร้อยละ 58 3) โมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อจำแนกตามฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มทั้งนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำ และนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับสูง

คำสำคัญ: พฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา การวิเคราะห์กลุ่มพหุ

Abstract

The purposes of this research are 1) Investigate the consistency of the intellectual consumption behavior of Secondary Educational with empirical data 2) Study direct effect, indirect effect and total effect of factors that affect on intellectual consumption behavior 3) Test of invariance Intellectual Consumption Behavior Model of Secondary Educational in difference social economics status between low and high level of social economics status. A sample of 968 students sampling. There were 5 questionnaires. Reliabilities of 5 questionnaires were 0.782 - 0.974. The data were tested of invariance model by using Structural Equation Modeling; SEM. The research results were as follow: 1) Casual model of intellectual consumption behavior had a good fit with the empirical data. ($\chi^2 = 24.962$, $df = 16$, $p = 0.070$; $\chi^2/df = 1.560$; RMSEA = 0.024; GFI = 0.995; AGFI = 0.982) 2) Intellectual consumption behavior was obtained from total effect by media literacy and self-control. Intellectual consumption behavior was obtained from direct effect by media literacy and self-control. Furthermore, intellectual consumption behavior was obtained from indirect effect by self-control and Friend's Friendliness. All of the causal variables could explain the variance of intellectual consumption behavior as 58 percent. 3) test of invariance intellectual consumption behavior model of Secondary Educational in difference social economics status between low and high level of social economics status, found that the intellectual consumption behavior model had the same structural relationship of variable among between sample groups but covariance between error of measurement and observed variables were vary in different sample groups.

Keywords: Intellectual consumption behavior, Multiple group analysis

บทนำ

สังคมในศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้และประเทศต่างๆ ในโลกจะแข่งขันกันโดยใช้ “ปัญญา” อันเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาตน [1] ทำให้ทราบว่าแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการบริโภคที่สอดคล้องก็คือ การรู้จักบริโภคด้วยปัญญา ซึ่งหมายถึง การรู้จักบริโภค เลือกใช้สิ่งของ เครื่องใช้ ทรัพยากร หรือ กระทำสิ่งต่างๆ ด้วยการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด [2] ชีวิตนั้นควรมีจุดหมาย เพื่ออิสรภาพทางจิตใจ โดยมีความสุขที่ไม่ขึ้นกับวัตถุ หากความสุขที่เกิดจากการมีปัญญารู้เท่าทัน ความจริง “ความพอดี” ถ้าบริโภคเกินจุดพอดีไปก็จะเริ่มสุขน้อยลง ทุกข์มากขึ้น ดังนั้นแต่ละคนควรรู้จักจุดพอดีในการบริโภคของตน ซึ่งไม่คงที่ แปรเปลี่ยนไปตามพัฒนาการทางจิตและปัญญาของตน ยิ่งฝึกฝนพัฒนามากเท่าไร ก็จะสามารถมีความสุขได้ง่ายขึ้นโดยบริโภคหรือใช้ทรัพยากรน้อยลง [2] และจากผลการประเมินกระบวนการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษายังไม่คิด ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าอะไรถูก อะไรผิด อะไรดี อะไรชั่ว [1]

จากผลของโครงการวิจัยเรื่อง “ปัญหาเด็กไทยในมิติวัฒนธรรม” ของอมรวิรัช นาคทรพรพ [3] ผู้อำนวยการโครงการจัดตั้งสถาบันรามจิตติที่นำเสนอต่อกระทรวงวัฒนธรรมในมิติของการบริโภคพบว่า ปัจจุบันเด็กและเยาวชนไทยกำลังเผชิญกับกระแส “วัฒนธรรมกิน ต้ม ซุป” เป็นตัวเร่งให้เกิดค่านิยมบริโภคอย่างมหาศาล เด็กวัยรุ่นถูกดึงดูดจากโฆษณาให้ใช้จ่ายอย่างฟุ่มเฟือย นิยมแฟชั่นราคาแพงหรือของมีหยั้ห้อย การที่เยาวชนจะรู้จักการบริโภคอย่างถูกทางนั้นมีปัจจัยหลายด้าน ดังผลการวิจัยของผจงจิต อินทสุวรรณ; และคนอื่นๆ [4] กล่าวไว้เพื่อนคือบุคคลที่อยู่ใกล้ชิดกับวัยรุ่นมาก สามารถชักจูงหรือชี้แนะให้ทำตามหรือเลียนแบบเพื่อนในการตัดสินใจบริโภค หรือใช้ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งของ เงินและเวลา กลุ่มเพื่อนจึงมีอิทธิพลต่อวัยรุ่นจนเกิดการเลียนแบบกัน

[5] นอกจากนี้เด็กจำนวนไม่น้อยก็ได้รับอิทธิพลมาจากพฤติกรรมของพ่อแม่ ดังนั้นผู้ปกครอง/สมาชิกในครอบครัวควรเป็นต้นแบบที่ดีในการเปิดรับสื่อที่มีประโยชน์ ให้คำแนะนำอบรมสั่งสอนดูแลบุตรหลานอย่างใกล้ชิด และการควบคุมตนเอง โดยนักเรียนที่มีการควบคุมตนเองมากและได้รับแบบจากรอบคร้วมาก [6] และนอกจากนี้ผลการวิจัยของเกศราพร บำรุงชาติ [7] พบว่า การรู้เท่าทันสื่อช่วยให้สามารถปกป้องตนเองจากอิทธิพลของสิ่งโฆษณาสินค้าได้อย่างแท้จริง สอดคล้องกับอมรวิรัช นาครทรรพ; และคนอื่นๆ [3] กล่าวว่า ชีวิตที่ถูกบ่มเพาะด้วยความฟุ่มเฟือยโดยโฆษณาทางโทรทัศน์จะเป็นตัวกระตุ้นการใช้จ่าย โดยพระไพศาล วิสาโล [2] เน้นย้ำว่าเราควรบริโภคตามหลักคุณค่าแท้ บริโภคข่าวสารเพื่อให้เกิดความรู้สำหรับเอาไปใช้ประโยชน์ ทั้งแก่ตนเองและผู้อื่น ดังนั้น สื่อจึงเปรียบเหมือนดาบสองคมที่มีทั้งคุณและโทษ โดยเฉพาะต่อวัยรุ่นน่าจะได้รับค่านิยมที่มีส่วนผลักดันหรือส่งเสริมให้เด็กและเยาวชนมีแนวคิด นิสัยตลอดจนพฤติกรรมที่ไม่ดี [8]

ผลการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะรูปแบบการเกิดการพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา ได้แก่ การควบคุมตนเอง การรู้เท่าทันสื่อ ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน และอิทธิพลของครอบครัว อีกทั้งการที่นักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน ก็จะทำให้มีพฤติกรรมในการบริโภคที่ต่างกัน ซึ่งหากนักเรียนมีสติและใช้ปัญญาตลอดเวลาในการจำแนกแยกแยะถึงคุณค่าที่แท้จริงของการบริโภคก็จะทำให้รู้จักเลือกรับบริโภคได้อย่างมีสติ

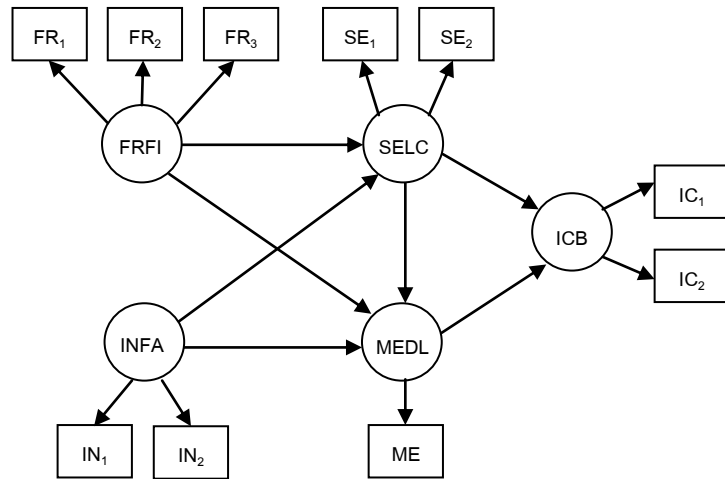
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (Direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect) และอิทธิพลรวม (Total effect) ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อจำแนกตามกลุ่มของนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและระดับสูง

สมมติฐานการวิจัย

1. โมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. ตัวแปรสาเหตุทุกตัวแปรคือ ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน อิทธิพลของครอบครัว การควบคุมตนเอง และการรู้เท่าทันสื่อ มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมดังต่อไปนี้
 - 2.1 อิทธิพลของเพื่อนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยผ่านการควบคุมตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ
 - 2.2 ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยผ่านการควบคุมตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ
 - 2.3 อิทธิพลของครอบครัวมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยผ่านการควบคุมตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ
 - 2.5 การควบคุมตนเองมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา
 - 2.6 การควบคุมตนเองมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยผ่านทาง การรู้เท่าทันสื่อ
 - 2.7 การรู้เท่าทันสื่อมีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา
3. โมเดลของการบริโภคด้วยปัญญาที่สร้างขึ้น มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่มของนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและระดับสูง



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2554 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ซึ่งตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร มีจำนวนทั้งสิ้น 11 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 968 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling)

เครื่องมือในการวิจัย

แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา แบบสอบถามวัดการควบคุมตนเอง แบบสอบถามวัดการรู้เท่าทันสื่อ แบบสอบถามวัดความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน และแบบสอบถามวัดอิทธิพลของครอบครัว

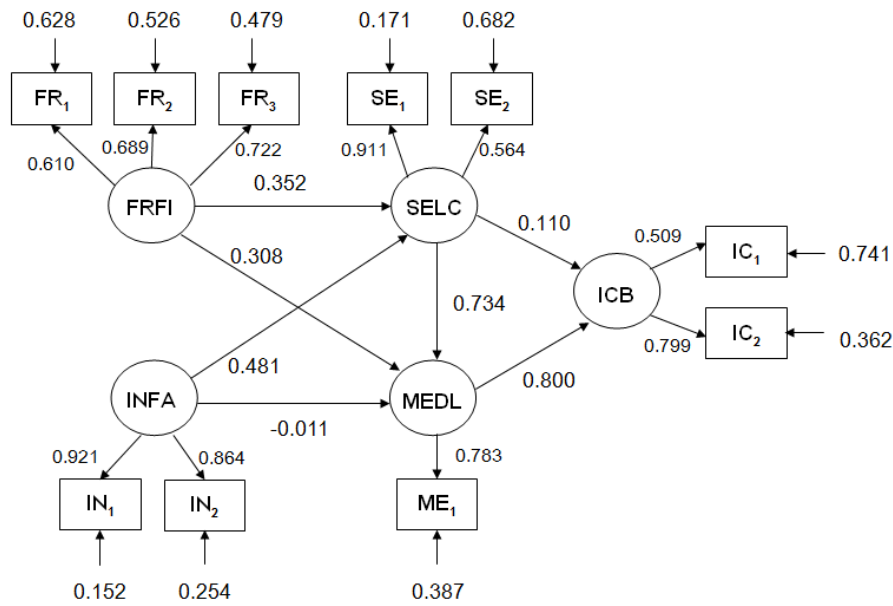
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์โมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สมการโครงสร้างเชิงเส้น (Structural Equation Modeling: SEM)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า

1. โมเดลเชิงสาเหตุของพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดการบริโภคด้วยปัญญาตามแนวพุทธเศรษฐศาสตร์หลังการปรับโมเดลแล้วพบว่า มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกค่า โดยมีค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 24.962, $df = 16$, $p = 0.070$; $\chi^2/df = 1.560$; RMSEA = 0.024; GFI = 0.995; AGFI = 0.982 และมีค่าอิทธิพลของปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อตัวแปรผล ดังภาพที่ 2 และตารางที่



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ
พฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาหลังการปรับโมเดล

ตารางที่ 1 อิทธิพลทางตรง (Direct effect) อิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) และอิทธิพลรวม (Total effect) และค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2)

ประเภทของตัวแปร		ตัวแปรแฝงภายใน						ตัวแปรผล		
		SELC			MEDL			ICB		
		DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE
ตัวแปรแฝงภายนอก	FRFI	0.352*	-	0.352*	0.308*	0.258*	0.566*	-	0.492*	0.492*
	INFA	0.481*	-	0.481*	-0.011*	0.353*	0.342*	-	0.327*	0.327*
ตัวแปรแฝงภายใน	SELC	-	-	-	0.734*	-	0.734*	0.110*	0.588*	0.698*
	MEDL	-	-	-	-	-	-	0.800*	-	0.800*
R^2		0.598			0.716			0.580		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. พฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้รับอิทธิพลรวม (Total effect: TE) จากตัวแปรแฝงภายในมากที่สุดคือ การรู้เท่าทันสื่อมากที่สุด ($\beta_{MEDL} = 0.800$) รองลงมาคือ การควบคุมตนเอง ($\beta_{SELC} = 0.698$) ส่วนตัวแปรภายนอกที่ส่งอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญามากที่สุดคือ ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน ($\gamma_{FRFI} = 0.492$) รองลงมาคือ อิทธิพลของครอบครัว ($\gamma_{FRFI} = 0.327$)

ตัวแปรแฝงภายในที่ส่งอิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect: IE) ต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา มากที่สุดคือ การควบคุมตนเอง ($\beta_{SELC} = 0.588$) โดยผ่านตัวแปรการรู้เท่าทันสื่อ

ตัวแปรแฝงภายนอกที่ส่งอิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect: IE) ต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญา มากที่สุดคือ ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน ($\gamma_{FRFI} = 0.492$) โดยผ่านตัวแปรการควบคุมตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ รองลงมาคือ อิทธิพลของครอบครัว ($\gamma_{FRFI} = 0.327$) ซึ่งส่งอิทธิพลทางอ้อมมายังพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาโดยผ่านตัวแปรการควบคุมตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ

ตัวแปรแฝงภายในที่ส่งอิทธิพลทางตรง (Direct effect: DE) ต่อพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญามากที่สุดคือ การรู้เท่าทันสื่อ ($\beta_{MEDL} = 0.800$)

นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่วงน้ำหนัก (Coefficient of Determination: R^2) ของตัวแปรแฝงภายในการควบคุมตนเองมีสัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรแฝงซึ่งถูกอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการโครงสร้างประมาณร้อยละ 59.8 ตัวแปรแฝงภายในการรู้เท่าทันสื่อมีสัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรแฝงซึ่งถูกอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการโครงสร้างประมาณร้อยละ 71.6 และตัวแปรผลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญามีสัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรแฝงซึ่งถูกอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการโครงสร้างประมาณร้อยละ 58

3. ผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

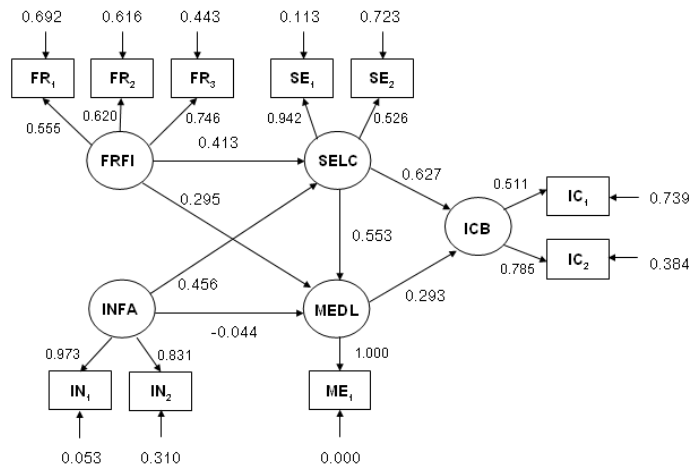
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 เมื่อจำแนกกลุ่มตามประเภทของฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและระดับสูง

สมมติฐานการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล	ดัชนีความสอดคล้องของโมเดล					ค่าความแตกต่าง		χ^2_{CR}
	χ^2	df	p-value	RMSEA	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	
1. H_{form}	66.372	34	0.000	0.044	0.997	-	-	-
2. H_{Λ_x}	71.955	37	0.000	0.044	0.996	5.583	3	7.81
3. H_{Λ_x, Λ_y}	72.458	39	0.000	0.042	0.996	0.503	2	5.99
4. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta}$	92.806	47	0.000	0.045	0.995	20.348*	8	15.50
5. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta, \Theta\epsilon}$	107.952	55	0.000	0.044	0.994	15.146	8	15.50
6. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta, \Theta\epsilon, \beta}$	111.498	58	0.000	0.044	0.994	3.546	3	7.81
7. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta, \Theta\epsilon, \beta, \Gamma}$	114.062	62	0.000	0.041	0.994	2.564	4	9.49
8. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta, \Theta\epsilon, \beta, \Gamma, \Phi}$	116.894	65	0.000	0.040	0.994	2.832	3	7.81
9. $H_{\Lambda_x, \Lambda_y, \Theta\delta, \Theta\epsilon, \beta, \Gamma, \Phi, \Psi}$	122.593	68	0.000	0.040	0.994	5.699	3	7.81

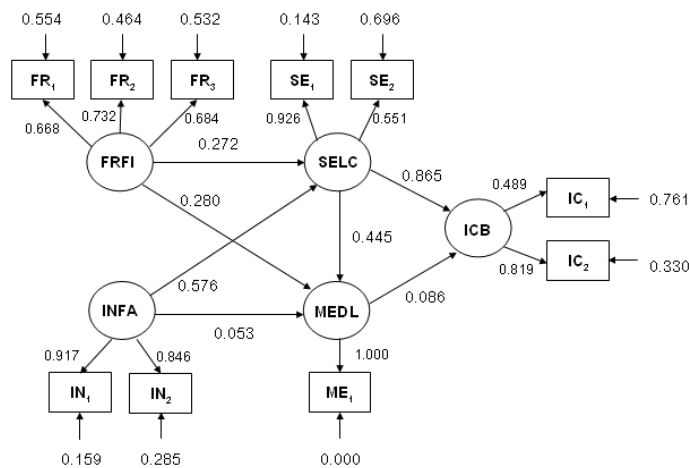
หมายเหตุ : * หมายถึงค่าของไค-สแควร์ที่เปลี่ยนไปมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 เมื่อจำแนกกลุ่มตามประเภทของฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและระดับสูง สมมติฐานที่ 1 ซึ่งเป็นการทดสอบความไม่

แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลพบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 66.372$; $df = 34$; p -value < .001; CFI = 0.997; RMSEA = 0.044) แสดงว่า โมเดลพฤติกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ของนักเรียนที่ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและระดับสูงมีความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล แต่มีความแปรเปลี่ยนในด้านพารามิเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สัมพันธ์กับการวัดของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกันอย่างสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการบริโภค ด้วยปัญญาของนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำ



ภาพที่ 4 แผนภาพแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการบริโภค ด้วยปัญญาของนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับสูง

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ในการวิจัย ผู้วิจัยได้สรุปและอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่า การควบคุมตนเอง การรู้เท่าทันสื่อ ความเป็นกัลยาณมิตรของเพื่อน และอิทธิพลของครอบครัว เป็นปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญา โดยผลการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาพบว่า โมเดลโครงสร้างก่อนการปรับโมเดลยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากดัชนีวัดความสอดคล้องบางตัวยังไม่ผ่านเกณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยได้ผ่อนปรนข้อตกลงเบื้องต้นโดยยอมให้ความคลาดเคลื่อนของการวัดบางตัวมีความสัมพันธ์กันได้ ซึ่งส่งผลให้ข้อมูลสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของการวัดค่าของตัวแปร และส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น [9] ภายหลังจากผู้วิจัยทำการปรับและตกแต่งโมเดลและได้พิจารณาดัชนีวัดความสอดคล้องที่สำคัญประกอบ คือ ดังนี้ $\chi^2 = 24.962$, $df = 16$, $p < 0.001$; $\chi^2/df = 1.560$; RMSEA = 0.019; GFI = 0.995; AGFI = 0.982, RMSEA = 0.024, RMR = 0.016, SRMR = 0.016, CFI = 0.999 แสดงให้เห็นว่าโมเดลท้ายสุดที่ผู้วิจัยทำการปรับมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยที่ตัวแปรเชิงสาเหตุทั้งหมดสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้ร้อยละ 58 การควบคุมตนเองได้ร้อยละ 59.8 และการรู้เท่าทันสื่อได้ร้อยละ 71.6 ซึ่งจากผลการวิจัยนี้ทำให้เราทราบว่าหากเรามีความรู้เท่าทันสื่อในระดับดี ก็เท่ากับว่าเราจะมีทางเลือกมากขึ้นในการตีความสารต่างๆ และจะนำไปสู่การควบคุมตนเอง และพฤติกรรมส่วนตัว ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของพระธรรมปิฎก [10] กล่าวว่าเพราะสังคมปัจจุบันเป็นสังคมข้อมูลข่าวสาร ความเจริญทางเทคโนโลยีและการสื่อสารทำให้สังคมไทยเข้าสู่สังคมโลกาภิวัตน์ สภาพการณ์ดังกล่าวทำให้สมาชิกของสังคมต้องติดตามข่าวสารอยู่เสมอ คนไทยยุคปัจจุบันจึงต้องใช้สติปัญญาในการไตร่ตรอง และเข้าใจถึงจุดมุ่งหมายและประโยชน์ที่แท้จริงของข้อมูล ต้องรู้จักใช้เครื่องมือสื่อสารเบื้องต้นของมนุษย์ให้เป็น ให้ดูแลฟังอย่างมีสติ บุคคลจะเป็นผู้ดำเนินการในปรับพฤติกรรมด้วยตนเองทั้งหมด ทั้งการเลือกเป้าหมายตลอดจนวิธี ดำเนินการ เพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายนั้น [11] การที่เรายังไม่สามารถควบคุมตนเองได้ก็จะทำให้เราไม่สามารถยับยั้งความต้องการของสิ่งของที่ฟุ่มเฟือยได้ ดังนั้น ถ้าหากเราสามารถการควบคุมตนเองจะทำให้เราสามารถใช้ชีวิตอยู่ในสังคมปัจจุบันได้อย่างมีความสุข ดังเช่นที่แนวคิดของอุษา จารุสวัสดิ์ [12] กล่าวว่าพัฒนาการในด้านเทคโนโลยีการสื่อสารมีความเจริญก้าวหน้าอย่างมากจนได้ชื่อว่า ยุค IT ยุคสารสนเทศ ยุคโลกาภิวัตน์ หรือยุคโลกไร้พรมแดนความเจริญนี้จะช่วยให้การติดต่อสื่อสารมีความสะดวกรวดเร็วทันใจ โทรศัพท์กลายเป็นสื่อที่ธรรมดา แต่สิ่งใดก็ตามที่มีคุณอนันต์ก็ย่อมมีโทษมหันต์ได้เช่นกัน ถ้าผู้เสพผู้บริโภคไม่ตั้งอยู่ในความพอดี ไม่รู้จักตัวเองว่าเป็นใคร อยากมีอยากใช้โดยไม่มีความจำเป็น ตกเป็นทาสของเทคโนโลยี มีความสนุกสนานเพลิดเพลิน รู้สึกเท่โก้เก๋ ที่ได้มีได้ใช้ได้เป็นเจ้าของอุปกรณ์ไฮเทค แต่การใช้ที่ขาดการควบคุม ขาดความระมัดระวัง ก็อาจจะนำพิษมาสู่ตัวผู้ใช้ได้ นอกจากนี้ผลการวิจัยของวารุณี ฟองแก้ว; และคนอื่นๆ [13] ได้ทำการศึกษาอัตลักษณ์ทางเพศของเด็กวัยรุ่นพบว่า เด็กวัยรุ่นไทยส่วนหนึ่งได้รับการพัฒนาอัตลักษณ์ทางเพศที่ไม่มั่นคง ซึ่งอาจนำไปสู่พฤติกรรมทางเพศที่ไม่เหมาะสม โดยมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แบบอย่างในครอบครัว การนำเสนออัตลักษณ์ทางเพศที่ไม่เหมาะสมของสื่อมวลชน อิทธิพลของสังคมบริโภคนิยม และอิทธิพลของกลุ่มเพื่อน

2. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (Direct effect) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect) และอิทธิพลรวม (Total effect) ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีต่อพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญา

พฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาได้รับอิทธิพลรวมสูงสุดจากการรู้เท่าทันสื่อ และการควบคุมตนเอง เนื่องจากการรู้เท่าทันสื่อจะทำให้สามารถวิเคราะห์ วิเคราะห์ ประเมินค่าสื่อได้อย่างถูกต้อง [14] เพราะสื่อนั้นมีอิทธิพลต่อการรับรู้และการเรียนรู้ของเด็ก สอดคล้องกับผลการวิจัยของเกศราพร บำรุงชาติ [7] ที่พบว่า นักเรียนที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง นักเรียนจะมีการรู้เท่าทันสื่อโฆษณาทางโทรทัศน์สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่นักเรียนนั้นจะมีวิจารณญาณสูงก็ต้องได้รับการพัฒนาจากหลายด้าน เช่น ครอบครัว กลุ่มเพื่อน เพราะการเรียนรู้จากตัวแบบ (Observation Learning) ถือเป็นการเรียนรู้พฤติกรรมในกระบวนการถ่ายทอดทางสังคม โดยเฉพาะกลุ่มเพื่อนเพราะการคบเพื่อนที่ดี การมีมิตรที่ดี มิตรที่ดีก็จะนำพาเราไปสู่ความเจริญรุ่งเรือง เพราะวัยรุ่นเป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มที่ต้องการอยู่ร่วมกับเพื่อน เพื่อให้เพื่อนยอมรับวัยรุ่นมักยึดเพื่อนเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติและการแสดงความเป็นพวกเดียวกัน เพื่อนจึงมีอิทธิพลทั้งในด้านความคิดและการแสดงออก งานวิจัยของปราณี จ้อยรอด [6] พบว่า การได้รับตัวแบบจากเพื่อน เป็นตัวแปรที่ทำนายพฤติกรรมการรับสื่ออินเทอร์เน็ตอย่างมีวิจารณญาณ และการได้รับตัวแบบจากเพื่อนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการรับสื่ออินเทอร์เน็ตอย่างมีวิจารณญาณ เพราะเพื่อนอาจเป็นผู้ที่คอยช่วยเหลือชี้แนะสิ่งที่มีประโยชน์ นอกจากนี้บิดามารดาถือเป็นผู้เป็นต้นแบบที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ชิดเด็ก ถ้าบิดามารดาเป็นแบบอย่างที่ดี เด็กก็จะซึมซับสิ่งที่เห็นไปในจิตใจนำไปสู่การปฏิบัติและมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับงามตา วณิชานนท์ [15] ที่ได้กล่าวถึงการที่บิดามารดาปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่เด็กว่า เป็นการปลูกฝังอบรมเด็กด้วยการทำให้เห็น ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการปลูกฝังถ่ายทอดลักษณะทางจิตใจและพฤติกรรมที่ให้ผลดี โดยงานวิจัยของรุจิเรศ พิชิตานนท์ [16] พบว่า การเป็นแบบอย่างที่ดีของบิดามารดาเป็นตัวแปรสำคัญในการทำนายพฤติกรรมฉลาดเลือกกิน และพฤติกรรมการกินอาหารเหมาะสมกับสุขภาพ และงานวิจัยของผจงจิต อินทสุวรรณ และคณะ [4] พบว่า ประสบการณ์จากครอบครัว ซึ่งหมายถึงการได้รับการปลูกฝังถ่ายทอดนิสัยการบริโภคทั้งโดยตรงจากการแนะนำและทางอ้อมจากการเป็นแบบอย่าง เป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำนายพฤติกรรมบริโภคด้วยปัญญา นอกจากนี้การควบคุมตนเอง ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมบริโภคด้วยปัญญา เนื่องจากการบังคับตนเอง การปรับปรุงตนเอง หรือการจัดระเบียบพฤติกรรมบางชนิดของตนเอง โดยมีเป้าหมายให้มีพฤติกรรมใหม่ที่ดีมีประโยชน์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการมีพฤติกรรมบริโภคด้วยปัญญา สอดคล้องกับผลงานวิจัยของสาวิตรี เข้าใจการ [17] พบว่า นักเรียนที่มีการควบคุมตนเองสูงจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการคิดหาเหตุผลตรรกศาสตร์ นอกจากนี้ผลงานวิจัยของกรภัทร วรเชษฐ์ พบว่า การควบคุมตนเอง มีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อลักษณะมุ่งอนาคตของนักเรียน เนื่องมาจาก นักเรียนที่มีการควบคุมตนเองสูงจะสามารถกำหนดตนเองให้ทำในสิ่งที่ถูกที่ควร และรู้วิธีรับมือจากสิ่งรบกวนภายนอก

3. ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อจำแนกตามกลุ่มนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน

จากผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบ (form) พบว่า โมเดลพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อจำแนกตามฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม ทั้งนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับต่ำและนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวระดับสูง ซึ่งเป็นการตัวแปรปัจจัยเชิงสาเหตุทั้ง 4 ตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกับพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาไม่ว่าจะทำการทดสอบกับนักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวต่างกัน ก็ยังคงมีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างเหมือนเดิม ยกเว้นค่าของพารามิเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สัมพันธ์กับการวัดของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัลนิกา ฉลากบาง. (2548). *การพัฒนาความสามารถในการรู้จักคิดแบบโยนิโสมนสิการและการบริโภคด้วยปัญญาของนักศึกษาสถาบันราชภัฏสกลนคร*. ปรินญาณินพนธ์ วท.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [2] พระไพศาล วิสาโล. (2549). *ฝ่าฟันวิกฤตศีลธรรมด้วยทัศนะใหม่*. กรุงเทพฯ: เครือข่ายพุทธิกา.
- [3] อมรวิชัย นาครพรรพ. (2549). *เด็กไทยในมิติวัฒนธรรม*. กรุงเทพฯ: สถาบันรามจิตติ.
- [4] ผจงจิต อินทสุวรรณ; และคนอื่นๆ. (2548). *รายงานการวิจัย ฉบับที่ 22 การวิจัยและพฤติกรรมกรรมการบริโภคด้วยปัญญาของเยาวชน*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [5] พรพิมล เจียมนาครินทร์. (2539). *พัฒนาการวัยรุ่น*. กรุงเทพฯ: ดันอ้อ แกรมมี.
- [6] ปราณีย์ จ้อยรอด. (2552). *ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการรับสื่ออินเทอร์เน็ตในตัวอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ในเขตกรุงเทพมหานคร*. ปรินญาณินพนธ์ วท.ม. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [7] เกศราพร บำรุงชาติ. (2550). *การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสาเหตุของการรู้เท่าทันสื่อโฆษณาทางโทรทัศน์ของนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 สังกัดกรุงเทพมหานคร ที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและระดับการตระหนักรู้ตนเองแตกต่างกัน*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [8] จีรพรรณ นิสสกา. (2541). *ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยลักษณะส่วนบุคคลของผู้ปกครองและพฤติกรรมการดูโทรทัศน์กับพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยในเขตการศึกษา 6*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาปฐมวัย). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [9] นางลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลอิสระ: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีพจัดการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] พระธรรมปิฎก (ป.อ. ปยุตโต). (2542). *เศรษฐศาสตร์แนวพุทธ*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิโกมลคีมทอง.
- [11] สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต. (2543). *ทฤษฎีและเทคนิคการปรับพฤติกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [12] อุษา จารุสวัสดิ์. (2544). *จิตวิทยาครอบครัว เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2*. กรุงเทพฯ: สันติภาพการพิมพ์.
- [13] วารุณี ฟองแก้ว; และคนอื่นๆ. (2550, มกราคม-มิถุนายน). *การศึกษาอัตลักษณ์ทางเพศของเด็กวัยรุ่น*. *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ*. 39(1): 47-67.
- [14] อุณาโลม จันทร์รุ่งมณี. (2549). *เปิดประตูสู่การรู้เท่าทันสื่อ : แนวคิดทฤษฎีและประสบการณ์การรู้เท่าทันสื่อเพื่อสุขภาพ*. นนทบุรี: โครงการสื่อสร้างสรรค์สุขภาพ.
- [15] งามตา วรินทร์านนท์. (2545). *การถ่ายทอดทางสังคมกับการพัฒนาการของมนุษย์*. (เอกสารคำสอนวิชา วป 581). กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [16] รุจิเรศ พิษิตานนท์. (2546). *ปัจจัยทางจิตสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมฉลาดเลือกกินของนักเรียนวัยรุ่นตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [17] สาวิตรี เข้าใจการ. (2549). *รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดหาเหตุผลตรรกศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยภูมิ เขต 1*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

SWU6-1114: การพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย THE DEVELOPMENT OF MANAGEMENT MODEL FOR CREATIVE AND PRODUCTIVE SCHOOL IN THAILAND

ชมแข พงษ์เจริญ

Chomkae Phongcharoen

สาขาวิชาการจัดการการศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Program in Education Management, Dhurakij Pundit University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: Chomkaa@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย 2) ประเมินรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ศึกษาสภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทยโดยสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียนกรณีศึกษา 4 โรงเรียน 2) พัฒนารูปแบบโดยการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 11 คน และสอบถามความคิดเห็นของผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และครูในสถานศึกษา ชั้นพื้นฐาน จำนวน 440 คน 3) ประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้โดยผู้ทรงคุณวุฒิโดยการสนทนากลุ่ม (Focus Group) สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา สรุปสาระสำคัญ แจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. สภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทยประชาชนและผู้ปกครองยังไม่เข้าใจในการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ มีการบูรณาการด้วยวิชาและเทคโนโลยีภายใต้ความเป็นไทยมีวิถีคิดแยกส่วนผู้บริหาร ครู และบุคลากรต้องมีความพร้อมสูงในการทุ่มเทเวลาในการสอนแบบวิเคราะห์ มีเหตุผล รู้จักวิจัยและพิสูจน์ ครูต้องนำได้ในด้านปรัชญาและหลักการโรงเรียนเน้นให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงออก สามารถพัฒนาตนเองได้ หลักการจัดองค์กรไม่มีโครงสร้างแน่นอนเป็นองค์กรที่ผู้บริหารใกล้ชิดผู้ปฏิบัติงาน แต่ละองค์กรจัดการตนเอง หลักการจัดหลักสูตร ยืดหยุ่น เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบแผนกิจกรรมการเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน แนวทางการจัดการเรียนรู้ มีการออกแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับธรรมชาติ เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจากการทำโครงการ จัดการเรียนรู้เป็นหน่วยบูรณาการ แนวทางการบริหารจัดการโรงเรียนจะต้องสื่อสารให้สาธารณชนเข้าใจแนวคิดของโรงเรียน แนวทาง การมีส่วนร่วมผู้ปกครองมีส่วนร่วมกับทางโรงเรียน โดยการทำกิจกรรมร่วมกัน

2. การพัฒนารูปแบบโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย เป็นโรงเรียนคุณภาพที่เชื่อว่าการสร้างคนต้องมีความยืดหยุ่น มีกระบวนการเรียนการสอนให้นักเรียนคิดเป็น คิดเอง ทำเอง ครูมีบทบาทเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งแนะตามศักยภาพเด็ก มีปรัชญาและหลักการเน้นการศึกษาตลอดชีวิต แนวทางการจัดองค์กรจัดโครงสร้างเองเป็นอิสระ หลักการจัดหลักสูตรมีหลักสูตรเชิงสร้างสรรค์ให้คิดทุกวิชา เน้นทำกิจกรรมเป็นหลักสูตรที่เทียบเคียงนานาชาติได้ แนวทางการจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้เป็นหน่วยบูรณาการ ผู้เรียนมีโอกาสเป็นผู้เลือกเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจากการทำโครงการ แนวทางการบริหารจัดการเป็นแบบสมัยใหม่ ครูและบุคลากรเข้าใจแนวคิดของโรงเรียน

แนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา ผู้บริหาร ครู ผู้ปกครอง มีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาในฐานะผู้สนับสนุนทรัพยากร และเป็นแหล่งเรียนรู้

3. รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทยที่เหมาะสม ประกอบด้วย 1) ที่มาของรูปแบบ ประกอบด้วย หลักการและเหตุผล แนวคิดและหลักการของรูปแบบและวัตถุประสงค์ของรูปแบบ 2) องค์ประกอบของรูปแบบ ประกอบด้วย ปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการ และแนวทางการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา 3) การนำรูปแบบไปใช้ ประกอบด้วย เงื่อนไข และข้อแนะนำในการนำรูปแบบไปใช้

คำสำคัญ: การจัดการ โรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในประเทศไทย

Abstract

This research of Development Model of Management for Creative and Productive School in Thailand has the objective to

1. To develop the model of management for Creative and Productive School in Thailand.
2. To evaluate the model of management for Creative and Productive School in Thailand.

The research is composed of 3 steps. (1) Studying the condition of management for Creative and Productive School in Thailand by interviewing the executives in 4 schools' case studies. (2) Developing the model by interviewing 11 experts and school directors, deputy directors of schools and teachers in the basic education for 440 people. (3) Evaluating the suitability and possibility by the experts with focus group in Statistical analysis of data. There are content analysis, summary, distribution frequency, percentage, mean and standard deviation. The result of the research can conclude as follows;

1. The condition of management for creative and productive School in Thailand, the people and the parents still do not understand in the new knowledge management. It includes the integration of sciences and technologies under Thai approach. The separated opinion of executives, teachers and staffs must have the high availability for the dedicated time and analytical and reasonable teaching approach. They must make the research and take the research to practice in philosophy and principles. The schools insist on the students about being confident, self-assured and self-developed. The principle for managing the inconstant structure in organization, the executives have to work closely with worker. Each organization can organize itself. The principles organize the flexible courses and insist on the learner's participation for designing the educational activities both inside and outside class. The way for knowledge management and the design for knowledge that is harmonious with the nature and also learns through practicing from project. The Learning management is the integrated unit and the approach of school management will have to communicate with public. The personals understand the idea of school and the participatory idea between parents and schools by the activities.

2. The development model of management for creative and productive school in society is the high quality school and believes that the people development must be flexible. It has the learning process to make student think and do by them. The main role of teachers will be the mentor in order to advise and suggest in the children's ability. It is the philosophy and the principle that insist on Life Long Learning, the way of organization

and independent self- management in structure. The principle of the curriculum management has the creative curriculum in every subject. The curriculums insist on the activities as internationalization. The approach of knowledge management organizes the integrated unit. The learners have opportunities to be the learning selector through practicing from projects and the approach of new management. The teachers and the personals understand the school's idea, participatory approach and educational management. On behalf of the supporters in resources and learning resources, the executives, the teachers and the parents must have the participation for the educational management.

3. The model of management for creative and productive School in Thai society is composed of (1) the source of the model includes principle and reason, idea and principle of the model and the objectives of the model. (2) The elements of the model include the philosophy and principle in the organization, course management, learning approach, management approach and participatory learning approach. (3.) Take the model to use, including condition and suggestion.

Keywords: Management, Creative and Productive School

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและเศรษฐกิจโลก การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารอย่างสะดวกรวดเร็วทำให้โลกไร้พรมแดน รูปแบบการศึกษาของสมาชิกโลกเปลี่ยนแปลงไป สังคมไทยคงดำรงอยู่แบบเดิม ขาดการศึกษาค้นคว้า ไม่มีการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เป็นสังคมที่มีแต่การเลียนแบบ ถูกครอบงำทางความคิด ไม่มีเอกลักษณ์ของตนเอง ทำให้เป็นสังคมที่มีขีดความสามารถในการแข่งขันต่ำ อุดรูดได้ยาก ด้วยเหตุนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนสังคมใหม่ให้เป็นสังคมฐานความรู้ มีผู้คนที่รู้จักคิด รู้จักสร้าง หรือผลิตงานใหม่ๆ มีการพัฒนาเชื่อมโยงความรู้ เป็นสังคมที่มีเหตุผล เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ [1] หลังประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กระทรวงศึกษาได้ติดตามประเมินผลการดำเนินงานในภาพรวมของการปฏิรูปการศึกษา พบปัญหาที่ต้องเร่งพัฒนาดังนี้ [2] 1) ด้านคุณภาพการศึกษา 2) ด้านโครงสร้างการบริหารงาน 3) ด้านหลักสูตรและการสอน 4) ด้านคุณภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงควรเปลี่ยนกระแสนการศึกษาใหม่ให้เป็นไปในทิศทางที่ก่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติ ก่อให้เกิดรูปธรรมในการศึกษาและก่อให้เกิดผลผลิตในทางสร้างสรรค์ เป็นผลผลิตใหม่ๆ ที่เกิดจากความคิด สติปัญญา วิธีการของการศึกษานั้นๆ ซึ่งสถานศึกษาควรส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนทุกระดับการศึกษา มีการกำหนดหลักสูตรการศึกษาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน เพื่อให้การพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพเป็นไปในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ปฏิบัติได้จริง และมีประสิทธิภาพสูงสุด อันนำไปสู่การจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ได้ให้ความสำคัญในการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ โดยมุ่งเน้นให้มีการปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนรู้ใหม่ของคนไทย ครูมีวิธีการปรับการเรียนเปลี่ยนการสอนจากผู้บอกเป็นผู้อำนวยความสะดวกสอนด้วยวิธีหลากหลาย [3]

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพพบว่า สภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ ประชาชนและผู้ปกครองยังไม่เข้าใจในการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ มีการบูรณาการด้วยวิชาและเทคโนโลยีภายใต้ความเป็นไทย มีวิธีคิดแยกส่วน ผู้บริหาร ครู และบุคลากรต้องมีความพร้อมสูง ในการทุ่มเทเวลาในการสอนแบบวิเคราะห์ มีเหตุผล มีข้อสงสัย รู้จักวิจัยและพิสูจน์ ครู

ต้องนำได้ ในด้านปรัชญาและหลักการ โรงเรียนเน้นให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงความคิดเห็น สามารถพัฒนาตนเองได้ หลักการจัดองค์กรไม่มีโครงสร้างแน่นอน เป็นองค์กรที่ผู้บริหารใกล้ชิดกับปฏิบัติงาน แต่ละองค์กรจัดการตัวเอง หลักการจัดหลักสูตร ยืดหยุ่น เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบแผนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน มีการจัดกิจกรรมเสริม แนวทางการจัดการเรียนรู้ มีการออกแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับธรรมชาติ เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติโดยการทำโครงการจัดการเรียนรู้เป็นหน่วยบูรณาการ แนวทางการบริหารจัดการ โรงเรียนจะต้องสื่อสารให้สาธารณชนเข้าใจ บุคลากรต้องเข้าใจแนวคิดของโรงเรียน แนวทางการมีส่วนร่วม ผู้ปกครองมีส่วนร่วมกับโรงเรียน และผู้ปกครองด้วยกันในการทำกิจกรรมร่วมกัน

จากการศึกษารูปแบบสถานศึกษาตามแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า มีการพัฒนาสถานศึกษาตามรูปแบบแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ เป็นโรงเรียนแห่งการเรียนรู้ สามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างดีในด้านการบริหารจัดการ นักเรียนได้รับประสบการณ์หลากหลายในการเรียนรู้ มีการประเมินผลการเรียนรู้ตามรูปแบบแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ มีการพัฒนาการเรียนรู้ การสอน การมีส่วนร่วม การเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่วนสำคัญที่สุดคือนโยบาย วิธีปฏิบัติ และคุณค่า การปฏิบัติทางการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงสร้างสรรค์นอกจากนี้ศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูริย์ สินลารัตน์ ได้มีแนวคิดเกี่ยวกับโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย สืบเนื่องจากปัจจุบันโลกเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ การตามอย่างประเทศตะวันตกมีมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการจัดการศึกษาไม่สอดคล้องกับสังคมไทย การอบรมคนบนพื้นฐานวัฒนธรรมไทยไม่ได้รับการวิจัยเท่าที่ควร ทำให้ระบบการศึกษาไทยเป็นระบบบริโภคนิยม การคิดใหม่ สร้างใหม่จึงไม่เกิดขึ้น เพื่อให้มีการพัฒนาประเทศทัดเทียมกับประเทศต่างๆ จึงควรพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย โดยกำหนดคุณลักษณะของผู้เรียนใหม่ จัดหลักสูตรกระบวนการเรียนการสอน เน้นผลผลิต ปรับองค์กรให้เป็นองค์กรแห่งการสร้างสรรค์และผลิตภาพเรียนรู้ [4]

ดังนั้นการจัดการโรงเรียนสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น โรงเรียนเชิงสร้างสรรค์ในประเทศไทยมีอยู่น้อยมากและไม่มีการจัดการเรียนการสอนอย่างจริงจังต่อเนื่องจึงควรพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยโดยนำแนวคิดของศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูริย์ สินลารัตน์ มาพัฒนาต่อ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบาย การวางแผน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย
2. เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ สถานศึกษาชั้นพื้นฐาน จำนวน 32,731 แห่ง ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา 178 เขต สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ สถานศึกษาที่มีแนวคิดการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ จำนวน 4 แห่ง คือ โรงเรียนตรุณสิกขาลัย โรงเรียนลำปลายมาศพัฒนา โรงเรียนรุ่งอรุณ และโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ตรวจสอบรูปแบบเชิงคุณลักษณะ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 11 คน จากผู้ทรงคุณวุฒิ 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนโยบายและการวางแผนการศึกษา จำนวน 6 คน กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 5 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.3 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารสถานศึกษา รองผู้อำนวยการ และครูที่ปฏิบัติงานอยู่ในสถานศึกษาชั้นพื้นฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเปิดตารางยามาเน [5] จำนวน 440 โรง ที่ได้มาจากการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) ขั้นตอนของการสุ่ม ดังนี้

1) สุ่มจากจังหวัด 76 จังหวัด ได้ 34 จังหวัด จับฉลากเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 70 เขตด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

2) สุ่มตัวอย่างสถานศึกษาในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา โดยการแบ่งสถานศึกษาออกเป็นสถานศึกษาระดับประถมและระดับมัธยมศึกษา แล้วเลือกสถานศึกษาทั้ง 2 ประเภทออกเป็นสัดส่วน 50% แล้วสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยจับฉลากสถานศึกษาตามจำนวน กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากตารางสำเร็จรูปจำแนกสถานศึกษาออกเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามสัดส่วน

ผลการวิจัย

1. สภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียนกรณีศึกษา 4 โรง พบว่า การจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย ประชาชน และผู้ปกครองยังไม่เข้าใจในการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการบูรณาการด้วยวิชาและเทคโนโลยีภายใต้ฐานคุณธรรมจริยธรรมและความเป็นไทย แนวคิดหลักการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย ควรให้ผู้เรียนรู้จักวิธีค้นหาความรู้ด้วยตนเอง เห็นคุณค่าในตนเอง การจะได้ความรู้ต้องผ่านการปฏิบัติ การจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยในปัจจุบันแตกต่างจากโรงเรียนอื่นๆ คือ เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านโครงการหรือการปฏิบัติโดยมีครูเป็นผู้นำเท่านั้น ในด้านองค์ประกอบของการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย พบว่าด้านปรัชญาและหลักการคือ พัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนกล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงออกเรียนรู้ด้วยตนเอง ด้านการจัดหลักสูตรจัดให้มีความยืดหยุ่น เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมโดยปฏิบัติจริง จัดหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ ด้านแนวทางการจัดการเรียนรู้มีการออกแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับธรรมชาติ การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจากการทำโครงการ ด้านแนวทางการบริหารจัดการ บุคลากรต้องได้รับการอบรมให้มีความรู้ ความเข้าใจก่อนดำเนินการ ด้านแนวทางการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา มีหลักสูตรสำหรับผู้ปกครอง ให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการวางแผนการคิด การทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกับทางโรงเรียน

2. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า โดยภาพรวมเป็นโรงเรียนคุณภาพที่แปลกใหม่ คนทั่วไปยอมรับ มีครูดีมีคุณภาพ ไม่ติดกรอบ ทุนในการพัฒนาได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิหรือเอกชน การทัศนศึกษาสำคัญมาก เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดนอกกรอบมีการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพที่เหมาะสมด้านปรัชญาและหลักการเน้นให้เด็กได้เรียนรู้ตลอดชีวิต ด้านหลักการจัดองค์กรจัดโครงสร้างองค์กรเองเป็นอิสระ ด้านหลักการจัดหลักสูตรมีหลักสูตรเชิงสร้างสรรค์ให้นักเรียนคิดทุกวิชา เน้นการทำกิจกรรมเป็นหลักสูตรที่เทียบเคียงนานาชาติได้ ด้านแนวทางการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการเรียนรู้อย่างคิด ร่วมคิด ร่วมทำ ครูเป็นผู้สนับสนุนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างสิ่งใหม่ แนว

ทางการบริหารจัดการผู้บริหารใจกว้าง โปร่งใส เป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงเป็นนักจัดการที่ดี ด้านแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา ผู้บริหาร ครู ผู้ปกครอง วางแผนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีระบบดูแลนักเรียนที่จบไปแล้ว

3. ผลการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยของผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และครู พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 398 โรงเรียน (1,147 ชุด) จาก 440 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 90.45 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด พบว่า รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้วพบว่า ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการ และแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษามีรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโดยรวมทุกขนาดโรงเรียน เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้วพบว่าทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการ และแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา มีรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความเห็น อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.16-4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.50-0.65) เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโดยรวมทุกขนาดโรงเรียน เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.18-4.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.30-0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้วพบว่า ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ปรัชญาและหลักการ โครงสร้างองค์กร หลักสูตร การจัดการเรียนรู้ การบริหารจัดการ และการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา มีรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความเห็น อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.13-4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.39-0.65)

4. ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับสาระของการพัฒนารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย ในด้านที่มาของรูปแบบ องค์ประกอบของรูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และ 3.83 ตามลำดับ) ส่วนเงื่อนไขและการนำรูปแบบไปใช้มีความเหมาะสม อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50)

สำหรับความเป็นไปได้ของรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ที่มาของรูปแบบและองค์ประกอบของรูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 และ 3.80 ตามลำดับ) ส่วนเงื่อนไขและการนำรูปแบบไปใช้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20)

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบประเด็นหลักที่ควรนำมาอภิปราย 3 ประเด็น คือ 1) สภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย 2) รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย 3) ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของรูปแบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการศึกษาสภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยพบว่า โดยภาพรวมประชาชนและผู้ปกครองยังไม่เข้าใจในการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการบูรณาการด้วยวิชาและเทคโนโลยีภายใต้ฐานคุณธรรมจริยธรรมและความเป็นไทย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความล้มเหลวของระบบการศึกษาไทยที่ผ่านมา มีสาเหตุจากระบบบริหารการศึกษาและการจัดการศึกษาที่ออกกระบบไว้ไม่เหมาะสมกับยุคสมัย ไม่ทันต่อเหตุการณ์ และไม่สนองความต้องการของสังคมในยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ชุมชน

และผู้ปกครองไม่มีบทบาทในการจัดการศึกษา แม้จะมีแนวความคิดให้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการจัดการศึกษามานานแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากการบริหารการศึกษาของไทยสั่งตรงลงไปจากส่วนกลาง งบประมาณทั้งหมดไปจากส่วนกลาง โรงเรียนจึงไม่ค่อยเปิดโอกาสให้ชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาอย่างจริงจัง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการจัดหลักสูตร การพัฒนาการเรียนการสอน จากทฤษฎีของตะวันตกที่กำหนดให้โรงเรียนมีภารกิจด้านความสัมพันธ์กับชุมชน จึงเป็นไปได้ยากสำหรับประเทศไทย บทบาทของชุมชนในการบริหารโรงเรียนมีน้อยมาก แม้แต่พ่อแม่ ผู้ปกครอง ในฐานะผู้ที่ได้รับบริการการศึกษาโดยตรง ก็ไม่มีสิทธิ ไม่มีเสียงในการจัดการศึกษาของลูกหลาน จะมีก็เฉพาะการบริจาคเงินช่วยเหลือโรงเรียนหรือบริจาคแรงงานเท่านั้น [6] ซึ่งสอดคล้องกับไพฑูริย์ สินลารัตน์ [7] ที่กล่าวว่า สภาพสังคมปัจจุบันได้สะท้อนภาพความอ่อนด้อยของสังคมและการศึกษา การเดินทางอย่างต่างประเทศอยู่เสมอ เช่นนี้ทำให้การจัดการศึกษาของไทยไม่สอดคล้องกับพื้นเพธรรมชาติและวัฒนธรรมไทยเท่าที่ควร ดังนั้นโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพจะต้องสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับครู บุคลากรและผู้ปกครองได้เข้าใจแนวคิดในการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ

2. ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นและข้อเสนอที่มีต่อรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยพบว่า โรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยเป็นโรงเรียนคุณภาพที่เชื่อว่าการสร้างคนต้องมีความยืดหยุ่น มีกระบวนการเรียนการสอนให้นักเรียนคิดเป็น คิดเองทำเอง ครูมีบทบาทเป็นพี่เลี้ยง ชี้นะตามศักยภาพเด็ก มีปรัชญาและหลักการเน้นการศึกษาตลอดชีวิต แนวทางการจัดองค์กรจัดโครงสร้างเองเป็นอิสระ หลักการจัดหลักสูตรมีหลักสูตรเชิงสร้างสรรค์ให้คิดทุกวิชา เน้นทำกิจกรรมเป็นหลักสูตรที่เทียบเคียงนานาชาติได้ แนวทางการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้เป็นหน่วยบูรณาการ ผู้เรียนมีโอกาสเป็นผู้เลือกเรียนรู้ ผ่านการปฏิบัติจากการทำโครงการ แนวทางการบริหารจัดการเป็นแบบสมัยใหม่ครูและบุคลากร เข้าใจแนวคิดของโรงเรียน แนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา ผู้บริหารครู ผู้ปกครอง มีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาในฐานะผู้สนับสนุนทรัพยากรและเป็นแหล่งเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ให้ความสำคัญกับการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ โดยกำหนดว่าการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพการจัดการกระบวนการเรียนรู้เกิดได้ตลอดเวลาทุกสภาพที่จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงฝึกการปฏิบัติให้ทำได้คิดเป็นทำเป็น ให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียนด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้ว่าพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติมุ่งเน้นให้มีการปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนรู้ใหม่ของคนไทย [3] สอดคล้องกับแนวคิดของไพฑูริย์ สินลารัตน์ [7] ที่กล่าวว่าโลกปัจจุบันเป็นโลกแห่งการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกกันว่ายุคหลังความทันสมัย (Post Modernity) ทำให้เกิดโลกไร้พรมแดน สังคมต้องมีการปรับเปลี่ยนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สังคมที่ดำรงอยู่โดยขาดการศึกษาคนคิดว่า ไม่มีการสร้างหรือจัดการให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ สังคมมีแต่การเลียนแบบ ไม่มีเอกลักษณ์ของตนเองจึงอยู่รอดได้ยาก ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนแปลงสังคมใหม่ให้เป็นสังคมฐานความรู้ มีผู้คน รู้จักคิด สามารถสร้างหรือผลิตงานใหม่เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาเป็นไปในทิศทางที่มีคุณค่าต่อผู้เรียน จึงควรเปลี่ยนกระแสนการศึกษาใหม่ที่ก่อให้เกิดผลผลิตในทางสร้างสรรค์ (Creative) เป็นผลผลิตใหม่ๆ ที่เกิดจากความคิดสติปัญญา วิธีการของการศึกษานั้นๆ

3. ผลการสอบถามความคิดเห็นของผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และครู เกี่ยวกับการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยพบว่า รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้วพบว่า 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการและแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา มีรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบโดยทั่วไปจะต้องมี

องค์ประกอบที่สำคัญสามารถนำไปสร้างเครื่องมือ เพื่อไปพิสูจน์ทดสอบได้โครงสร้างของรูปแบบจะต้องประกอบด้วย ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relationship) ซึ่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์เรื่องนั้นได้ รูปแบบจะต้องสามารถช่วยสร้างจินตนาการ (Imagination) ความคิดรวบยอด (Concept) และความสัมพันธ์ (Interrelations) รวมทั้งช่วยขยายขอบเขตของการสืบเสาะความรู้ [8] สอดคล้องกับแนวคิดของ Moskpwith and Writtht ที่กล่าวว่าจุดมุ่งหมายของรูปแบบคือการแบ่งวิธีการเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบหรือเพื่อปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน หรือถ้าเป็นระบบในอนาคตจะชี้ให้เห็นถึงภารกิจย่อย แต่ละองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน

เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่ารูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยโดยรวมทุกขนาดโรงเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้ว พบว่าทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการ และแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา มีรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพทุกขนาดโรงเรียน มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายหรือแสดงให้เห็นองค์ประกอบสำคัญของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อเป็นแนวทางดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง สอดคล้องกับดิเรก วรณเศียร [9] พูนสุข หิงคานนท์ [10] ที่กล่าวว่ารูปแบบเป็นสิ่งที่แสดงโครงสร้างทางความคิด องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของเรื่องที่จะศึกษา

รูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย รายองค์ประกอบ

องค์ประกอบด้านปรัชญาและหลักการพบว่า หลักการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ เก่ง ดี มีความสุข มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพต้องมีความเชื่อและปรัชญาเป็นรากฐานความคิด การจัดการศึกษาต้องถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 ที่ให้ความสำคัญในการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ มุ่งเน้นให้ปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนรู้ใหม่ของคนไทย ปรับการเรียนของผู้เรียนที่เน้นการเรียนจากภาคทฤษฎีเป็นหลักและเปลี่ยนการสอนของผู้สอน จากการเป็นผู้บอกความรู้ให้เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เกิดความรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลายให้ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของไพฑูริย์ สินลารัตน์ [7] ที่กล่าวว่า ลักษณะคนรุ่นใหม่ของสังคมไทยจะต้องมีคุณลักษณะคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีผลผลิตและมีความรับผิดชอบ เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่าหลักการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ เก่ง ดี มีความสุข โรงเรียนขนาดเล็กมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโรงเรียนขนาดเล็กสามารถดูแลนักเรียนได้อย่างทั่วถึง สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยเน้นความรู้ จินตนาการ การเชื่อมโยง คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ

องค์ประกอบด้านโครงสร้างองค์กรพบว่าทุกข้อมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า เป็นองค์กรที่ผู้บริหารใกล้ชิดกับปฏิบัติงานโรงเรียนขนาดใหญ่ มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโรงเรียนขนาดใหญ่มีการแบ่งงานโดยยึดลักษณะงานเป็นเกณฑ์ตามโครงสร้างหน้าที่ นอกจากนี้มีการแบ่งงานโดยยึดความรู้ความสามารถของบุคลากร ตลอดจนมีการแบ่งตามกิจกรรมที่มีความจำเป็นของสถานศึกษา ในส่วนการสร้างควมเอาใจใส่และความไว้วางใจภายในสถานศึกษานั้น ทำให้ครูในโรงเรียนรับรู้ถึงความสำเร็จและเกิดความภาคภูมิใจในการทำงาน มีส่วนร่วมและรู้สึกเป็นเจ้าขององค์กร ผู้บริหารและครูต่างยอมรับและเคารพในความคิดเห็นซึ่งกันและกัน บริหารงานอย่างโปร่งใส พฤติกรรมและภาวะผู้นำของผู้บริหารเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างควมเอาใจใส่ใกล้ชิดกับปฏิบัติงาน สอดคล้องกับ Sinden, Hoy and Sweetland [11] กล่าวว่าเมื่อผู้บริหารสนับสนุนครูและเคารพความเป็นวิชาชีพและความเชี่ยวชาญของครู ครูมักจะไว้วางใจ

และเคารพต่อผู้บริหาร ครูปรารถนาให้ผู้บริหารดูแลในฐานะเป็นนักวิชาชีพต้องการอิสระในการทำงาน และขอให้ผู้บริหารมีปฏิสัมพันธ์อย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งจะนำไปสู่ความเอาใจใส่และความไว้วางใจผู้บริหารด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gage [12] ความเอาใจใส่ต่อองค์การสัมพันธ์กับความไว้วางใจในองค์การและโครงสร้างองค์การโรงเรียนที่เอื้อให้บรรลุเป้าหมาย ความไว้วางใจต่อผู้บริหารและเพื่อนร่วมงานจะเกิดขึ้นโครงสร้างองค์การที่เอื้อให้บรรลุเป้าหมาย

องค์ประกอบด้านหลักการจัดหลักสูตรพบว่าทุกข้อมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า จัดหลักสูตรให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางอิงหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 โรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด และมีความยืดหยุ่น เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบแผนกิจกรรมและการเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียน มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโรงเรียนขนาดใหญ่มีความพร้อมสามารถดำเนินการได้ดีกว่าโรงเรียนขนาดเล็ก ในการพัฒนาหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน หลักสูตรทั้งด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับใช้ป็นเครื่องมือในการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ส.ว.ส.นา ประมวลพฤษ์ ได้ศึกษาสภาพการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า โรงเรียนในกลุ่มตัวอย่าง มีความสามารถในการพัฒนาหลักสูตรแตกต่างกันตามความพร้อมของโรงเรียน โดยโรงเรียนขนาดใหญ่ สามารถดำเนินการได้ดีกว่าโรงเรียนขนาดเล็ก โดยเฉพาะโรงเรียนขยายโอกาสมักประสบปัญหามากในช่วงชั้นที่ 3 ปัญหาการดำเนินงานส่วนใหญ่ เป็นเรื่องบุคลากร และงบประมาณการจัดทำเอกสารหลักสูตรไม่เพียงพอ การเปลี่ยนแปลงผู้บริหารบ่อยมากทำให้การบริหารงานขาดความต่อเนื่อง

องค์ประกอบด้านแนวทางการจัดการเรียนรูพบว่า ทุกข้อมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า ทุกข้อมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า การจัดการเรียนรู้อิืดหยุ่นปรับเปลี่ยนง่าย บรรยากาศในห้องเรียนไม่ตึงเครียดเป็นกันเอง มีความเท่าเทียมกัน การจัดการเรียนรู้อประกอบด้วยผู้เรียน ผู้บริหาร ครู และบุคลากรอื่นๆ มีการสอดแทรกกิจกรรมหลักสูตรซ่อมเสริมวิชาเลือกนอกหลักสูตร กิจกรรมพิเศษ ครู กระตุ้นให้เด็กคิดนอกกรอบ ใจกว้าง เด็กแสดงความคิดเห็น ครูเป็นผู้ชี้แนะ และครูมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดการเรียนรู้อย่างหลากหลาย โรงเรียนขนาดใหญ่มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะโรงเรียนขนาดใหญ่มีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้อให้กับผู้เรียน ทั้งสถานที่ บุคลากร และงบประมาณ สอดคล้องกับงานวิจัยของนางลักษณ์ วิรัชชัย และสุวิมล ว่องวานิช ได้ประเมินผลการปฏิรูปการเรียนรู้อตามพระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 จากพหุกรณีศึกษาพบว่า โรงเรียนเกือบทั้งหมดจัดกระบวนการเรียนรู้อ โดยใช้วิธีการให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

องค์ประกอบด้านแนวทางการบริหารจัดการพบว่า มีเพียงการบริหารเอกชนมาสนับสนุนเก็บเงินค่าเล่าเรียนแพงกว่าปกติ ที่มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนข้ออื่นๆ มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า การบริหารจัดการมีความยืดหยุ่น เปิดโอกาสให้ครู ผู้บริหาร ผู้ปกครอง ชุมชนมีส่วนร่วม การบริหารจัดการเป็นแบบสมัยใหม่ เป็นนักจัดการที่ดี เป็นผู้ในการเปลี่ยนแปลง ผู้บริหารต้องใจกว้าง มีความโปร่งใสเป็นพื้นฐาน ผู้บริหารเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนเชิงสร้างสรรค์ และประสานงานกับชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และความร่วมมือจัดการเรียนการสอน โรงเรียนขนาดใหญ่มีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด การบริหารเอกชนมาสนับสนุนเก็บเงินค่าเล่าเรียน แพงกว่าปกติโรงเรียนขนาดเล็กและขนาดกลางมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะแนวทางการบริหารจัดการในสถานศึกษาที่สามารถสนองเจตนารมณ์พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 กล่าวว่สถานศึกษาควรมีบทบาทหลักเป็นหน่วยบริการทางการศึกษาที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็น

ของท้องถิ่นและควรเป็นหน่วยงานนำสังคมของชุมชน อีกทั้งสถานศึกษามีคุณภาพมีศักยภาพเพียงพอที่จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์ในการจัดการศึกษาได้ด้วยตนเอง ตลอดจนมีอิสระในการบริหารจัดการสถานศึกษา ภายใต้กรอบนโยบายที่กำหนดด้วยตนเองและพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2546 ได้กระจายอำนาจให้สถานศึกษามีความเป็นอิสระในการจัดการด้านวิชาการ การเงิน และบุคลากร โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนเข้ามาส่งเสริมและสนับสนุนให้โรงเรียนสามารถจัดการศึกษาโดยมีการจัดสภาพแวดล้อมให้เกิดความเพียงพอทั้งด้านอาคารสถานที่ งบประมาณ บุคคลและการบริหารทั่วไป ให้เอื้ออำนวยต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล

องค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วมจัดการศึกษาพบว่า ทุกข้อมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาแยกตามขนาดโรงเรียนแล้วพบว่า ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมวางแผน ร่วมประเมินติดตามและร่วมรับผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน และชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาในฐานะผู้สนับสนุนทรัพยากรการเรียนรู้ และเป็นแหล่งเรียนรู้ โรงเรียนขนาดใหญ่มีระดับความคิดเห็น ในระดับมากที่สุด ส่วนข้ออื่นๆ ในทุกขนาดโรงเรียนมีระดับความคิดเห็น อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะการมีส่วนร่วมมีหลายลักษณะหลายรูปแบบ วิธีการโรงเรียนขนาดใหญ่มีบุคลากรจำนวนมาก จึงเปิดโอกาสให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลเข้ามามีส่วนร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมตัดสินใจ ร่วมติดตามผลการเปิดให้เข้าร่วมกิจกรรม จะได้รับประโยชน์ในด้านการนำเอาความรู้ ความสามารถและทักษะของคนในองค์กรมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม ซึ่งสอดคล้องกับชูชาติ พวงสมจิตต์ [13] ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมเป็นการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในกิจกรรมต่างๆ

การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบของผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนจำแนกตามขนาดโรงเรียน

ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดแตกต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโดยรวมไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบแล้วพบว่า ทุกๆ องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ปรัชญาและหลักการ องค์ประกอบที่ 2 หลักการจัดองค์กร องค์ประกอบที่ 3 หลักการจัดหลักสูตร องค์ประกอบที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่ 5 แนวทางการบริหารจัดการ องค์ประกอบที่ 6 แนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอน ที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพรายองค์ประกอบไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนอยู่ในสถานศึกษา ต้องนำรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย ไปใช้ในการปฏิบัติตามองค์ประกอบของรูปแบบซึ่งมีความสัมพันธ์กันสอดคล้องกับบุญชม ศรีสะอาด ที่กล่าวว่า รูปแบบเป็นโครงสร้างที่แสดงถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการวิจัยโดยใช้รูปแบบมีขั้นตอนในการสร้างหรือพัฒนารูปแบบขึ้น

ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของผู้ทรงคุณวุฒิ

จากผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ผู้วิจัยพบประเด็นที่เห็นว่าควรนำมาอภิปรายผลดังนี้

1. รูปแบบโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยที่นำเสนอได้ผ่านกระบวนการพัฒนา

เป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้วิธีการวิจัยเป็นฐานในการพัฒนาจึงมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งในการพัฒนารูปแบบครั้งนี้ เริ่มจากการศึกษาสภาพการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทย 4 โรงเรียนกรณีศึกษา มีการสัมภาษณ์ผู้บริหารและผู้ทรงคุณวุฒิ สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 440 โรงเรียนทั่วประเทศ ซึ่งเป็นการวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่มักจะศึกษากับประชากรขนาดใหญ่ แต่สามารถทำการศึกษาโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมได้ ซึ่งเป็นข้อดีคือ 1) ประหยัดค่าใช้จ่าย 2) ประหยัดเวลา 3) ใช้วิธีเก็บ

ข้อมูลได้หลายวิธี 4) ได้ข้อมูลที่นำเชื่อถือเป็นตัวแทนของประชากรได้ [14] และมีการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสัมภาษณ์และการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับสุมงศ์ จันทวานิช [15] ซึ่งสรุปได้ว่าการวิจัยคุณภาพ เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ทางสังคมอย่างลึกซึ้ง ไม่เน้นตัวเลขทั้งจากการวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์

รูปแบบที่นำเสนอ มีการพัฒนาขึ้นจากกรอบแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนารูปแบบ มีการตรวจสอบ ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการบริหาร และนักวิชาการ ต่างมีความเห็นสอดคล้องกันว่า รูปแบบที่นำเสนอมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ทุกองค์ประกอบ

2. เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของรูปแบบที่นำเสนอมีประเด็นที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยทุกองค์ประกอบมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และ 3.88 ตามลำดับ) ส่วนเงื่อนไขและการนำรูปแบบไปใช้มีความเหมาะสม อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบของรูปแบบที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ เพราะได้รับการยอมรับในเชิงวิชาการ ดังนี้ Eisner [16] ได้เสนอแนวความคิดการตรวจสอบโดยการใช้ผู้ทรงคุณวุฒิในเรื่องที่ต้องการความละเอียดอ่อนมากกว่า การวิจัยเชิงปริมาณ โดยเชื่อว่าการรับรู้ที่เท่ากันนั้นเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของผู้รู้ และเชื่อว่าผู้ทรงคุณวุฒิที่เที่ยงธรรมและมีดุลยพินิจที่ดี ทั้งมาตรฐานและเกณฑ์พิจารณานั้นจะเกิดขึ้นจากประสบการณ์และความชำนาญของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. เงื่อนไขและแนวทางการนำรูปแบบไปใช้ ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขของรูปแบบไว้

1) ผู้ปกครองต้องมีความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ของโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพที่เน้นการจัดการเรียนการสอนผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง บูรณาการด้วยวิชาและเทคโนโลยีภายใต้ฐานความเป็นไทย มีหลักสูตรผู้ปกครองเฉพาะมีค่าใช้จ่ายต่างจากโรงเรียนทั่วไป

2) สังคม โรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพต้องประชาสัมพันธ์สื่อสารให้สาธารณชนเข้าใจในเรื่องการจัดการของโรงเรียน ในด้านปรัชญาและหลักการ หลักการจัดองค์กร หลักการจัดหลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการบริหารจัดการและแนวทางการมีส่วนร่วมจัดการศึกษา

3) ตัวผู้สอน ต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ ผ่านการฝึกอบรมและพัฒนาการสอนตามแนวคิดของโรงเรียน

4) ระบบการศึกษาจะต้องจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน เป็นการจัดที่ยืดหยุ่น เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าถึงการเรียนรู้มากที่สุด

5) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้เป็นรูปแบบสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานโดยเฉพาะหากจะนำไปใช้กับสถานศึกษาในระดับอื่นๆ ควรต้องปรับประยุกต์ให้มีความเหมาะสม

6) การนำรูปแบบนี้ไปใช้ผู้ใช้ต้องศึกษารายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบให้ชัดเจนเนื่องจากองค์ประกอบแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กัน เป็นการกำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับลักษณะของรูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับอุทัย บุญประเสริฐ [17] ซึ่งได้ให้คำจำกัดความของรูปแบบว่าหมายถึงสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญๆ ในเรื่องหนึ่งเรื่องใดโดยเฉพาะ

สำหรับแนวทางการนำรูปแบบไปใช้ ผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางไว้ ดังนี้

1. ผู้บริหาร ครู บุคลากร ที่เกี่ยวข้องควรศึกษาทำความเข้าใจรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยให้ชัดเจน เพื่อความเข้าใจตรงกันก่อนนำรูปแบบไปใช้

2. ควรนำรูปแบบไปใช้ในสถานศึกษาอย่างสมบูรณ์และใช้ตลอดกระบวนการ หมายถึง การนำรูปแบบและองค์ประกอบทุกส่วนทุกขั้นตอนไปใช้ไม่ควรเลือกเฉพาะองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งหรือขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากการวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำเสนอรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สำหรับการวิจัยในอนาคตควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการพัฒนาแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยในระดับอื่นๆ หรือศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมหรือปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการนำรูปแบบการจัดการโรงเรียนเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพในสังคมไทยไปใช้ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ. (2550). *โครงการวิจัยการพัฒนาแบบการจัดการเรียนการสอน CRP*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] อรรถพล จินะวัฒน์. (2551). *ประมวลสาระชุดวิชาการจัดการสถานศึกษา หน่วยที่ 1-7*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- [3] ถวัลย์ มาศจรัส. (2553). *การจัดการศึกษาและแห่งการเรียนรู้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชารอักษร.
- [4] ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2549). *การศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] Yamane, T. (1967). *Elementary sampling theory*. Englewood, N.J.: Prentice – Hall.
- [6] รุ่ง แก้วแดง. (2541). *ปฎิวัติการศึกษาไทย*. กรุงเทพฯ: มติชน.
- [7] ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2553). *ผู้นำเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ: กระบวนทัศน์ใหม่และผู้นำใหม่ทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] Keeves, Peter J. (1985). Model and Model Building. In *Educational Research. Methodology and Measurement: An international Handbook*. Oxford: Pergamon.
- [9] ดิเรก วรรณเศียร. (2545). *การพัฒนาแบบจำลองแบบสมบูรณ์ในการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน สำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน*. วิทยานิพนธ์ (บริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] พูลสุข หิงตานนท์. (2540). *การพัฒนาแบบการจัดการองค์การของวิทยาลัยพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข*. วิทยานิพนธ์ (บริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [11] Sinder, Jame E.; Hoy, W.K.; & Sweetland, S.R. (2004). Enabling School Structure: Principle Leadership and Organizational Commitment of teacher. *Journal of School Leadership*.
- [12] Gage, Charls Quineey. (2006, June). The meaning and measure of school mindfulness: An exploratory analysis. *ProQuest Digital Dissertations*.
- [13] ชูชาติ พ่วงสมจิตต์. (2540). *การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งเสริมและปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนกับโรงเรียนประถมศึกษาในเขตปริมณฑลกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ (บริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [14] พิษณุ ฟองสี. (2550). *วิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เทียมฟ้าการพิมพ์.
- [15] สุภางค์ จันทวานิช. (2537). *การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [16] Eisner, E. (1976). Education connoisseurship and criticism: Their form and Junctions in educational evaluation. *Journal of Aesthetic Education*.
- [17] อุทัย บุญประเสริฐ. (2526, กรกฎาคม-สิงหาคม). ระบบข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการวางแผนและการตัดสินใจทางการศึกษาในระดับจังหวัด. *จันทร์เกษม*. 17(3).

SWU6-1133: การศึกษาเปรียบเทียบการวางแผนการศึกษา ระหว่างสถานศึกษาในกำกับของรัฐ และสถานศึกษาเอกชน

THE COMPARATIVE STUDY BETWEEN EDUCATIONAL PLANNING OF PUBLIC AND PRIVATE EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

พวงรัตน์ เกษรแพทย์

Puongrat Kesonpat

ภาควิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Educational Administration, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: pkeson@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา และเปรียบเทียบความแตกต่างของการวางแผนการศึกษา ระหว่างสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้บริหารและครูอาจารย์ จากสถานศึกษาในกำกับของรัฐ และจากสถานศึกษาเอกชน จำนวน 200 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.9789 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ย t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1) ระดับการดำเนินงานการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน ทั้งสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชนพบว่า อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายชั้นตอนพบว่า อยู่ระดับมากทุกชั้นตอน

2) ระดับการดำเนินงานด้านการวางแผน และด้านการนำแผนไปปฏิบัติของสถานศึกษาเอกชนแตกต่างสูงกว่า สถานศึกษาในกำกับของรัฐ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระดับการดำเนินงานด้านการประเมินผลของแผน ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การวางแผนการศึกษา การวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ การประเมินผลของแผน

Abstract

This research aimed to study and compare differences between educational planning of public and private educational establishments. The sample of this study was 200 school administrators and teachers from public and private educational establishments. The research instrument was a questionnaire which has a reliability of 0.9789. Data were analyzed by using Frequency, Percentage, Mean, Standard deviation, and independent t-test analysis.

The results were as follows:

1) In all terms of planning, plan implementation, and plan evaluation of both public and private educational establishments, the means were at the high level. Considering all procedures of planning, I plan implementation and plan evaluation, the means were also at the high level in every stage.

2) In terms of planning and plan implementation, there were significant differences of means between public and private educational establishments at the 0.05 level. Concerning plan evaluation, there was no difference of means between public and private educational establishments. In each stage, private educational establishments had the means

Keywords: Education Planning, Planning, Plan Implementation, Plan Evaluation

บทนำ

สังคมโลกในยุคปัจจุบัน เป็นสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วยังผลให้ประเทศ ต่าง ๆ ต้องหันมาสำรวจตัวเองอย่างจริงจัง เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถให้พร้อมที่จะเข้าสู่การแข่งขันเสรีในตลาดโลกด้วยความมั่นใจ ทำให้การศึกษาซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาความพร้อมของประชาชน ส่งผลให้เกิดกระแสการปฏิรูปการศึกษาขึ้นทั่วทุกภูมิภาคของโลก คุณภาพของผู้เรียนเป็นประเด็นสำคัญที่มีการกล่าวถึงกันอย่างกว้างขวาง และต่างก็เห็นพ้องกับการปฏิรูปการศึกษาที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และเกิดการพัฒนาทุกด้านอย่างเป็นองค์รวม โรงเรียนจึงเป็นแหล่งความรู้ที่มีภาระรับผิดชอบผลักดันการพัฒนาการศึกษาให้มีคุณภาพ บนพื้นฐานของความหลากหลายและความแตกต่างของปัจเจกบุคคล ตลอดจนสร้างกลไกขับเคลื่อนการพัฒนาไปข้างหน้าอย่างต่อเนื่องในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนในประเทศชาติให้เป็นคนดี มีความรู้ความสามารถ มีคุณธรรม จริยธรรม และมีความสามารถในการประกอบอาชีพและการทำงาน เป็นพลเมืองที่ดีของประเทศชาติในระบอบการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นพระประมุข การศึกษานับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่ง ในการพัฒนาประเทศจึงถือว่าการจัดการศึกษามีความสำคัญมาก เพราะประเทศใดมีประชากรมีความรู้และได้รับการศึกษาสูง ประเทศนั้นก็ประสบความสำเร็จในทุกๆ ด้าน ทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมือง ด้วยเหตุที่การศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาคนและพัฒนาประเทศ โรงเรียนจึงเป็นหน่วยงานทางการศึกษาที่สำคัญที่สุดหน่วยงานหนึ่ง ซึ่งจะต้องนำนโยบายทางการศึกษาไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้เกิดความสำเร็จ อย่างไรก็ตามความล้มเหลวในการบริหารและการจัดการศึกษาของโรงเรียนขึ้นอยู่กับการบริหารงานของผู้บริหารเป็นสำคัญ ดังนั้นผู้บริหารโรงเรียนจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างสรรค์ความสำเร็จให้กับโรงเรียนโดยการวางแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้มีมาตรฐานสูงขึ้นเพื่อผลิตนักเรียนให้เป็นคนดี มีความรู้ และคุณธรรม จริยธรรม ไพโรจน์ กุลอึ้งประเสริฐ [1]

นักวิชาการและนักบริหารทุกยุคทุกสมัยที่ผ่านมา ต่างก็ให้ความสำคัญต่อการวางแผนด้วยกันทั้งสิ้นโดยเห็นพ้องตรงกันว่า การวางแผนมีความสำคัญต่อการบริหารงานทุกประเภท เนื่องจาก การวางแผน จะช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปตามขั้นตอนอย่างมีระบบ และช่วยให้เกิดการประสานงานกับบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจะช่วยป้องกันปัญหาความซ้ำซ้อนและความขัดแย้งในการปฏิบัติงาน ดังนั้นการวางแผนจึงเป็นกระบวนการที่จำเป็นอย่างหนึ่งของการบริหารงาน แต่การที่จะให้การดำเนินงานวางแผนส่งผลดีต่อการบริหารงานขององค์กรดังกล่าวข้างต้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยกระบวนการวางแผน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญได้แก่ 1) ขั้นตอนวางแผน เป็นการกำหนดอนาคตที่ต้องการหรือสิ่งที่จะให้เป็นในระยะเวลาที่กำหนด วิธีการดำเนินงานให้บรรลุผลตามที่ต้องการ ตลอดจนวิธีการตรวจสอบว่าการดำเนินงานได้ผลตามที่กำหนดวัตถุประสงค์ไว้หรือไม่ 2) ขั้นตอนปฏิบัติตามแผน เป็นขั้นการนำแผนไปปฏิบัติ 3) ขั้นประเมินผล เป็นการตรวจสอบผลกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง พวงรัตน์ เกษรแพทย์ [2] อันเป็นการตรวจสอบการปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในการปรับปรุงการปฏิบัติงานและใช้ในการวางแผนในระยะต่อไป ดังนั้นกระบวนการวางแผนการศึกษาจึงเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริหารงานในองค์กรทางการศึกษา

จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น สถานศึกษาในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจึงควรต้องเร่งการจัดทำแผนการศึกษาของสถานศึกษาให้ประสบผลสำเร็จและใช้แผนให้เกิดประโยชน์ตามที่คาดหวัง และไม่ควรละเลย

รวมทั้งบุคลากรควรตระหนักถึงความสำคัญของการวางแผน และให้ความสำคัญของการใช้แผนเป็นเครื่องมือในการจัดการศึกษาของสถานศึกษา ซึ่งความจริงซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปก็คือ การดำเนินการใดๆ ที่มีประสิทธิภาพย่อมมีปัจจัยสำคัญมาจากการมีแผนการดำเนินงานที่มีคุณภาพเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษานโยบายการวางแผนพัฒนาการศึกษาในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งผลของการวิจัยจะชี้ให้เห็นการดำเนินงานวางแผนการศึกษาของสถานศึกษา อันจะเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อใช้ในการตัดสินใจและใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาการวางแผนการศึกษาของสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามเจตนารมณ์ของการจัดการศึกษา อันจะส่งผลดีต่อการบริหารและการจัดการศึกษาของชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการวางแผนการศึกษา การวางแผนการศึกษาในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน
2. เพื่อเปรียบเทียบการวางแผนการศึกษาในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน จำแนกตามสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้บริหารและครูอาจารย์ ใน 2 สังกัด ได้แก่ สถานศึกษาในกำกับของรัฐ และสถานศึกษาเอกชน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากผู้บริหารและครูอาจารย์ โดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) มีระดับสังกัดเป็นหน่วยในการสุ่ม จำนวน 2 สังกัด ได้แก่ สถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โดยในแต่ละสังกัดใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในระดับสถานศึกษาหรือหน่วยงานของสถานศึกษาในกำกับของรัฐ จำนวน 100 คน และสถานศึกษาเอกชนจำนวน 100 คน ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 200 คน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างจากสถานศึกษาที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

สังกัด	กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน
สถานศึกษาในกำกับของรัฐ	โรงเรียนเจ้าพระยาวิทยายาคม	10
	โรงเรียนดาราคาม	10
	โรงเรียนทุ่งมหาเมฆ	10
	โรงเรียนประถมนนทบุรี	10
	โรงเรียนพญาไท	10
	โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม	10
	โรงเรียนวัดเวตวันธรรมมาวาส	10
	โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย	10
	โรงเรียนสาธิต มศว.ปทุมวัน	10
	โรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์	10
สถานศึกษาเอกชน	โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย	22
	โรงเรียนมารีย์รังษย์	27
	โรงเรียนมารีย์รักษ์	23
	โรงเรียนอัสสัมชัญระยอง	28
	รวม	200

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นแบบสอบถามระบบการวางแผนการศึกษาขององค์กรทางการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ซึ่งประกอบด้วย การสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว เป็นการสอบถามที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน ได้แก่ เพศ วุฒิการศึกษา อายุ ตำแหน่ง ประสบการณ์การทำงาน และแบบสอบถามเกี่ยวกับการวางแผนการศึกษา มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) แบ่งเป็น 3 ด้าน ด้านการวางแผน มีจำนวน 21 ข้อ ด้านการนำแผนไปปฏิบัติ มีจำนวน 19 ข้อ และด้านการประเมินผลของแผน มีจำนวน 20 ข้อ รวมทั้งฉบับมี 60 ข้อ หากคุณภาพเครื่องมือโดยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ราย เพื่อพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามรายข้อกับนิยามเชิงปฏิบัติการ รวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงข้อคำถาม โดยการพิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปพบว่า ข้อคำถาม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6-1.0 ได้ปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในแต่ละระดับการศึกษา ที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ระดับการศึกษาละ 20 คน รวม 100 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับ โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) มีค่าความเชื่อมั่น 0.9789 การเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ติดต่อกับโรงเรียน/ครูในโรงเรียนด้วยตนเอง เพื่อชี้แจงรายละเอียดในการเก็บข้อมูล และขอความร่วมมือจากผู้บริหารโรงเรียนและครู ผู้วิจัยเก็บข้อมูลของจำนวนแบบสอบถาม จำนวน 4 ระดับการศึกษา รวม 200 ฉบับ ได้รับกลับมาทั้งสิ้น 200 ฉบับ และคัดเลือกเฉพาะแบบวัดที่สมบูรณ์และตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้ว ได้แบบสอบถามเพื่อการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 200 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มาวิเคราะห์โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสถานศึกษาภาครัฐและภาคเอกชน โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย t-test Independent

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

ผลการวิจัยขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างระดับการศึกษาในเรื่องการวางแผน การศึกษาขององค์กรทางการศึกษา ในด้านการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน จำแนกตามสังกัด

รายการ	หน่วยงาน							
	สถานศึกษาในกำกับของรัฐ				สถานศึกษาเอกชน			
	\bar{X}	S	ระดับ	อันดับ	\bar{X}	S	ระดับ	อันดับ
การวางแผน	4.118	0.506	มาก	1	4.257	0.383	มาก	1
การนำแผนไปปฏิบัติ	4.040	0.510	มาก	2	4.245	0.364	มาก	2
การประเมินผลของแผน	3.959	0.528	มาก	3	4.063	0.391	มาก	3
รวม	4.039	0.514	มาก		4.193	0.379	มาก	

จากตารางที่ 2 พบว่า สถานศึกษาในกำกับของรัฐ มีระดับการดำเนินงานการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายชั้นพบว่า อยู่บนระดับมากทุกชั้น โดยชั้นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือชั้นการวางแผน ($\bar{X} = 4.118$, $S = 0.742$) รองลงมาคือ ชั้นการนำแผนไปปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.040$, $S = 0.726$) และชั้นการประเมินผลของแผน ($\bar{X} = 3.959$, $S = 0.725$) ตามลำดับ

สถานศึกษาเอกชนมีระดับการดำเนินงานการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลของแผน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายชั้นพบว่า อยู่บนระดับมากทุกชั้น โดยชั้นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ชั้นการวางแผน ($\bar{X} = 4.257$, $S = 0.606$) รองลงมาคือ ชั้นการนำแผนไปปฏิบัติ ($\bar{X} = 4.245$, $S = 0.580$) และชั้นการประเมินผลของแผน ($\bar{X} = 4.063$, $S = 0.548$) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใน ด้านการวางแผน จำแนกตามระดับสังกัดระหว่างสถานศึกษาในกำกับของรัฐ และสถานศึกษาเอกชน

ขั้นตอนการวางแผนการศึกษา	กลุ่ม	N	\bar{X}	S	t	P
การวางแผน	สถานศึกษาในกำกับของรัฐ	100	4.118	0.506	-2.191	0.030
	สถานศึกษาเอกชน	100	4.257	0.383		
การนำแผนไปปฏิบัติ	สถานศึกษาในกำกับของรัฐ	100	4.040	0.510	-3.283	0.001
	สถานศึกษาเอกชน	100	4.246	0.364		
การประเมินผลของแผน	สถานศึกษาในกำกับของรัฐ	100	3.959	0.528	-1.590	0.114
	สถานศึกษาเอกชน	100	4.063	0.391		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า สถานศึกษาเอกชน มีการวางแผนและการนำไปปฏิบัติอยู่ในระดับมากกว่า สถานศึกษาในกำกับของรัฐ ที่เป็นดังนี้อาจเป็นเพราะสถานศึกษาเอกชนมีการเตรียมพร้อมต่อการแข่งขันที่สูง มีบุคลากรที่ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือวุฒิที่สูงกว่าปริญญาตรี การมีประสบการณ์การทำงานไม่ต่ำกว่า 10 ปี สถานศึกษาเอกชนมีการประเมินผลการดำเนินงานไปปฏิบัติ มีการกำหนด ผู้รับผิดชอบในการจัดทำแผนของหน่วยงาน การกำหนดเป้าหมายของการจัดทำแผนของหน่วยงานที่ชัดเจน มีการกำหนดแนวทางในการดำเนินงานของแต่ละงาน/โครงการ และหรือกิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนของหน่วยงานที่สอดคล้องกัน มีความพร้อมเรื่องทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินงานของแต่ละงาน/โครงการ และหรือกิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนของหน่วยงาน ผู้รับผิดชอบดำเนินการจัดทำแผนตามแผนที่ได้กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินงานมุ่งเน้นประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสำคัญ ตลอดจนมีการกำหนดแนวทางในการติดตามประเมินผลแผนของหน่วยงาน และหน่วยงานได้จัดสิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนทรัพยากรในการดำเนินงานอย่างเพียงพอ เมื่อพิจารณาเป็นรายขั้นตอนในการวางแผนพบว่า ระดับการดำเนินงานการวางแผน การนำไปปฏิบัติ และการประเมินผลในภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกขั้นตอน ซึ่งเมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่า สิ่งที่ส่งผลให้ภาพรวมอยู่ในระดับมากนั้น เกิดจากการที่ได้กำหนดผู้รับผิดชอบดำเนินการจัดทำแผน กำหนดเป้าหมายของการจัดทำแผน และดำเนินการเพื่อมุ่งเน้นประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสำคัญให้สอดคล้องกับการรับบริการประกันคุณภาพภายนอก ซึ่งทั้ง 3 หัวข้อนี้เป็นสิ่งที่ กระตุ้นให้การดำเนินงานอยู่ในระดับมาก นอกจากนั้น ในการจัดทำแผน จะมีผู้บริหาร หัวหน้าฝ่าย คณะกรรมการต่าง ๆ เป็นผู้ร่วมตัดสินใจเกี่ยวกับแผน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิชัย ประเสริฐสุข อ้างจาก กิตติยา พรสัจจา [3] ที่กล่าวว่าผู้บริหารและคณะกรรมการต่าง ๆ เป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายเกี่ยวกับการวางแผน อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในคณะมีส่วนน้อยมาก หรือไม่มีส่วนเลยในกิจกรรมการวางแผน

ขั้นการนำไปปฏิบัติพบว่า การที่ให้ความสำคัญกับการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการของแต่ละงาน/โครงการ และหรือกิจกรรมที่ได้กำหนดไว้ในแผน โดยกำหนดผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน/โครงการ และหรือกิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนของหน่วยงาน และการดำเนินงาน/โครงการ และหรือกิจกรรมที่มุ่งเน้นประโยชน์ต่อผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งส่งผลให้ภาพรวมด้านการนำไปปฏิบัติอยู่ในระดับมาก ในขณะที่เดียวกันระหว่างปฏิบัติ ตามแผนต้องได้รับการส่งเสริมและสนับสนุน โดยจัดสิ่งอำนวยความสะดวก ให้กับคณะผู้ดำเนินงานไปปฏิบัติซึ่งสอดคล้องกับไพโรจน์ กุลอึ้งประเสริฐ [1] ได้ศึกษาระดับการปฏิบัติงานวางแผนการศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดราชบุรี ที่พบว่า ในขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ ควรดำเนินการส่งเสริม และสนับสนุนการปฏิบัติงานของบุคลากร จัดสิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนทรัพยากร และควบคุมกำกับติดตามและให้การนิเทศ

ขั้นการประเมินผลของแผนพบว่า การที่ให้ความสำคัญกับประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการกำหนดผู้รับผิดชอบในการติดตามประเมินผลแผนของหน่วยงาน และกำหนดระยะเวลาในการติดตามประเมินผลแผนของหน่วยงาน ส่งผลให้ภาพรวมด้านการประเมินผลอยู่ในระดับมาก ในขณะที่เดียวกันได้มีการกำหนดวิธีการ และเครื่องมือ เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชานาญ บุรณโอสถ [4] ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการและปัญหาการวางแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเอกชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า การติดตามและประเมินผล มีการกำหนดวิธีการและเครื่องมือ มีการกำหนดเกณฑ์ และระยะเวลาในการติดตามประเมินผล ซึ่งนอกจากนี้ยังมีการจัดทำรายงานผลการประเมิน เพื่อการทบทวนและปรับปรุงแผนหรือจัดทำแผนใหม่

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยมาใช้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ส่งเสริมให้มีการพัฒนาบุคลากรของสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ให้มีความรู้เกี่ยวกับงานวางแผนการศึกษาเพื่อให้งานวางแผนการศึกษามีประสิทธิผลและประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ และการประเมินผลแผน ที่มีประสิทธิภาพ

2.2 ควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับงานวางแผนการศึกษาที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานในสถานศึกษาในกำกับของรัฐและสถานศึกษาเอกชน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไพโรจน์ กุลอึ้งประเสริฐ. (2546). แนวทางการวางแผนการศึกษาของโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา). นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [2] พวงรัตน์ เกษรแพทย์. (2543). การวางแผนการศึกษา. ใน เอกสารประกอบการสอนวิชาบริหาร 512. หน้า 100-103. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [3] วุฒิชัย ประเสริฐสุข. (2537). การศึกษากระบวนการวางแผนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] ชำนาญ บุรณโอสถ. (2547). การศึกษากระบวนการวางแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเอกชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (บริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SWU6-1012: รูปแบบผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์วัฒนธรรมเมืองเชียงใหม่
THE PATTERN OF URBAN PLANNING CONSISTENT WITH THE CONSERVATION OF
CHIANG SAEN HISTORIC TOWN

เกริก กิตติคุณ*, ไพโรจน์ ด้วงนคร
Kroek kittikhun*, Phirojth Dougnakorn

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
Department of Architecture, Faculty of Industrial Technology, Chiangrai Rajabhat University, Thailand.
*Corresponding author, E-mail: krurk147@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองเชียงใหม่ ตลอดจนวิเคราะห์สภาพปัญหา แนวโน้มและความต้องการของผู้อยู่อาศัยในชุมชน เพื่อเสนอรูปแบบการวางผังเมืองและแนวทางการพัฒนาและอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ที่เหมาะสม ให้สามารถดำรงรักษาไว้ซึ่งคุณค่าทางด้านประวัติศาสตร์ โบราณสถาน สถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเมืองเชียงใหม่ ปัญหาจากการพัฒนาเมืองเชียงใหม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในเมืองอย่างรวดเร็ว แม้ว่าเมืองเชียงใหม่ซึ่งเป็นเมืองโบราณที่มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน และเป็นแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมที่สำคัญ ที่ปรากฏร่องรอยของแหล่งอารยธรรม และองค์ประกอบที่สำคัญต่างๆ ของเมืองโบราณอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น กำแพงเมือง ป้อมประตูเมือง คูเมือง และโบราณสถานที่จะกระจายตัวอยู่ทั่วไปทั้งภายในและภายนอกเมือง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงสภาพความเป็นอยู่ วิถีชีวิตของชุมชน ที่อยู่เคียงคู่กับเมืองประวัติศาสตร์อย่างชัดเจน ผลกระทบจากการพัฒนาเมือง และเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้สิ่งปลูกสร้างต่างๆ รุกล้ำพื้นที่โบราณสถาน และพื้นที่สาธารณะที่สำคัญของเมือง ทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไร้ทิศทาง ขาดการคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสัณฐานของเมือง อันเป็นผลให้เมืองขาดเอกลักษณ์และลดคุณค่าของเมืองเก่าเชียงใหม่

ทั้งนี้ รูปแบบผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ เพื่อการอนุรักษ์และรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่มีเอกลักษณ์ และคุณค่าของเมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ให้คงอยู่อย่างยั่งยืนนั้น โดยการให้ประชาชนในท้องถิ่นมีส่วนร่วม มีจิตสำนึกให้เกิดความรักและความห่วงใยในมรดกทางวัฒนธรรม ควบคู่ไปกับการกำหนดมาตรการในการควบคุมการพัฒนาทางกายภาพของเมืองอย่างเหมาะสม ได้แก่ การบังคับใช้ทางผังเมือง การออกแบบภูมิทัศน์เมือง และการออกแบบสถาปัตยกรรม ที่คำนึงถึงบทบาทของเมือง เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนา และการอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ให้สามารถรักษาเอกลักษณ์และคุณค่าของความเป็นเมืองที่น่าอยู่อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผังเมือง การอนุรักษ์วัฒนธรรม เมืองเชียงใหม่

Abstract

This objectives of this research is to examine the important of Land use conditions of the city, including to analyze problems, trends and desires of the people in the community to suggest the appropriate guidelines for proposed model urban planning developing. The conservation of Chiang Saen town proper in order to preserve the value of its history, monument, and architecture in which are the old

components of the town. The impact of urban development cause changes in the environment. Chiang Saen is an ancient town with the long history. It is assumed to be one of the most important of national cultural heritage. At present, the ruins are still left and trace its civilization and important component of ancient civilization such as the town wall, the forts, the gates, the moat historical sites and such as the town wall, the forts, the gates, the moat and other historical sites inside and outside of the town. This reflects way of life and the prosperous of Chiang Saen in different periods until now. The problem of urban development in the past decade caused a great impact to the change of environment, the increased of population and the buildings intruding the public space and historical sites. Besides, various economic activities occurred in the town. These activities are supporting and also against the conservation and development of Chiang Saen historic town as well as changing of the land use and lack of awareness to conserve its environment and character. The mentioned problems resulted in destroying the ancient town's value and its identity.

The pattern of Urban Planning consistent with the conservation of Chiang Saen historic town. To conserve and preserve the cultural heritage with identity and value of Chiang Saen with sustainability. It is necessary to encourage local people to have more awareness, in conserving their heritage together with the formulation of controls and measurements for the physical development of the town in urban planning, urban landscape and architecture, to Direction of development and conservation of Chiang Saen town, to maintain identity and the value of a livable and sustainable cities.

Keywords: Urban Planning, Conservation, Chiang Saen

บทนำ

เมืองเชียงแสน เมืองประวัติศาสตร์ริมแม่น้ำโขง ปรากฏร่องรอยโบราณสถานตามแนวกำแพงเมืองเก่า คูน้ำคันดินล้อมรอบกระจายตัวอยู่ในเขตเมืองเก่า จากตำนานเกี่ยวกับเมืองเชียงแสนจะเห็นได้ว่าประวัติศาสตร์ของเมืองเชียงแสน เริ่มตั้งแต่การตั้งถิ่นฐานของคนกลุ่มชนเผ่าต่างๆ มีการขยายอำนาจปกครอง ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละยุคสมัย การเริ่มสร้างเมืองเริ่มในราวพุทธศักราช 1300 เพื่อสร้างเมืองขึ้นริมฝั่งแม่น้ำโขงตั้งเป็นแคว้นโยนก ชื่อ โยนกเชียงแสน จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์และโบราณคดีเมืองเชียงแสน จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะเวลา คือ ยุคแห่งปริมปราสาทหรือยุคตำนาน ซึ่งอยู่ในราวพุทธศตวรรษที่ 12 ถึงพุทธศตวรรษ 18 และยุคประวัติศาสตร์ที่ปรากฏร่องรอยทางด้านโบราณคดี ซึ่งเริ่มตั้งแต่ราวพุทธศตวรรษที่ 19 อันเป็นที่พญาแสน ภูได้สถาปนาเมืองเชียงแสน ตามข้อมูลทางประวัติศาสตร์ปรากฏตำนานที่สามารถอธิบายเรื่องราวของเมืองเชียงแสนคือ ตำนานสุวรรณโคมคำ, ตำนานสิงหนวัติกุมาร และตำนานเมืองหิรัญนครเงินยาง กล่าวถึงการสร้างบ้านแปงเมืองของพญามังราย จนถึงสมัยพม่าปกครองเมืองเชียงแสน ในปีพุทธศักราช 2101 และการแบ่งเขตแดนปกครองของเมืองเชียงแสนเข้าในมณฑลพายัพของไทย [1]

เมืองเก่าเชียงแสน เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมของจังหวัดเชียงราย อีกทั้งการพัฒนาพื้นที่ในเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนกับประเทศในอนุภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง ยิ่งทำให้เมืองเชียงแสนมีบทบาทที่โดดเด่นมากยิ่งขึ้น กอปรกับเมืองเชียงแสนเป็นเมืองที่มีศักยภาพสูงต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ด้วยมีวัดและองค์เจดีย์ที่เก่าแก่ของอาณาจักรที่สำคัญของล้านนา รวมทั้งความสำคัญของฝั่งเมืองเชียงแสน ที่ปรากฏผังเมืองเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า มีกำแพง 3 ด้าน ยกเว้นทางด้านทิศตะวันออกซึ่งติดกับแม่น้ำโขง มีประตูเมือง 5 ประตูที่ยังเหลือร่องรอยทางโบราณคดีที่เหลืออยู่ ในเขตเมืองตามแนวกำแพงเมืองและคูเมือง มีวัดที่สำคัญถึง 76

วัด เช่น วัดเชียงใหม่ และวัดพระหลวง (วัดเจดีย์หลวง) ซึ่งเป็นวัดเก่าแก่คู่บ้านคู่เมืองในสมัยพระเจ้าแสนภู และวัดนอกกำแพงเมือง อีก 63 วัด ได้แก่ วัดป่าสัก วัดป่าแดงและวัดกุ้เต่า เป็นต้น ซึ่งเป็นมรดกทางสถาปัตยกรรมที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์สถาปัตยกรรมของเมืองเก่าเชียงใหม่ [2]

ทั้งนี้ รูปแบบผังเมืองจากร่องรอยทางประวัติศาสตร์ดังกล่าว จึงควรกำหนดการวางผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ เพื่อจัดทำการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่ และวางแนวทางการอนุรักษ์และการพัฒนาเมืองเชียงใหม่ ที่เป็นเมืองตามเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน ที่มีท่าเทียบเรือขนส่งสินค้า และมีโกดังสินค้า โรงแรมขนาดใหญ่และบ่อนกาสิโนในฝั่งตรงข้ามริมแม่น้ำโขง ทั้งนี้เพื่อให้รูปแบบการวางผังเมือง เพื่อกำหนดประเภทของกิจกรรมของประชาชนผู้อยู่อาศัย หรือผู้ครอบครองที่ดินหรืออาคารที่ตั้งอยู่ใกล้กับโบราณสถาน ควรมีการจัดการเรื่องสภาพแวดล้อมของเมือง และวางแนวทางมาตรการควบคุมให้เป็นไปตามผังให้สอดคล้องตามแผนผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และแผนผังโครงข่ายคมนาคมและขนส่งที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเมือง รวมทั้งการสร้างแนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองตามรูปแบบผังเมือง เพื่อสร้างเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและความน่าอยู่ของชุมชนที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่

โจทย์การวิจัย

รูปแบบผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ ทำให้เกิดแนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์เมือง เพื่อสร้างความน่าอยู่ของชุมชนได้หรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางสถาปัตยกรรมผังเมืองของเมืองเก่าเชียงใหม่ และสำรวจสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันของเชียงใหม่
2. เพื่อศึกษาความต้องการด้านผังเมือง โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในการพัฒนาและการอนุรักษ์เมือง
3. เพื่อสร้างรูปแบบของผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ โดยการวางผังและกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง

วิธีการดำเนินการวิจัย

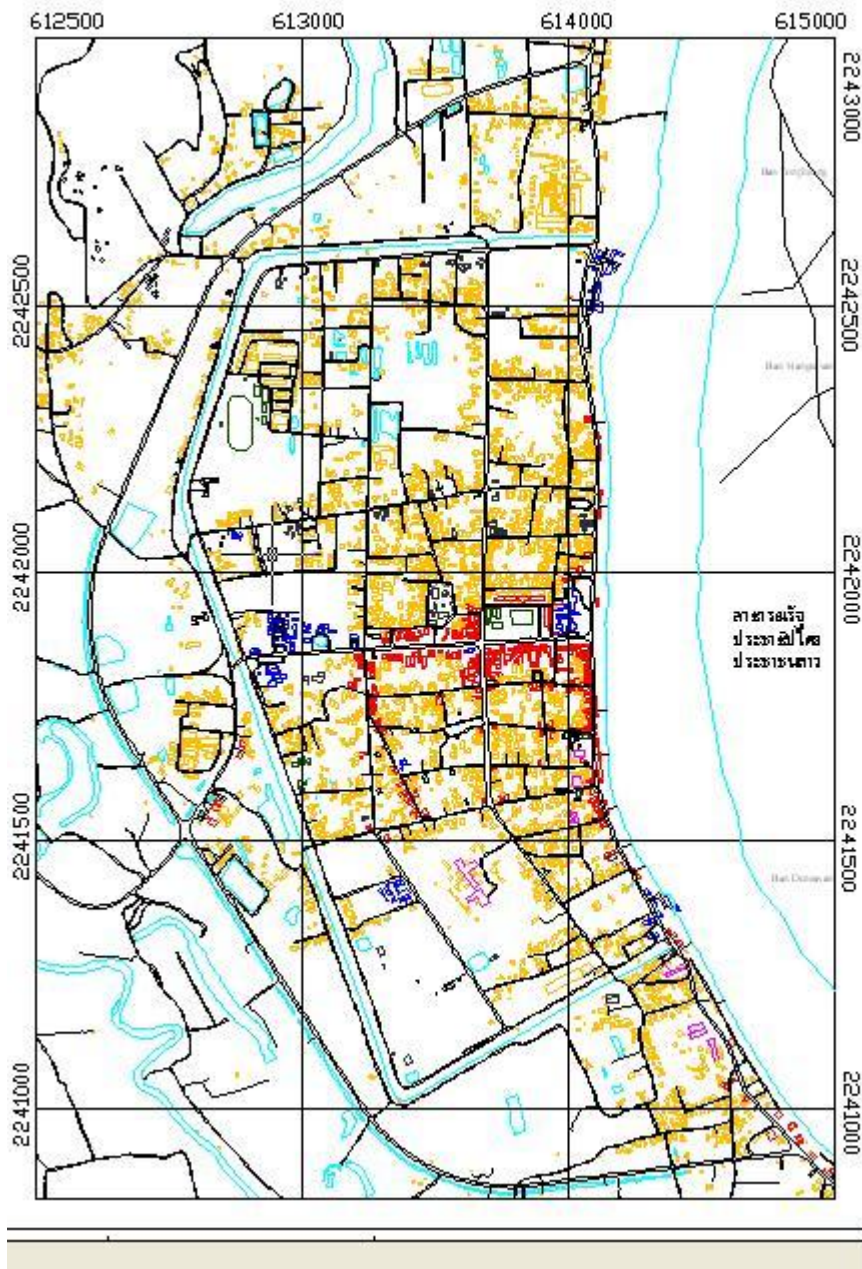
งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างรูปแบบการวางผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ศึกษาเกี่ยวข้องกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน จึงใช้การสำรวจข้อมูลทางภาคสนาม, การจัดเวทีรับฟังความคิดเห็นจากประชาชน และการสัมภาษณ์ความต้องการด้านการพัฒนาและเมืองเชียงใหม่ ซึ่งในการเลือกพื้นที่ศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา เครื่องมือ และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูล และแผนในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
2. การสำรวจภาคสนามการใช้ประโยชน์ที่ดิน
3. การสัมภาษณ์ตัวแทนชุมชนและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น และการจัดเวทีชี้แจงแสดงความคิดเห็นจากภาคประชาชน
4. การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการด้านผังเมือง
5. การวางผังเมืองและกำหนดขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน
6. กำหนดแนวทางสำหรับการอนุรักษ์เมือง โดยการวางผังเมืองและกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองในเขตเมืองเก่าเชียงใหม่

7. การสรุปผลและอภิปรายผล
8. การจัดทำรายงานการวิจัยขั้นสมบูรณ์

ผลการวิจัย

จากการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดิน การสัมภาษณ์ผู้คนในชุมชน และการจัดเวทีชี้แจงเพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและหน่วยงานท้องถิ่น ถึงความต้องการด้านผังเมืองพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินเมืองเชียงใหม่ในแต่ละพื้นที่ว่ามีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทอุตสาหกรรม ประเภทโบราณสถาน และประเภทสาธารณูปโภคสาธารณูปการ มีสภาพการใช้ที่ดินรวมพื้นที่ทั้งหมด 1,486 ไร่ จำแนกเป็น การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย ที่มีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 850 ไร่ โดยเป็นแหล่งในตัวเมืองและพื้นที่โดยรอบ และการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทพาณิชยกรรม หรือย่านการค้าตามแนวถนนพหลโยธินและถนนริมโขง คิดเป็นเนื้อที่ 113 ไร่ ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทอุตสาหกรรม เช่น โกดังสินค้า กระจายตัวในเขตเมืองเชียงใหม่ และมีสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจากการสร้างท่าเทียบเรือแห่งที่ 2 คิดเป็นเนื้อที่ 12 ไร่ เมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทโบราณสถาน ที่เป็นวัดเก่าและวัดร้างในเขตเมือง มีจำนวนคงที่ เนื่องจากเป็นแนวเขตการอนุรักษ์ที่กรมศิลปากรให้การดูแล คิดเป็นเนื้อที่ 178 ไร่ นอกนั้นเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทสถาบันราชการ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทพื้นที่พักผ่อน การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทการศึกษา และการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ดินประเภทเกษตรกรรม



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินเมืองเชียงแสน ในปี พ.ศ. 2544

การวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อเมืองเชียงแสนจากการสัมภาษณ์ผู้คนในชุมชน และการทำเวทีชี้แจงชุมชน และหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมรับฟังความคิดเห็น และสร้างแนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์เมือง เชียงแสนพบว่า การบริหารจัดการกับสภาพแวดล้อมและภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่โดยรอบเขตโบราณสถาน ขาดการ ควบคุม เกิดการบุกรุกและการรุกกล้าพื้นที่ รูปแบบของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ดบบังทัศนียภาพของ โบราณสถาน ซึ่งส่งผลทำให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมต่างๆ ที่ขัดแย้งกับพื้นที่โบราณสถานที่เกิดขึ้น เช่น การเปิดสถานบันเทิง การสร้างโกดังและคลังสินค้าใกล้เขตโบราณสถาน นอกจากนี้ยังมีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง คลอดจนการก่อสร้างอาคารรูปทรงสมัยใหม่ที่บดบังและมีผลต่อภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่

โบราณสถาน ดังนั้นการสร้างแนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองร่วมกัน โดยสรุปได้ ดังนี้

1. ความบกพร่องของการวางแผน โดยไม่มีผังเมืองที่ชัดเจนและไม่มีการบังคับใช้อย่างเป็นรูปธรรม ไม่ได้ใช้ฐานทรัพยากรด้านประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมในพื้นที่ เป็นองค์ความรู้หลักในการออกแบบวางผัง ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ครอบคลุมถึงระบบการอนุรักษ์และพัฒนาที่ยั่งยืน การไม่ได้กำหนดเขตกันชน (Bubbler zone) ที่ชัดเจนระหว่างเขตการใช้ประโยชน์แต่ละประเภท เมืองเชียงใหม่และอีกหลายเมืองประวัติศาสตร์ไม่ได้ถูกออกแบบวางผังตามเอกลักษณ์ของพื้นที่ และไม่ได้ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และรักษาสภาพแวดล้อม เช่น การกำหนดพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์และพื้นที่เพื่อการพัฒนาเขตเมืองที่ชัดเจน

2. ปัญหาในการบริหารและการจัดการเมืองเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาเมือง โดยขาดการร่วมมือกันอย่างจริงจังของหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนไม่มีการประสานงานและสื่อสารข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารและการจัดการเมืองเชียงใหม่ เช่น มีการตัดถนนสาธารณะผ่านกลางแนวเขตโบราณสถานหลายแห่งในเมืองเชียงใหม่ ซึ่งจะเห็นว่าเกิดจากความบกพร่องในการประสานงานระหว่างเทศบาลและกรมศิลปากร ส่งผลทำให้พื้นที่โบราณสถานถูกทำลาย [3]

3. ความไม่ชัดเจนของนโยบายการอนุรักษ์ของกรมศิลปากร ซึ่งทำให้กระบวนการจัดการพัฒนาสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งประวัติศาสตร์ขาดองค์ประกอบทางด้านสุนทรียศาสตร์ และขาดความต่อเนื่อง การที่ระบบเศรษฐกิจส่วนใหญ่ของพื้นที่ไม่ได้พึ่งพาการท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์และโบราณสถาน ส่วนใหญ่ภายในเขตเมืองเก่าเป็นวัดร้างไม่ได้เป็นเขตสังฆาวาสที่มีพระสงฆ์จำพรรษาอยู่ จึงทำให้ไม่มีกิจกรรมทางศาสนาที่เชื่อมต่อกับความสัมพันธ์ระหว่างคนกับวัด ประชาชนในพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงความเชื่อและวัฒนธรรมประเพณีที่สืบต่อมาระหว่างคนกับวัด ดังเช่นพื้นที่ในเมืองโบราณอื่นๆ ซึ่งสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมานี้ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การมีส่วนร่วมของชุมชนในการอนุรักษ์ และพัฒนาโบราณสถานและแหล่งประวัติศาสตร์เมืองเชียงใหม่มีน้อยเมื่อเทียบกับแหล่งประวัติศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งการออกโฉนดและหนังสือรับรองการทำประโยชน์ (น.ส.3) คร่อมทับแนวเขตโบราณสถานเป็นปัญหาของกรมศิลปากร เนื่องจากการขาดความชัดเจนในการกำหนดแนวเขตโบราณสถานต่างๆ และยังไม่ได้ทำการประกาศเขตโบราณสถาน ทำให้ประชาชนถือสิทธิเข้าไปจับจองใช้ประโยชน์ในพื้นที่โบราณสถาน มีการออกโฉนดที่ดินและหนังสือรับรองการทำประโยชน์ (น.ส.3) ในพื้นที่ต่างๆ ในเขตกำแพงเมืองซึ่งมีพื้นที่โบราณสถานจำนวนมากที่มีการออกเอกสารสิทธิ์ที่ดิน คร่อมทับแนวเขตโบราณสถาน และเมื่อกรมศิลปากรจะดำเนินการขุดแต่งและบูรณะโบราณสถานเหล่านี้หรือดำเนินงานต่างๆ ในพื้นที่ดังกล่าวจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับประชาชนที่เป็นเจ้าของพื้นที่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวทำให้ยากต่อการอนุรักษ์โบราณสถานที่มีคุณค่าให้คงอยู่ต่อไปในอนาคต [4]

4. การขาดมาตรการในการควบคุมและการจัดการกับสภาพแวดล้อม และภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่โบราณสถาน โดยเฉพาะมาตรการในการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในเมืองเชียงใหม่ ตลอดจนมาตรการในการควบคุมรูปแบบของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ซึ่งได้แก่ ขนาดอาคาร ความสูง ความหนาแน่นของอาคาร ซึ่งส่งผลทำให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมต่างๆ ที่ขัดแย้งกับพื้นที่โบราณสถานที่เกิดขึ้น เช่น การเปิดสถานบันเทิง โกดังและคลังสินค้าใกล้เขตโบราณสถาน นอกจากนี้ยังมีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง ตลอดจนอาคารสมัยใหม่ที่บดบังและมีผลต่อภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่โบราณสถาน

5. ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพของเมืองเชียงใหม่ที่เกิดจากการพัฒนาเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน ซึ่งส่วนใหญ่เน้นการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานมากกว่า การขนส่งสินค้าทางแม่น้ำโขงระหว่างไทยกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน การเกิดแหล่งอบายมุขนอกเขตประเทศไทย บ่อนกาสิโนในประเทศสหภาพเมียน

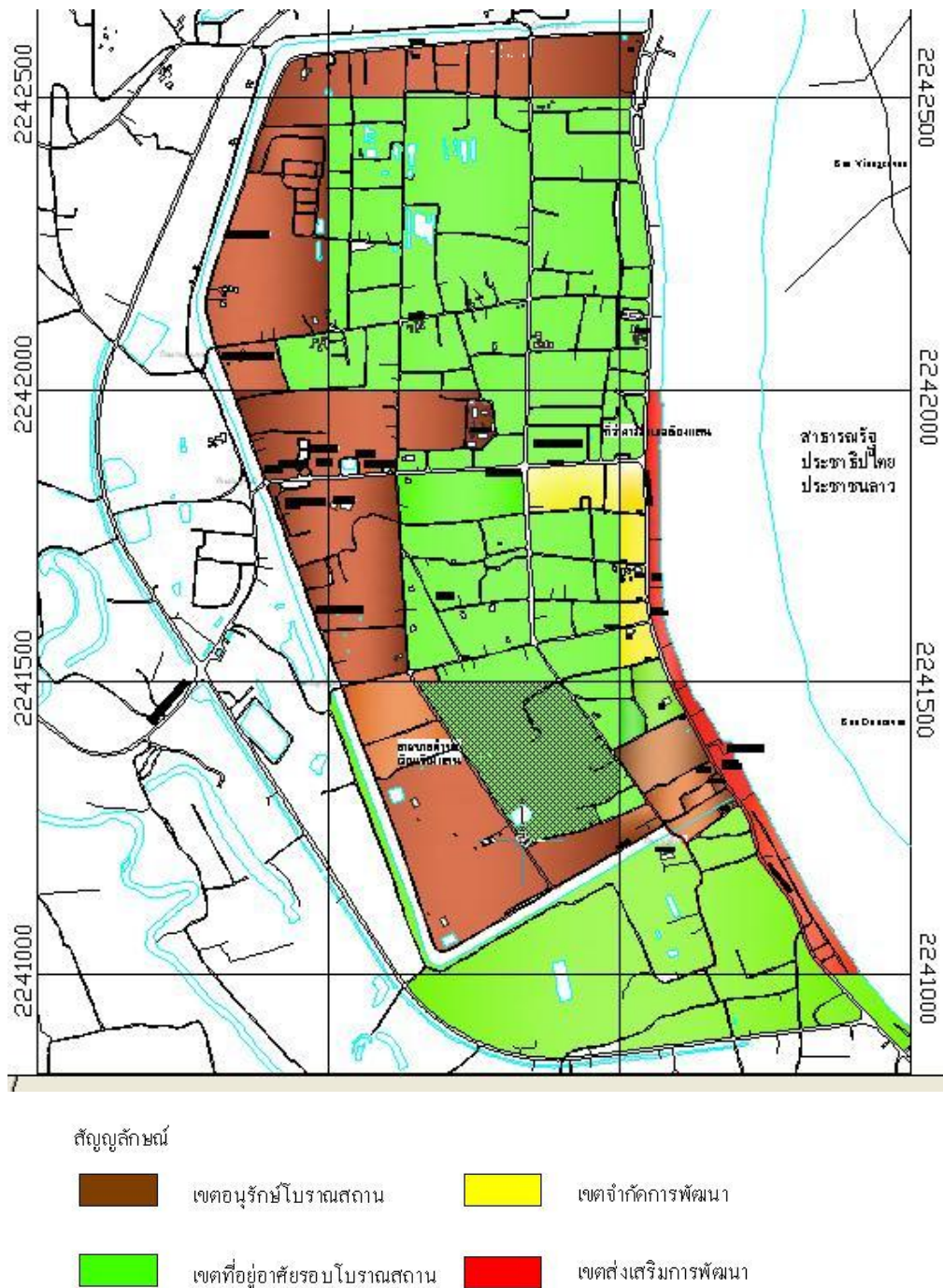
มาร์ และประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทำให้เกิดปัญหาสังคมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ รวมทั้งความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม ซึ่งเกิดจากการพัฒนาโครงการต่างๆ ของหน่วยงานราชการ

การสร้างรูปแบบของผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่ โดยการวางผังและกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมือง ในเขตพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาเมืองเชียงใหม่ ที่คำนึงเอกลักษณ์ของเมือง เป็นองค์ประกอบในการกำหนดกรอบยุทธศาสตร์ในแผนการพัฒนาของหน่วยงานท้องถิ่น โดยให้ความสำคัญกับทรัพยากรทางธรรมชาติและประวัติศาสตร์วัฒนธรรม ตลอดจนการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ชุมชนมีส่วนร่วม ในการกำหนดพื้นที่โดยรอบในแนวเขตของเมืองเก่าเชียงใหม่ โดยจำแนกแนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์ออกเป็น 4 เขตบริเวณดังนี้

1. เขตอนุรักษ์ในแนวเขตโบราณสถาน ได้แก่ พื้นที่โบราณสถานที่ยังคงเหลือร่องรอยอยู่จนถึงปัจจุบัน รวมถึงบริเวณพื้นที่ที่เสนอให้ประกาศเขตโบราณสถานเพิ่มเติม ได้แก่ พื้นที่ในเขตกำแพงเมืองเชียงใหม่เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี การผังเมือง สถาปัตยกรรมและศิลปกรรมที่สำคัญของชาติ โดยภายในเขตกำแพงเมืองเชียงใหม่จะพบร่องรอยของแหล่งโบราณสถานที่สำคัญต่างๆ กระจายตัวอยู่ทั่วไป เป็นจำนวนมาก และบริเวณพื้นที่ในเขตเมืองเก่าเชียงใหม่ ซึ่งถือว่าเป็นเมืองโบราณที่มีความสำคัญต่อเมืองเชียงใหม่ ในฐานะเป็นเมืองหน้าด่านทางทิศใต้ ของเมืองเชียงใหม่และพื้นที่ด้านนอกเมืองโบราณทั้งสองรอบแนวคูเมืองในรัศมี 50 เมตร รวมทั้งพื้นที่ป่าให้เป็นที่ควรจะมีการควบคุมทางด้านผังเมือง ภูมิสถาปัตยกรรม และสถาปัตยกรรมเป็นพิเศษเพื่อคงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ และองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองเชียงใหม่

2. เขตที่อยู่อาศัยรอบนอกโบราณสถาน เป็นเขตที่อยู่ถัดจากเขตอนุรักษ์ออกมา ซึ่งได้แก่ บริเวณตั้งแต่แนวคูเมืองเชียงใหม่ทั้ง 3 ด้านออกมา โดยถัดจากบริเวณถนนเลี้ยวเมืองออกไปในรัศมี 500 เมตร โดยบริเวณดังกล่าวจะประกอบด้วยกลุ่มโบราณที่มีความสำคัญต่อเมืองเชียงใหม่หลายแห่ง เช่น บริเวณวัดป่าสัก วัดร้างหมายเลข 11 เป็นต้น และครอบคลุมบริเวณพื้นที่เขตรัญญาสี่คือ วัดป่า หรือเปรียบเทียบกับได้กับเวียงพระธาตุซึ่งจะอยู่บริเวณดอยจอมกิติ และพื้นที่ระหว่างลำน้ำคำ ลำน้ำแม่กม แม่ น้ำโขง รวมทั้งบริเวณโดยรอบหนองบัวออกไปในรัศมี 100 เมตร และบริเวณทางเข้าเมืองทางด้านใต้ของเมืองเชียงใหม่ ตั้งแต่ถนนเลี้ยวเมืองไปจนถึงเมืองเชียงใหม่ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นเขตที่ต้องการควบคุมทางด้านผังเมืองและภูมิสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะผลกระทบจากโครงการพัฒนาต่างๆ ในพื้นที่เช่น การก่อสร้างสถานีขนส่งผู้โดยสาร กิจกรรมทางเศรษฐกิจบริเวณท่าเทียบเรือเชียงใหม่ ศูนย์แสดงสินค้าชายแดน และโครงการก่อสร้างท่าเทียบเรือแห่งที่ 2 บริเวณสบก เป็นต้น นอกจากนั้นจะเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศและความสวยงามเมืองโบราณและความน่าอยู่ของเมืองเชียงใหม่ในอนาคต

3. เขตจำกัดการพัฒนา เป็นเขตที่ควบคุมการพัฒนาด้านการค้าและบริการให้กับชุมชน เพื่อจำกัดทิศทางการพัฒนาเมืองในขอบเขตที่กำหนดไว้เท่านั้น โดยครอบคลุมพื้นที่ออกไปบริเวณทางเข้าเมืองเชียงใหม่ทางด้านเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองในรัศมี 500 เมตร รวมถึงบริเวณทางด้านใต้ของเวียงปรีक्षाซึ่งอยู่ในเขตอิทธิพลของการพัฒนาท่าเทียบเรือแห่งที่ 2 ของเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นเขตที่ต้องการควบคุมทางด้านผังเมืองและภูมิสถาปัตยกรรมในระดับปานกลาง เพื่อสร้างความเป็นระเบียบและเสริมสร้างบรรยากาศที่น่าอยู่ของเมืองเชียงใหม่ในอนาคต และเพื่อเป็นการลดผลกระทบด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงพาณิชย์ที่มีต่อเขตอนุรักษ์โบราณสถาน และต่อชุมชนโดยรอบ และรักษาสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่เชื่อมต่อกับเมืองเชียงใหม่



ภาพที่ 2 การสร้างรูปแบบของผังเมืองในการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองเก่าเชียงใหม่

4. เขตส่งเสริมการพัฒนาเมือง เป็นเขตที่ชี้้นำการพัฒนาเมืองเชียงใหม่ในอนาคต เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองโดยการพัฒนาทางด้านเหนือ และเขตควบคุมการพัฒนาทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองในรัศมี 500 เมตร จากลำน้ำคำ ซึ่งบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่จะเป็นที่ดินสาธารณประโยชน์ ไม่มีพื้นที่โบราณสถานในบริเวณดังกล่าว ทำให้ง่ายต่อการจัดการและพัฒนาเมือง รวมทั้งเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคตโดยมีการกำหนดมาตรการในการควบคุมทางผังเมืองที่เหมาะสม เพื่อความเป็นระเบียบและความน่าอยู่ของเมืองเชียงใหม่ โดยใช้แนวทางการพัฒนาสภาพแวดล้อมและภูมิทัศน์ประวัติศาสตร์เมืองโบราณเชียงใหม่ จะให้ความสำคัญกับ

การพัฒนาเมืองเชียงใหม่ แบบมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลักดันกระบวนการอนุรักษ์ และพัฒนาโบราณสถานตลอดจนการยกระดับทัศนียภาพในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต และการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมของเมือง โดยใช้เกณฑ์ตามการออกแบบทางด้านภูมิสถาปัตยกรรมมาใช้ และการพิจารณาด้านหน้าที่ ตามขอบเขตของพื้นที่ (Zoning) ในกระบวนการออกแบบจะพยายามให้เกิดการสมประโยชน์ทั้งทางด้านภาพลักษณ์และประโยชน์ใช้สอย

แนวทางการควบคุมในเขตพื้นที่อนุรักษ์ โดยจำแนกตาม 4 เขตบริเวณการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่

1. การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบโบราณสถาน ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เฉพาะเพื่อการดำเนินการขุดแต่งบูรณะโบราณสถานและการอนุรักษ์พื้นที่ทางมรดกทางวัฒนธรรม ตลอดจนปรับปรุงสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่โบราณสถาน โดยอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกรมศิลปากร ตามพระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 และการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบโบราณสถาน การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกิจกรรมในเขตเมืองเชียงใหม่

2. แนวทางการควบคุมทางด้านผังเมืองในพื้นที่เมืองเก่า เป็นการควบคุมทางด้านผังเมืองเพื่ออนุรักษ์สภาพแวดล้อมทางกายภาพของเมืองเชียงใหม่ ในเขตที่อยู่อาศัยรอบนอกโบราณสถาน อาจประกอบด้วยมาตรการต่างๆ ได้แก่ ที่อยู่อาศัยใกล้กับโบราณสถาน ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะเพื่อการเป็นที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและอาคารพาณิชย์กรรมประเภทการค้าปลีก และบริการขนาดเล็กที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่โบราณสถาน แนวทางการควบคุมทางด้านผังเมืองในเขตจำกัดการพัฒนา อาจประกอบด้วยมาตรการต่างๆ ได้แก่

- เขตจำกัดการพัฒนาด้านทิศเหนือและตะวันตก ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะเพื่อการเป็นที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ประเภทการค้าปลีกและบริการ ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สถาบันราชการ สาธารณูปโภค สาธารณูปการ ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการท่องเที่ยว เท่านั้น โดยกำหนดให้มีสัดส่วนพื้นที่อาคารรวมทั้งหมดต่อพื้นที่สูงสุดที่อนุญาต (FAR) เท่ากับ 1.5:1 ยกเว้น อาคารพาณิชย์ที่อยู่ติดถนนริมโขง และถนนเลียยมืองด้านเหนือและด้านใต้ของเมืองเชียงใหม่ให้เพิ่มเป็น 1.75:1 โดยให้มีพื้นที่เปิดโล่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของที่ดินแต่ละแปลง และกำหนดให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างมีขนาดอาคารไม่เกิน 50 ตารางเมตร

- เขตจำกัดการพัฒนาด้านทิศใต้และทิศตะวันออก ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะเพื่อการเป็นที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ และอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สถาบันราชการ สาธารณูปโภค สาธารณูปการ ตลอดจนโกดังและคลังสินค้าเท่านั้น โดยกำหนดให้มีสัดส่วนพื้นที่อาคารรวมทั้งหมดต่อพื้นที่ดินสูงสุดที่อนุญาต (FAR) เท่ากับ 2:1 ให้มีพื้นที่เปิดโล่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของที่ดินแต่ละแปลง และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจกรรมประเภทโรงงาน

3. แนวทางการควบคุมทางด้านผังเมืองในพื้นที่รอบนอกเมือง

แนวทางการควบคุมทางด้านผังเมืองเพื่ออนุรักษ์สภาพแวดล้อมทางกายภาพของเมืองเชียงใหม่ ในเขตส่งเสริมการพัฒนา อาจประกอบด้วยมาตรการต่างๆ ได้แก่

- การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการพัฒนาเมืองในเขตส่งเสริมการพัฒนา ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการพัฒนาเมืองเกือบทุกประเภทที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดสัดส่วนพื้นที่อาคารรวมทั้งหมดต่อพื้นที่ดินสูงสุดที่อนุญาต (FAR) เท่ากับ 3:1 โดยให้มีพื้นที่เปิดโล่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของที่ดินแต่ละแปลงที่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อพาณิชย์กรรม และไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของที่ดินแต่ละแปลงที่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย และกำหนดให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างมีขนาดอาคารไม่เกิน 50 ตารางเมตร การควบคุมการใช้ประโยชน์

ที่ดินดังกล่าวจำเป็นต้องผนวกเข้ากับข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามการจำแนกประเภท ซึ่งควรมีการประกาศเป็นกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวม โดยอาศัยอำนาจแห่งพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518

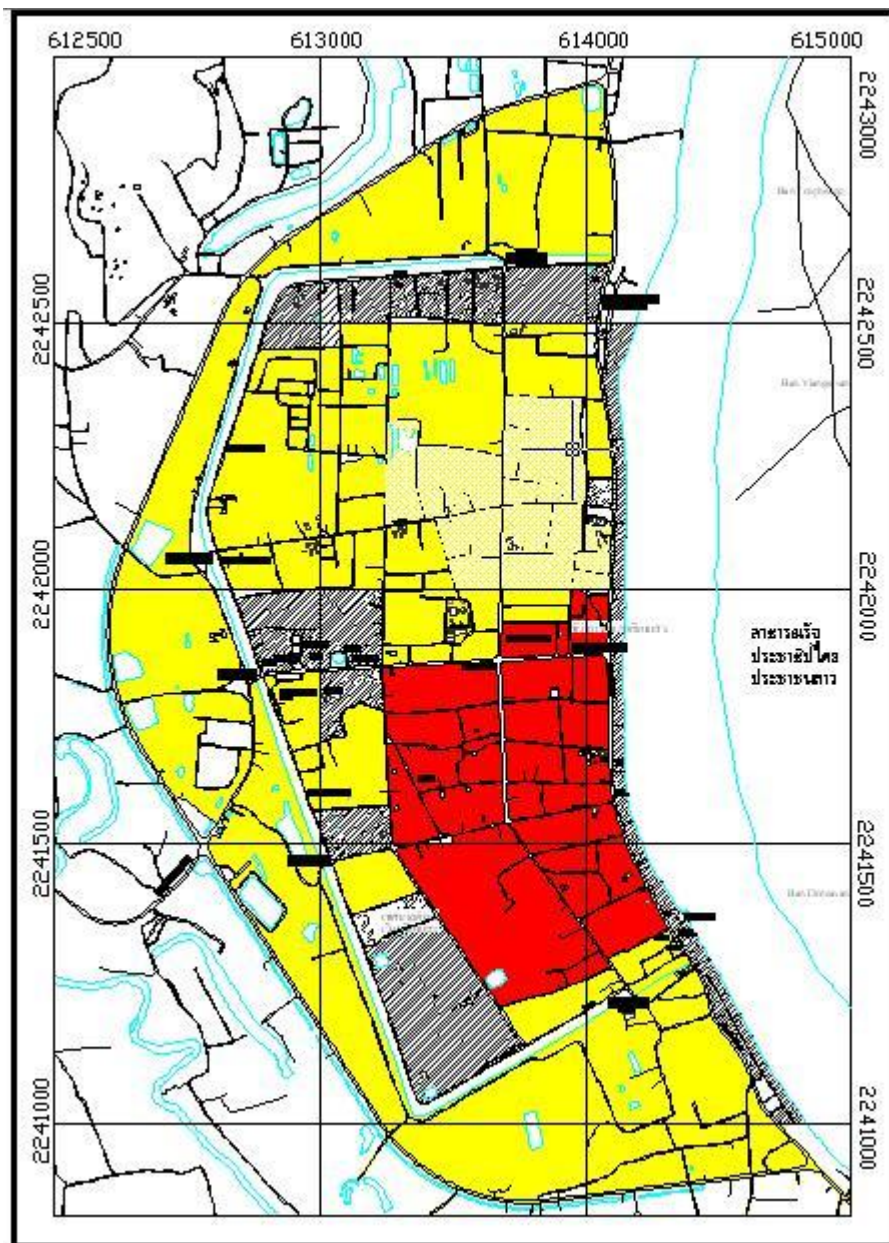
- การควบคุมด้านการจัดวางระบบจราจรและปรับปรุงโครงข่ายทางสัญจร โดยการจัดระบบการสัญจรและระบบการจราจรในเขตเมืองเชียงใหม่เสียใหม่ เพื่อลดปริมาณการจราจรภายในเมืองเชียงใหม่โดยเฉพาะบริเวณถนนริมโขงและถนนพหลโยธิน ซึ่งเป็นถนนสายหลักที่ใช้ในการเชื่อมโยงการจราจรที่วิ่งผ่านเข้าออกเมืองเป็นหลัก โดยกำหนดให้มีการเดินทางเดียวในบริเวณถนนริมโขงทางด้านใต้ ถนนทัพม่าน ถนนหนองมุด และถนนสาย 1 รวมทั้งควรมีการจำกัดและควบคุมขนาดน้ำหนักของยานพาหนะต่างๆ ที่จะวิ่งเข้า-ออกเมืองเชียงใหม่ เพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบต่อโบราณสถาน และเพื่อความปลอดภัยของประชาชนภายในพื้นที่ เช่น การกำหนดมาตรการในการควบคุมไม่ให้รถบรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปวิ่งผ่านเข้ามาในตัวเมืองเชียงใหม่ เป็นต้น นอกจากนี้บริเวณประตูเมืองเชียงใหม่ซึ่งส่วนใหญ่มีความกว้างประมาณ 4-5 เมตร ซึ่งได้แก่ บริเวณประตูยางเทิง ประตูหนองมุด ประตูทัพ และประตูดินขอ โดยเสนอแนะให้มีการควบคุมขนาดของยานพาหนะที่จะวิ่งผ่านบริเวณประตูเมืองดังกล่าว โดยห้ามไม่ให้รถบรรทุก รถทัศนาวจรและรถโดยสารขนาดใหญ่วิ่งผ่านพื้นที่ดังกล่าว

4. แนวทางการควบคุมทางด้านสถาปัตยกรรม

แนวทางการควบคุมทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมทัศนียภาพที่เป็นเอกลักษณ์ของเมืองเชียงใหม่ไว้ตลอดจนเพื่อเป็นการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาทางด้านภูมิทัศน์ซึ่งประกอบด้วยมาตรการต่าง ดังนี้

- การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมือง และความสูงของอาคาร จากผลพวงของการพัฒนาในปัจจุบันทำให้มีอาคารบ้านเรือนก่อสร้างขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ในรูปทรงและขนาดของอาคาร ตลอดจนความสูงของอาคารที่แตกต่างกันทั้งในเขตกำแพงเมืองเชียงใหม่ และพื้นที่โดยรอบ การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมืองเชียงใหม่จำแนกตามการกำหนดพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาเมืองเชียงใหม่ โดยใช้เป็นมาตรการในการควบคุมความสูงของอาคารโดยรวมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องมีการพิจารณา ร่วมกับการควบคุมความสูงของอาคารรอบเขตโบราณสถานด้วย โดยจะทำการพิจารณาจากระดับความสำคัญของโบราณสถานนั้นๆ โดยกลุ่มโบราณสถานที่ได้รับการประกาศขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถานของชาติ และบริเวณพื้นที่ที่เสนอแนะให้ประกาศเขตโบราณสถาน ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มโบราณสถานที่มีความสำคัญในระดับค่อนข้างสูง

- การควบคุมแนวระยะห่างจากแนวเขตโบราณสถาน เนื่องจากเมืองเชียงใหม่เป็นเมืองที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์อยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้การควบคุมแนวระยะห่างจากแนวเขตโบราณสถาน 50 เมตรแรก ควรกำหนดความสูงของอาคารที่จะก่อสร้างนั้นได้ไม่เกินไปกว่าความสูงของอาคารโบราณสถานแห่งนั้นหรือไม่เกินกว่า 8 เมตร ส่วนในระยะที่ห่างออกมาตามลำดับอาจจะอนุญาตให้มีการก่อสร้างอาคารที่มีความสูงได้ไม่เกินกว่า 12 เมตร ในระยะความห่าง 50 เมตร และ 16 เมตร ในระยะความห่าง 100 เมตร จากแนวเขตโบราณสถาน ส่วนในพื้นที่และกลุ่มโบราณสถาน ส่วนในพื้นที่และกลุ่มโบราณสถานที่มีคุณค่าในระดับรองลงมาอาจจะมีข้อกำหนดในการควบคุมที่มีความเข้มงวดลดหลั่นไป ตามระดับความสำคัญของแต่ละแห่ง การควบคุมระยะถอยร่น การกำหนดที่ว่างระหว่างโบราณสถานและชุมชน ตลอดจนการควบคุมระยะถอยร่นของอาคารจากองค์ประกอบหลักของเมืองโบราณ เพื่อจะเน้นให้เห็นถึงความแตกต่าง และการรับรู้ของขอบเขต ตลอดจนป้องกันการลุกล้ำเข้ามาในเขตโบราณสถาน



สัญลักษณ์



ความสูงอาคารใกล้เคียง โบราณสถานและริมฝั่งแม่น้ำ โขง ไม่เกิน 5 เมตร



ความสูงอาคาร ไม่เกิน 10 เมตร



ความสูงอาคาร ไม่เกิน 15 เมตร



นอกแนวเขตการควบคุมความสูงอาคาร

ภาพที่ 3 การควบคุมแนวเส้นขอบฟ้าของเมือง ระยะห่างจากแนวเขตโบราณสถานและความสูงของอาคาร ในเขตเมืองเก่าเชียงใหม่

การกำหนดให้มีการกำหนดระยะถอยร่นของอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในเขตเมืองเชียงใหม่ และเมืองเชียงใหม่ น้อย ดังนี้ อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่โดยรอบเขตโบราณสถาน และทั้งสองฟากของกำแพงเมืองและคูเมือง เชียงแสนตลอดแนว กำหนดให้เว้นระยะถอยร่นจากแนวเขตโบราณสถาน และแนวกำแพงเมือง และคูเมือง ในระยะไม่น้อยกว่า 6 เมตร และบริเวณแนวถนนโดยรอบแนวกำแพงเมืองและคูเมืองเชียงใหม่ รวมทั้งบริเวณที่ สันนิษฐานว่าน่าจะเป็นเส้นทางถนนที่มีมาแต่โบราณ ซึ่งบริเวณสองฟากถนนส่วนใหญ่จะมีกลุ่มโบราณสถานที่สำคัญต่าง ๆ กระจายอยู่ทั่วไป โดยกำหนดระยะถอยร่นจากขอบถนนเข้าไป 2 เมตร เพื่อให้เกิดพื้นที่พอที่จะพัฒนา เป็นทางเดินเท้าสำหรับนักท่องเที่ยว และอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่อยู่สองฟากถนนดังกล่าว กำหนดให้เว้นระยะ จากเขตทางเท้าเข้าไปไม่น้อยกว่า 2 เมตร และอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สร้างขึ้นตลอดแนวสองฟากลำน้ำคำ ลำน้ำแม่กก และฝั่งตะวันตกของแม่น้ำโขง โดยกำหนดให้ต้องระยะถอยร่นของแนวอาคารจากตลิ่งแม่น้ำเข้าไปไม่น้อย กว่า 6 เมตร และสำหรับอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สร้างขึ้นโดยรอบหนองบัว จะต้องร่นแนวอาคารให้ห่างจากแหล่ง น้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 12 เมตร เพื่อให้เกิดแนวพื้นที่ว่าริมน้ำตลอดแนวซึ่งจะช่วยสร้างความสวยงามน่าอยู่ให้แก่ เมือง

- การควบคุมแนวมองและมุมมองที่สำคัญของเมืองเชียงใหม่ แนวมองที่สำคัญของเมืองเชียงใหม่ ได้แก่ บริเวณถนนริมโขง ซึ่งเป็นแนวถนนแกนทางด้านเหนือ-ใต้ ของเมืองเชียงใหม่เลียบบไปกับลำน้ำโขง ซึ่งจะมีทัศนียภาพที่สวยงาม สามารถมองเห็นทิวทัศน์ของฝั่งลาวได้ตลอดแนว และบริเวณถนนพหลโยธิน ซึ่งเป็นถนนที่อยู่กึ่งกลางเมืองในแนวตะวันออก-ตก ของเมืองเชียงใหม่ โดยทัศนียภาพในแนวถนนจากประตูป่าสักไปสู่ริมแม่น้ำโขงจะพบว่า มีกลุ่มโบราณสถานกระจายตัวอยู่บริเวณสองฟากของถนนเป็นจำนวนมากซึ่งได้แก่ วัดเจดีย์หลวง วัดมหาธาตุ วัดร้างหมายเลข 6 วัดพระบวช วัดมุงเมือง วัดทองน้อย วัดพระเจ้าล้านทอง วัดพระยืน วัดเซตวัน และวัดกู่คำ ซึ่งโบราณส่วนใหญ่ ยังคงอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และแนวมองที่มีความสำคัญรองลงมาได้แก่ แนวถนนรอบเวียง และถนนเลียบบคูเมืองเชียงใหม่ ซึ่งจะเห็นทัศนียภาพของแนวกำแพงเมือง ประตูเมือง และป้อมประตูเมือง เชียงแสนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังแนวถนนแกนหลักทางด้านตะวันออก-ตะวันตก จากประตูหนองมูตไปสู่ริมแม่น้ำโขง (ถนนหนองมูต) และจากประตูทัพมานไปสู่ริมแม่น้ำโขง (ถนนทัพมาน) และแนวแกนหลักด้านทิศเหนือ-ใต้ จากประตูยางเทิงประตูหินขอ ซึ่งบริเวณสองฟากถนนดังกล่าวจะมีกลุ่มโบราณสถานต่าง ๆ กระจายตัวอยู่ทั่วไป

สรุปและอภิปรายผล

แนวทางการพัฒนาทางกายภาพและการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมของเมืองเชียงใหม่ ซึ่งจะต้องพิจารณาร่วมกันคือ แนวทางผังเมือง แนวทางด้านสถาปัตยกรรม และแนวทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งมีรายละเอียดแนวทางการควบคุมทางด้านผังเมือง จำแนกตามขอบเขตและวิธีการเป็น 2 แนวทางตามเขตการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ ดังต่อไปนี้

1. แนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์เมืองในเชิงนโยบายของภาครัฐ

นโยบายการส่งเสริมสภาพแวดล้อมของเมืองให้น่าอยู่ โดยการสร้างโครงสร้างพื้นฐานให้เหมาะสมกับพื้นที่และมุ่งเน้นระบบการสัญจรที่ไม่สร้างมลพิษ และระบบการสัญจรที่สะอาดและปลอดภัย เช่น จัดทางเดินรถไฟฟ้าเท้า หรือ เส้นทางจักรยานสำหรับผู้คนในเมืองและนักท่องเที่ยว การส่งเสริมนโยบายการใช้เขตโบราณสถานเป็นพื้นที่สันทนาการและพื้นที่สีเขียว และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพื่อลดสภาพของมลพิษ ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวอันจะมีต่อไปในอนาคต และเพื่อให้การพัฒนาเมืองและการอนุรักษ์ เป็นไปอย่างสอดคล้อง เป้าหมายหลักของการวางแผนการอนุรักษ์และปรับปรุงสภาพแวดล้อมเมืองเก่า คือการมีแผนการจัดการอนุรักษ์และปรับปรุงสภาพแวดล้อมเมืองเก่าให้เป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม ทั้งนี้โดยเน้นการ

วางแผนในการจัดการอนุรักษ์ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางกายภาพของเมืองเก่าที่เสื่อมโทรมให้คืนกลับสู่สภาพที่สมบูรณ์สามารถสะท้อนให้เห็นถึงคุณค่า และค่านึงถึงเอกลักษณ์ของชุมชน

2. แนวทางการวางผังเพื่อการพัฒนาและการอนุรักษ์เมือง

การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบโบราณสถาน การควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกิจกรรมในเขตเมืองเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และสังคมที่ขัดแย้งกับองค์ประกอบและโครงสร้างของเมืองประวัติศาสตร์ และเพื่อควบคุมชนิดและประเภท ตลอดจนความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของเมืองโบราณ รวมทั้งส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกิจกรรมที่สนับสนุนบทบาทหน้าที่ของเมืองเชียงใหม่ในฐานะที่เป็นมรดกวัฒนธรรมของชาติ

แนวทางการวางผังเมืองที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมกับภาคประชาชนในพื้นที่ และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยให้ตัวแทนในชุมชนในกลุ่มการอนุรักษ์ กับหน่วยงานของท้องถิ่นคือ เทศบาลเวียงเชียงใหม่ มีส่วนร่วมในการวางแผน และดำเนินการพัฒนาเมือง โดยใช้แนวทางการพัฒนาและการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน เคารพในโบราณสถานและวิถีชีวิตของชุมชน โดยกำหนดให้พื้นที่สภาพแวดล้อมโดยรอบโบราณสถานมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตของคนในเมืองให้เกิดความรักและหวงแหน แม้ว่าเมืองเชียงใหม่จะถูกกำหนดให้เป็นเมืองในเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน มีการขนส่งสินค้าทางน้ำ และการท่องเที่ยวในเชิงบ่อนกาสิโนในประเทศเพื่อนบ้าน ที่เกิดการมองข้ามการท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ในวัฒนธรรมเก่าแก่ของเมืองเชียงใหม่ เพื่อสร้างรูปแบบแนวทางการวางผังเมืองและการบังคับใช้ผังให้เป็นไปตามความต้องการของชุมชนส่วนรวม โดยได้ให้ข้อเสนอแนะในการวิจัย ได้ดังนี้

1. แนวทางการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมศิลปกรรม ควรเร่งรัดและกระตุ้นให้หน่วยงานของรัฐและประชาชนเอาใจใส่ ควบคุม ดูแล อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมศิลปกรรมอย่างถูกต้องเหมาะสม ทั้งนี้ควรให้กรมศิลปากร ประสานกับกรมโยธาธิการและผังเมือง เร่งทำแผนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดิน ในเขตโบราณสถานและวางแผนบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานเมื่อเกิดภัยพิบัติขึ้น นอกจากนี้ควรดูแลพื้นที่ในการบูรณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตโบราณสถาน ควรให้เปิดการเจรจาอย่างผ่อนหนักผ่อนเบา หรือจัดสรรที่อยู่อาศัยในพื้นที่ใหม่นอกเขตถ้ามีความจำเป็นต้องรื้อย้ายที่ก่อผลกระทบต่อทัศนียภาพและความเคารพศรัทธาของคนในพื้นที่

2. การทำประชาพิจารณ์ เรื่อง การกำหนดพื้นที่การวางผังเมืองรวมเชียงใหม่ เพื่อเสนอต่อกรมโยธาธิการและผังเมือง ในฐานะเป็นเมืองเก่าทางประวัติศาสตร์ โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง การกำหนดการบังคับใช้ผังที่เข้มงวดในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ในเขตอนุรักษ์ในแนวเขตโบราณสถาน และการกำหนดให้เมืองเชียงใหม่ในฐานะเมืองท่องเที่ยววัฒนธรรม ให้เกิดการค้าและบริการที่ผู้คนในชุมชนมีส่วนร่วมจัดเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเชียงใหม่ในอนาคต โดยการวางผังเมืองเฉพาะพื้นที่ในเขตเมืองเก่าเชียงใหม่

3. การป้องกันมิให้การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นไปในทางที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมทางศิลปกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า และการใช้ประโยชน์ที่ดินตามริมแม่น้ำโขง ควรควบคุมให้เป็นไปตามผังอย่างเคร่งครัด ส่วนเส้นทางคมนาคมขนส่ง โดยเฉพาะรถบรรทุกสินค้าเข้าออกในเมือง ควรจำกัดเส้นทางให้เดินทางนอกเขตเมืองในทางเลี่ยงเมืองและแนวเขตถนนด้านทิศเหนือ เพื่อไม่ให้เกิดการสัญจรของรถบรรทุกก่อผลกระทบต่อโบราณสถานที่ทรุดโทรมให้เกิดความเสียหายจากแรงสั่นสะเทือนของรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่

4. การกำหนดข้อบังคับโดยท้องถิ่น ในเรื่อง รูปแบบสถาปัตยกรรมบ้านเรือน ในการก่อสร้างอาคารพาณิชย์และอาคารที่พักอาศัย ซึ่งมีลักษณะร่วมสมัยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากโดยขาดการควบคุมรูปแบบทางสถาปัตยกรรม ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทัศนียภาพของเมืองเชียงใหม่โดยรวมได้ ซึ่งสวนทางกับการเพิ่มขึ้นของบ้านแบบสถาปัตยกรรมภาคเหนือที่มีอัตราการเพิ่มในอัตราที่ลดลง การเพิ่มขึ้นของบ้านเรือนแบบร่วมสมัย ทำ

ให้ความแตกต่างและความแปลกแยกระหว่างบ้านรูปทรงตึกกับบ้านเรือนพื้นถิ่น และการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบโบราณสถานที่จะกระจายอยู่รายรอบชุมชนมีมากยิ่งขึ้น

5. การเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจให้แก่บุคลากรในท้องถิ่น เพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบร่วมกันในการคุ้มครองและรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีแก่แหล่งศิลปกรรม และส่งเสริมให้มีการอบรมและสร้างสามัญสำนึกให้ประชาชนเกิดความรู้สึกรักหวงแหน และเล็งเห็นคุณค่าของศิลปกรรม สิ่งแวดล้อมที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับแหล่งศิลปกรรมให้เกิดความภาคภูมิใจในอารยธรรมอันเก่าแก่ของชาติ

6. การสร้างเครือข่ายอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ โดยให้ตัวแทนกลุ่มเยาวชน ร่วมกับกลุ่มอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ที่มีอยู่เดิม ให้ร่วมมือร่วมใจ ดูแล ปกป้องและรักษาแหล่งศิลปกรรมที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรมของชาติ ให้คงอยู่ต่อไป โดยเครือข่ายอนุรักษ์เมืองเชียงใหม่ ไม่ใช่เพียงแต่กลุ่มที่ทำงานด้านประวัติศาสตร์ท้องถิ่นเท่านั้น หากแต่สามารถทำงานด้านอื่นๆ ทั้งนี้มีเป้าหมายแกนกลางคือเพื่อให้คนเชียงใหม่มีความเข้มแข็ง สามารถปกป้องรักษาโบราณสถาน โบราณวัตถุที่เป็นมรดกอันเก่าแก่ และยังสามารถช่วยกันรักษาทรัพยากรธรรมชาติ รักษาฐานชีวิตชุมชนไว้ได้อีกด้วย สุดท้ายคือกลุ่มรักษ์เชียงใหม่ไม่ใช่เป็นเพียงคนกลุ่มเล็ก แต่หมายถึงคนทั้งเมืองที่รักเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] สรัสวดี อ๋องสกุล. (2546). *พื้นเมืองเชียงใหม่*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- [2] จิรศักดิ์ เดชวงศ์ญา. (2539). *พระเจดีย์เมืองเชียงใหม่*. เชียงใหม่: โอเอส พริ้นติ้งเฮาส์.
- [3] หน่วยศิลปากรที่ 4. (2538). *แผนแม่บทโครงการบูรณะและอนุรักษ์เมืองประวัติศาสตร์เชียงใหม่ อำเภอเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่*. เชียงใหม่: โรงพิมพ์ดาวกราฟิก.
- [4] กำไลทอง ปันนำ. (2543). *ผลกระทบจากการจัดการสิ่งแวดล้อมศิลปกรรมที่มีต่อชุมชนในกำแพงเมืองเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

SWU6-1013: การพัฒนาสมบัติของเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ

DEVELOPMENT OF SILK FIBROIN PROPERTIES BY NANOZINC OXIDES DYEING WITH NATURAL DYES POWDER FROM *Eupatorium odoratum* L.

ศศิธร โนนสังข์*, สุดาพร ตั้งควนิช

Sasithorn Nongsung*, Sudaporn Tangkawanit

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Department of Chemistry, Faculty of Chemistry, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: Sasithorn111@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสมบัติของเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ โดยใช้สารช่วยกระจายตัวนาโนซิงค์ออกไซด์คือพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและอะคริลิก ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือและวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ของสีด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำเส้นไหมที่ผ่านการเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและอะคริลิกมาย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่อุณหภูมิ 80–100°C เป็นเวลา 15 นาที นำเส้นไหมไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976 วิเคราะห์ค่าความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ISO 105-B02:1994 (E) และค่าความคงทนของสีต่อการซักตามมาตรฐาน ISO 105-C10:2006(E) การต้านไฟฟ้าสถิต การคืนตัวจากรอยยับของเนื้อผ้า การซึมผ่านของอากาศ การทนต่อแรงดึงขาด การทนต่อความร้อน ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดของสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือมีค่าเท่ากับ 348.26 nm เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตให้ค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุดเท่ากับ 6.04 เมื่อเติมสนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดสี และมีค่าความสว่าง (L*) สูงสุดเท่ากับ 67.33 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดสี ส่วนเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกให้ค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุดเท่ากับ 6.08 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดสีและมีค่าความสว่าง (L*) สูงสุดเท่ากับ 68.20 เมื่อเติมมะขามเป็นสารช่วยติดสี เส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและอะคริลิกมีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (4) เมื่อเติมสนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดสีและมีค่าความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับดี (4) เมื่อเติมจุนสีเป็นสารช่วยติดสี ค่าการซึมผ่านของอากาศของผ้าไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีมีค่าการซึมผ่านของอากาศมากที่สุดเท่ากับ 4.11 ลบ.ซม./วินาที/ตร.ซม. ส่วนผ้าไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตมีค่าการซึมผ่านอากาศน้อยที่สุด 0.92 ลบ.ซม./วินาที/ตร.ซม. ค่าแรงดึงขาดของเนื้อผ้าของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือมีค่าแรงดึงขาดโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.54 N และเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีค่าแรงดึงขาดน้อยที่สุดคือ 6.12 N ค่าการต้านไฟฟ้าสถิตของผ้าไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิก

ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดสี มีค่าการต้านไฟฟ้าสถิตมากที่สุดคือ 355.8×10^{10} Ohm ค่าการคืนตัวจากรอยยับของผ้าไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติด มีค่าการคืนตัวจากรอยยับของผ้าไหมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 148.25 องศา ส่วนเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 145.25 องศาและ 145.75 องศา ตามลำดับ ซึ่งค่าการคืนตัวจากรอยยับตามมาตรฐานควรมีค่ามากกว่า 120 องศา

คำสำคัญ: เส้นไหม สีธรรมชาติแบบผง นาโนซิงค์ออกไซด์

Abstract

This research was an extensive study on development of silk fibroin properties by nanozinc oxides coating and being dyed with natural dyes powder from *Eupatorium odortum* L..Dispersing agent of nanozinc oxides were polyetherphosphate and acrylic. Natural dyes powder was produced from *Eupatorium odortum* L..The maximum absorption (λ_{max}) was measured by UV-visible spectrophotometer. Silk coated with nanozinc oxides by polyetherphosphate and acrylic dispersing agent were dyed at 80°C for 15 minutes. The color strength, light fastness, washing fastness, electrostatic test, airpermeability, wrinkle recovery, tensile strength and the stability of heat properties were characterized. The results showed that the maximum absorption of the dye equal to 348.26 nm.The highest color strength of silk coated with nanozinc oxides by polyetherphosphate dispersing agent mordanted ferrous (II) sulphate and mordanted alum were 6.04 and 67.33, respectively. The highest color strength of silk coated with nanozinc oxides by acrylic dispersing agent added alum as mordant was 6.08 and 68.20 when added tamarind as mordant. Light fastness properties of silk coated with nanozinc oxides used polyetherphosphate and acrylic as dispersing agent mordanted ferrous (II) sulphate was good (4). Washing fastness properties of silk dyed with nanozinc oxides used acrylic and polyetherphosphate as dispersing agent mordanted copper (II) sulphate was good (4).

Air permeability properties of silk coated with nanozinc oxides used acrylic as dispersing agent mordanted alum was the most.($4.11 \text{ cm}^3/\text{sec}/\text{cm}^2$) And silk coated with nanozinc oxides used polyetherphosphate as dispersing agent was at least.($0.92 \text{ cm}^3/\text{sec}/\text{cm}^2$) Tensile strength properties of silk not coated with nanozinc oxides was the most (6.54 N) and silk coated with nanozinc oxides used acrylic as dispersing agent was at least. (6.12N) The electrostatic properties of silk coated with nanozinc oxides used acrylic as dispersing agent mordanted ferrous(II) sulphate was the most. (355.8×10^{10} ohm) The wrinkle recovery of silk not coated with nanozinc oxides mordanted alum was the most.(148.25°) And silk coated with nanozinc oxides used polyetherphosphate and acrylic as dispersing agent were 145.25° , 145.75° respectively. The wrinkle recovery standard of silk was more than 120° .

Keywords: Silk Fibroin, Natural dyed, Nanozinc Oxides

บทนำ

เส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีน ประกอบด้วยหน่วยโมเลกุลเล็กๆ ของกรดอะมิโนที่เรียกว่า มอนอเมอร์จำนวนมาก โมเลกุลเหล่านี้มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียกว่า พอลิเมอร์ ปัจจุบันผ้าไหมยังมีข้อเสียคือ ยืดหยุ่นได้น้อย ยับง่าย ซักยาก ไม่อยู่ตัวเมื่อซักบ่อยๆ เกิดไฟฟ้าสถิต ย้อมติดสีไม่คงทน จึงมีนักวิจัยพยายามที่จะปรับปรุงสมบัติของเส้นใยไหม เพื่อให้มีสมบัติที่ดีกว่าเดิมโดยใช้สารจากธรรมชาติและสารเคมี เช่น โคลโคซาน ซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โซเดียมอัลจิเนต ไททาเนียมไดออกไซด์ นาโนซิงค์ออกไซด์และนาโนซิลเวอร์ เป็นต้น นาโนเทคโนโลยีเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสมบัติทางกายภาพของเส้นใยได้ เช่น ต้านเชื้อแบคทีเรีย กันน้ำ กันความสกปรก กันยับ ต้านรังสี อินฟราเรด ทนไฟ ช่วยในการติดสีย้อมและเพิ่มความคงทนของสี ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง [1] ซึ่งสอดคล้องกับ Feng and others [2] กล่าวว่า การปรับปรุงสมบัติของเส้นใยพอลิเมอร์ด้วยอนุภาคนาโน เช่น อนุภาคนาโนของสารอินทรีย์กับสารอนินทรีย์ สามารถปรับปรุงสมบัติการทนความร้อน ทนไฟ ลดไฟฟ้าสถิตได้สูงกว่าพอลิเมอร์บริสุทธิ์ การเคลือบผิวเส้นใยด้วยอนุภาคนาโนมีผลทำให้สมบัติการติดสีย้อมดีขึ้น ความแข็งแรง การทนต่อการยับและการผ่านของอากาศดีขึ้น Jin and others [3] และ Lamb and others [4] กล่าวว่า การเคลือบผิวหน้าของเส้นใย จะทำให้ผิวของเส้นใยมีสมบัติต้านรังสียูวี ต้านเชื้อแบคทีเรีย และมีสมบัติในการทำความสะอาดตัวเอง (Self-cleaning) การทำความสะอาดตนเองใช้นาโนไททาเนียมไดออกไซด์หรือนาโนซิงค์ออกไซด์เคลือบบนเส้นใย สมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรียใช้นาโนซิลเวอร์ นาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมในประเทศไทย ราคาไม่แพง หากสามารถนำนาโน ซิงค์ออกไซด์มาปรับปรุงสมบัติของเส้นไหมจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผ้าไหม เนื่องจากมีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียดมีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี สามารถป้องกันรังสียูวีเอและยูวีบี ต้านเชื้อแบคทีเรีย ระบายกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ ใช้ในการบำบัดสิ่งแวดล้อม ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสี การที่นาโนซิงค์ออกไซด์สามารถเคลือบบนเส้นใย เนื่องจากเป็นอนุภาคนาโนและมีการกระจายตัวจับกับเส้นใย ดังนั้นการนำเส้นใยที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนมาย้อมด้วยสีธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกใหม่ที่ทำหายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และสร้างจุดขายให้กับผ้าไหม การย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ มีข้อด้อยคือ สีอ่อน เจดสีน้อย ไม่คงทนต่อแสงและการซักล้าง ย้อมแล้วได้สีไม่เหมือนเดิม ดังนั้นการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหา [5] กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าตั้งเดิมตำบลหนองสูงเหนือ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เป็นกลุ่มที่ผลิตผ้าไหมย้อมด้วยสีธรรมชาติที่ได้รับความนิยมไว้วางใจให้นำผลิตภัณฑ์ไปเสนอในงานการประชุมสุดยอดผู้นำกลุ่มสมาชิกประชาชาติเอเชีย ตะวันออกเฉียงใต้ [6] ณ โรงแรมดุสิตธานี อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และคุณนรินทิพย์ สิงหะตา ประธานกลุ่มกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าตั้งเดิมตำบลหนองสูงเหนือ พยายามหารูปแบบและวิธีการใหม่ๆ เพื่อสร้างจุดต่างแล้วนำมาเป็นจุดขายผลิตภัณฑ์อยู่เสมอๆ จึงต้องการให้ผู้วิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์และสร้างจุดขายให้กับผ้าไหม และจากการวิจัยของวิภาวรรณและ อนุสรธา [7] ศึกษาการย้อมไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยสีธรรมชาติแบบผงพบว่า เจดสีของเส้นไหมที่เคลือบ นาโนซิงค์ออกไซด์เข้มข้นกว่าไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ ค่าความคงทนต่อแสงและการซักล้างพบว่าเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์อยู่ในระดับดี (>4) สูงกว่าไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ซึ่งอยู่ในระดับดีปานกลาง (4) แต่ยังไม่มีการศึกษาสมบัติของเส้นไหม เช่น การทนต่อแรงดึงขาด การทนต่อการยับของเนื้อผ้า การเกิดไฟฟ้าสถิต การวัดลมผ่าน การทนต่อความร้อน และไบสาบเสื่อเป็นวัชพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ทุกที่ ทุกฤดูกาลมีปริมาณมาก อีกทั้งยังให้เจดสีที่สวยงาม และเป็นวัตถุดับที่หาง่าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาสมบัติของเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากไบสาบเสื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ ออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ได้ผ้าไหมที่มีสมบัติการทนต่อแรงดึงขาด การทนต่อ

การยับยั้งของเนื้อผ้า การเกิดไฟฟ้าสถิต การวัดลมผ่าน การทนต่อความร้อน เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผ้าไหมและเป็นการนำทรัพยากรในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อผลิตสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ
- 2) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์
- 3) เพื่อศึกษาการย้อมเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ
- 4) เพื่อศึกษาผลของสารช่วยติดสีต่อเจดสีของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ
- 5) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือให้กับผู้ประกอบการ

วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) การผลิตสีผงจากใบสาบเสือ
 - 1.1 เก็บตัวอย่างใบสาบเสือ ชั่งน้ำหนักใบสาบเสือ 100 g เติมน้ำ 300 ml ต้มที่อุณหภูมิ 80-100°C จนปริมาตรลดลง 1 ใน 3 ส่วน
 - 1.2 นำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง
 - 1.3 ทำให้แห้งและเป็นผงสี คำนวณหาร้อยละของผลผลิตได้ (%yield)
 - 1.4 นำสีผงที่ได้ไป Scan ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400–800 nm [5]
- 2) การเคลือบเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์
 - 2.1 เตรียมสารแขวนลอยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 250 ppm
 - 2.2 นำเส้นไหมมาเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยใช้วิธีจุ่มเส้นไหมในสารแขวนลอยและทำให้อนุภาคแห้งและกระจายตัวออกจากกันโดยใช้เครื่อง Ultrasonic แล้วนำไปตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)
- 3) การย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ
 - 3.1 การย้อมเส้นไหมที่ไม่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์
 - (1) ชั่งสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือมา 1.5 g เติมน้ำ 50 ml ชั่งเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มา 1.5 g เติมสารช่วยติดสี 15 ml ย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที ล้างน้ำให้สะอาดจนน้ำล้างสี ผึ่งไหมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเส้นไหมไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976
 - 3.2 การย้อมเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารกระจายตัวพอลิเอทเธอร์ฟอสเฟต
 - (1) ชั่งสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือมา 1.5 g เติมน้ำ 50 ml ชั่งเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารกระจายตัวพอลิเอทเธอร์ฟอสเฟตมา 1.5 g เติมสารช่วยติดสี 15 ml ย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที ล้างน้ำให้สะอาดจนน้ำล้างสี ผึ่งไหมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเส้นไหมไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976

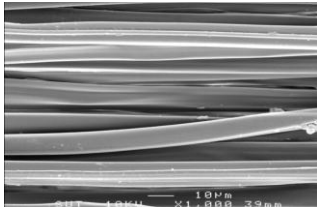
3.3 การย้อมเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารกระจายตัวอะคริลิก

(1) ชั่งผงสีธรรมชาติจากใบสาบเสือ 1.5 g เติมน้ำ 50 ml ชั่งเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารกระจายตัวอะคริลิกมา 1.5 g เติมน้ำช่วยติดสี 15 ml ย้อมที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที ล้างน้ำให้สะอาดจนน้ำล้างใส ผึ่งไหมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเส้นไหมไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976

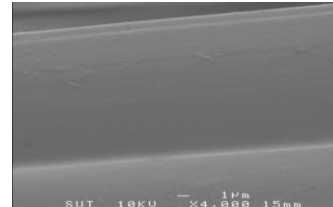
4) นำเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์และเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ไปตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) ทดสอบการทนต่อความร้อน (TGA, DTG) ที่คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

5) นำเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์และเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือไปทอเป็นผืน เพื่อศึกษาการซึมผ่านของอากาศ การต้านไฟฟ้าสถิต และการคืนตัวของเนื้อผ้า ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรุงเทพมหานคร

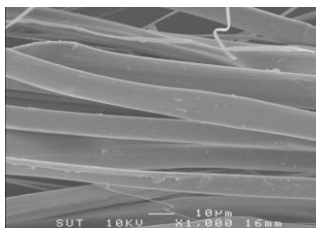
ผลการวิจัย



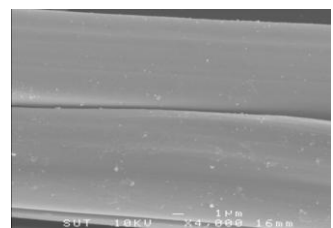
ภาพที่ 1 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์กำลังขยาย 1,000 เท่า



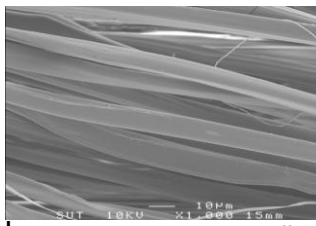
ภาพที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์กำลังขยาย 4,000 เท่า



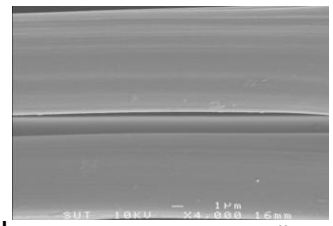
ภาพที่ 3 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิเอเทอร์ฟอสเฟตกำลังขยาย 1,000 เท่า



ภาพที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิเอเทอร์ฟอสเฟตกำลังขยาย 4,000 เท่า



ภาพที่ 5 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกกำลังขยาย 1,000 เท่า









ภาพที่ 6 ภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกกำลังขยาย 4,000 เท่า

ที่มา: ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554



จากภาพที่ 1-6 เมื่อนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์และเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวฟอโตลิโธกราฟีและอะคริลิกไปศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง SEM พบว่า เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวฟอโตลิโธกราฟีจะมีพื้นที่ขรุขระมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ [7] ดังนั้นจึงทำให้เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถดูดซับสีบนเส้นไหมได้มากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ ส่วนเส้นไหมที่เคลือบซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกไม่พบอนุภาคของนาโนซิงค์ออกไซด์บนเส้นไหม

ตารางที่ 1 ค่าความเข้มสีและเจดสีของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือเติมสารช่วยติดสีชนิดต่างๆ

ชนิดของสารช่วยติดสี	ค่าความเข้มสีของเส้นไหม				เจดสีของเส้นไหม
	L*	a*	b*	K/S	
มะขาม	65.71	5.28	41.43	3.83	
จุนสี	42.04	6.89	20.39	3.24	
สนิมเหล็ก	38.34	0.9	13.37	3.25	
ขี้เถ้า	52.74	16.88	28.30	5.44	
สารส้ม	69.67	3.99	38.42	5.68	
เกลือ	60.97	10.77	38.90	4.43	


ที่มา : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2554.

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มสีและเจดสีของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวฟอโตลิโธกราฟีย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือเติมสารช่วยติดสีชนิดต่างๆ

ชนิดของสารช่วยติดสี	ค่าความเข้มสีของเส้นไหม				เจดสีของเส้นไหม
	L*	a*	b*	K/S	
มะขาม	58.99	8.63	38.56	3.76	
จุนสี	39.86	7.29	19.96	3.41	
สนิมเหล็ก	37.77	1.33	12.42	6.04	
ขี้เถ้า	53.62	17.01	30.12	4.70	
สารส้ม	67.33	6.23	38.99	5.75	
เกลือ	55.57	12.00	38.83	3.45	

ที่มา : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2554.

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มสีและเจดสีของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัว
อะคริลิกย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสบาเสื่อเดิมสารช่วยติดสีชนิดต่าง ๆ

ชนิดของสาร ช่วยติดสี	ค่าความเข้มสีของเส้นไหม				เจดสีของเส้น ไหม
	L*	a*	b*	K/S	
มะขาม	68.20	3.78	39.10	4.03	
จุนสี	38.02	10.37	20.58	2.92	
สนิมเหล็ก	37.77	1.57	12.80	3.55	
ขี้เถ้า	56.81	15.32	31.63	5.73	
สารส้ม	67.55	5.47	41.10	6.08	
เกลือ	62.91	8.78	41.53	4.22	

ที่มา : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2554.

จากตารางที่ 1-3 พบว่า เส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสบาเสื่อมีความสว่าง (L*) สูงสุด เท่ากับ 69.67 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดสี ส่วนเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีความเข้มสี (K/S) สูงสุด เท่ากับ 6.08 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดสี

ตารางที่ 4 ความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักของเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผง
จากใบสบาเสื่อเดิมสารช่วยติดสีต่าง ๆ

ชนิดของ สารช่วย ติดสี	ชนิดของเส้นไหม					
	ไม่เคลือบ นาโนซิงค์ออกไซด์		เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ใน สารช่วยกระจายตัวอะคริลิก		เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ ในสารช่วยกระจายตัว พอลิเอเทอร์ฟอสเฟต	
	ความคงทน ของสีต่อแสง	ความคงทน ของสีต่อการ ซัก	ความคงทน ของสีต่อแสง	ความคงทน ของสีต่อการซัก	ความคงทน ของสีต่อ แสง	ความคงทน ของสีต่อการ ซัก
สนิมเหล็ก	>4	4	>4	4	> 4	4
สารส้ม	4	4	4	4	>4	4
จุนสี	>4	4	>4	4	4	4

ที่มา : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2554.

จากตารางที่ 4 พบว่า เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (>4), ดีปานกลาง (4) และดี (>4) เมื่อเติมสกินนิมเหล็ก สารส้มและจุนสีเป็นสารช่วยติดสีตามลำดับ เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิก มีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (>4), ดีปานกลาง (4) และดี (>4) ตามลำดับ เมื่อเติมสกินนิมเหล็ก สารส้มและจุนสีเป็นสารช่วยติดสีตามลำดับ และเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟต มีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับดี (>4), ดี (>4) และดีปานกลาง (4) เมื่อเติมสกินนิมเหล็ก สารส้มและจุนสีเป็นสารช่วยติดสี ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล/

การผลิตสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือได้ค่า %yield เท่ากับ 5.3774 และสีธรรมชาติแบบผงที่ได้ให้สีน้ำตาลแดง เมื่อนำสีธรรมชาติแบบผงที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่องUV-visible spectrophotometer พบว่า ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ของสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือมีค่าเท่ากับ 348.26 nm การศึกษาการกระจายตัวของนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและอะคริลิกที่ความเข้มข้น 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm และ 1500 ppm พบว่า ที่ความเข้มข้น 250 ppm มีการกระจายตัวของนาโนซิงค์ออกไซด์ทั้งในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟตและอะคริลิก การย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ เมื่อนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบนาโนซิงค์ ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ วัดความเข้มของสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976 พบว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีมีค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุดเท่ากับ 5.68 และมีความค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุดคือ 69.67 ส่วนเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟต โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี มีค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุด เท่ากับ 5.75 และมีความค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุดคือ 67.33 เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิก โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี มีค่าความเข้มสี (K/S) สูงสุดเท่ากับ 6.08 และมีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุดคือ 68.20 เมื่อใช้มะขามเป็นสารช่วยติดสี

เมื่อนำเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือไปวัดค่าความคงทนของสีต่อแสง (Light fastness) ตามมาตรฐาน ISO105-BO2:1994(E) และความคงทนของสีต่อการซัก (Wash fastness) ตามมาตรฐาน ISO 105 - C10:2006 (E) พบว่า เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (>4) เมื่อเติมสกินนิมเหล็กและจุนสีเป็นสารช่วยติดสี ส่วนเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิก มีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (>4) เมื่อเติมสกินนิมเหล็กและจุนสีเป็นสารช่วยติดสี ส่วนเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอีเทอร์ฟอสเฟต มีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดี (>4) เมื่อเติมสกินนิมเหล็กและสารส้มเป็นสารช่วยติดสี เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าความคงทนของสีต่อการซักมากที่สุดระดับดีปานกลาง (4) ส่วนเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกและพอลิอีเทอร์ฟอสเฟต มีค่าความคงทนของสีต่อการซักในระดับดีปานกลาง (4)

เมื่อนำเส้นไหมไปทดสอบค่าการซึมผ่านของอากาศพบว่า ผ้าไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีมีค่าการซึมผ่านของ

อากาศมากที่สุดเท่ากับ 4.11 ลบ.ซม./วินาที/ตร.ซม. ส่วนผ้าไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอียูรีเทอร์ฟอสเฟตมีค่าการซึมผ่านอากาศน้อยที่สุด 0.92 ลบ.ซม./วินาที/ตร.ซม. ค่าแรงดึงขาดของเนื้อผ้าของเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือพบว่า เส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าแรงดึงขาดโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.54 N และเส้นไหมที่เคลือบซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอียูรีเทอร์ฟอสเฟตมีค่าแรงดึงขาดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.21 N และเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีค่าแรงดึงขาดน้อยที่สุดคือ 6.12 N ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yadav and others [1] และสอดคล้องกับผลการวิจัยของศรียา สูตรประสิทธิ์ [8] ได้ทำการศึกษาค่าความแข็งแรงของเส้นไหม พบว่าเส้นไหมที่ไม่ได้ย้อมสีมีค่าแรงดึงขาดในแนวเส้นด้ายยืนเฉลี่ยเท่ากับ 672.12 N ส่วนเส้นไหมที่ผ่านการย้อมสีมีค่าแรงดึงขาดในแนวเส้นด้ายยืนเฉลี่ยเท่ากับ 411.56 N ซึ่งแรงดึงขาดของเส้นไหมที่ผ่านการย้อมแล้วจะมีค่าน้อยกว่าเส้นไหมที่ไม่ผ่านการย้อมสี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของอรุทิตา แสงสิงห์ [9] ซึ่งได้ทำการศึกษาค่าแรงดึงขาดของเส้นไหมที่เคลือบและไม่เคลือบซิลิกาพบว่า เส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกาจะมีค่าแรงดึงขาดมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา แสดงว่าเส้นไหมเมื่อผ่านการย้อมสีแล้วจะมีค่าแรงดึงขาดลดลง

ค่าการต้านไฟฟ้าสถิตของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดสีพบว่า เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีค่าการต้านไฟฟ้าสถิตมากที่สุดคือ 355.8×10^{10} Ohm เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอียูรีเทอร์ฟอสเฟตและไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่า 335.6 $\times 10^{10}$ Ohm และ 355.2 $\times 10^{10}$ Ohm ตามลำดับ

ค่าการคืนตัวจากรอยยับของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีพบว่า ค่าการคืนตัวจากรอยยับของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 148.25 องศา ส่วนเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวพอลิอียูรีเทอร์ฟอสเฟตและเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารช่วยกระจายตัวอะคริลิกมีค่าใกล้เคียงกันคือ 145.25 องศาและ 145.75 องศา ตามลำดับ ซึ่งค่าการคืนตัวจากรอยยับตามมาตรฐานควรมีค่ามากกว่า 120 องศา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ทูนักวิจัยมหบัณฑิตโครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทูน สกว.- อุตสาหกรรม (MAG-Window I) ประจำปี 2553 ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าดั้งเดิม อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร คุณนรินทร์พิทย์ สิงหะตาและสมาชิกกลุ่มทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ร่วมมือเป็นผู้ประกอบการและให้คำแนะนำตลอดจนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yadav, A.; et al. (2006). *Functional Finishing in Cotton Fabrics using Zinc Oxide Nanoparticles*. n.p.
- [2] Feng, Xin-Xing; et al. (2006). *Preparation and Characterization of Novel Nanocomposite Films from Silk Fibroin and nano-TiO₂*. p105–b111. n.p.
- [3] Jin, H.; Liu, L; & Gu, L. (2006). *Proc. Shanghai: TIWC*.
- [4] Lamb, R.; et al. (2004). *Proc. Shanghai: TIWC*.

- [5] สุดาพร ตั้งควนิช และคณะ. (2551). *การพัฒนาการย้อม สีธรรมชาติในรูปแบบผงสำหรับอุตสาหกรรมผ้าฝ้ายและผ้าไหมในเขตจังหวัดอุบลราชธานี*. อุบลราชธานี: สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [6] นรินทิพย์ สิงหะตา. (2551). *ผ้าหมักโคลนย้อมสีธรรมชาติ*. มุกดาหาร: กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าดั้งเดิม.
- [7] วิภาวรรณ ประไพ; และ อนุสตรา การะวงศ์. (2552). *การพัฒนาการย้อมไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยสีย้อมธรรมชาติแบบผง*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์). อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [8] ศรียา สุตรประสิทธิ์. (2551). *สมบัติทางกายภาพของไหม*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [9] อรทิดา แสงสิงห์. (2552). *การพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากสับู่เลือด*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

SWU6-1016: การวิเคราะห์และเพิ่มคุณภาพพลอยสปิเนลธรรมชาติสีแดงโดยเทคนิค ลำไอออน

CHARACTERIZATION AND MODIFICATION OF NATURAL RED SPINELS BY ION BEAM TECHNIQUES

บุษบากร ศรีสถาพร^{1*}, ดวงแข บุตรภูกุล^{1,4}, อัมพร จันทร์คำมา², เสวต อินทศิริ^{3,4}, สมศรี สิงขรัตน์^{2,4}

Budsabakorn Srisataporn^{1*}, Duangkhae Bootkul^{1,4}, Umporn Juncomma², Saweat Intarasiri^{3,4}, Somsorn Singkarat^{2,4}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่

²Plasma and Beam Physics Research Facility, Department of Physics and Materials Science, Faculty of
Science, Chiang Mai University, Thailand.

³สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

³Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Thailand.

⁴ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

⁴Thailand Center of Excellence in Physics, CHE, Thailand

*Corresponding author, E-mail: meaw_mercury@hotmail.com

บทคัดย่อ

พลอยสปิเนลโดยทั่วไปมีหลากหลายสี แต่สีแดงเข้มสดซึ่งเป็นสีที่มีมูลค่าทางการตลาดสูงมีจำนวนน้อยมาก พลอยดิบสีแดงที่พบส่วนใหญ่เป็นสีแดงไม่เข้ม เนื่องจากมีสีอื่นเจือปนอยู่ เช่น สีแดงแกมส้ม สีแดงแกมน้ำตาล สีแดงแกมม่วง อีกทั้งมีการเจือปนของของเหลวและก๊าซในโครงสร้างผลึกจำนวนมาก ทำให้พลอยดูไม่สะอาด เกิดการกระจายแสงไม่สมบูรณ์ ส่งผลต่อความสดและความอึดตัวของสี ซึ่งมีผลต่อมูลค่าของพลอยเป้าหมายของงานวิจัยนี้ จึงเป็นการวิเคราะห์พลอยกลุ่มสีแดง ที่มีสีรองปนและความใสสะอาดต่ำ ทำให้พลอยกลุ่มนี้มีมูลค่าการตลาดต่ำกว่าสปิเนลสีแดงสดมาก เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณของธาตุเจือที่มีผลต่อสีที่ปนมานี้ และศึกษากระบวนการลดปริมาณสีรอง และเพิ่มความอึดตัวของสีและเพิ่มความสะอาดให้พลอย โดยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยลำไอออน ได้แก่ Particle Induced X-ray Emission (PIXE) ซึ่งเป็นการตรวจวัดการ emission จาก characteristic x-ray ของอะตอมธาตุเจือแต่ละธาตุจากการถูกชนด้วยโปรตรอนพลังงานสูง ซึ่งสามารถทำให้ตรวจสอบปริมาณของธาตุต่างๆ ที่มีการเจือปนอยู่ในปริมาณที่น้อยมากๆ ได้ และเทคนิค Ionoluminescence (IL) ซึ่งเป็นการตรวจวัดการเปล่งแสงของแร่ผลึกและข้อบกพร่องในพลอย จากการกระตุ้นด้วยโปรตรอนพลังงานสูง นอกจากนั้น เพื่อให้เป็นทางเลือกที่แตกต่างจากการเพิ่มคุณภาพโดยการเผาพลอย งานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้เทคนิคการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสีพลอยด้วยลำไอออนหนักพลังงานต่ำ ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า ให้ผลดีกับพลอยสปิเนลจากประเทศพม่า สามารถปรับให้สปิเนลที่มีสีน้ำตาลเป็นสีรอง ให้เหลือเพียงสีแดงสดได้ รวมถึงสามารถกำจัดมลทินที่เป็นของเหลวและก๊าซได้ ทำให้พลอยมีสีที่มีความอึดตัวเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: สปิเนล สี ธาตุเจือ การวิเคราะห์ด้วยลำไอออน การกระตุ้นด้วยลำไอออน

Abstract

Natural spinels ($MgAl_2O_4$) can be found in several colors in resemble to corundums; e.g. rubies and sapphires. In particular, spinels of clarity saturated red appearance, called spinel-rubies or balas rubies, are the most appreciate. However, the beautiful rich reds spinels are very rare; they can be found in a range of pastel shades blended with brown, orange and purple. Another obstacle for applying them into jewelry industry is that the submicroscopic inclusions of structurally-incorporated a few ppm water and gaseous in defect structure of both octahedral and tetrahedral O–O edges of spinels. This inclusions cause light scattering, results in a slightly sleepy to quite cloudy appearance of a faceted gemstone. Therefore, the objectives of the present studies are to investigate the cause of the color blending and water and gaseous incorporation in spinels. A non destructive advanced ion beam analysis techniques; Particle Induced X-ray Emission (PIXE) and Iono-luminescence (IL), have been employed for geochemical analysis of the stones. PIXE is powerful, fast and relatively simple analytical technique that can be used to identify and quantify trace elements. IL likewise is potentially a highly sensitive method for measuring optically active impurities and defects in samples. Low energy ion implanters have been applied for implanting various ion species at various fluencies to the stones for improving their color qualities. As a new alteration technique, ion beam treatment was applied for the optical appearance and color enhancement in deep brownish red Burmese spinels. It was found that the micro-inclusions has almost been disappeared, resulting in clarity enhancement, and also their color has been changed, after ion beam treatment.

Keywords: Spinel, Color, Trace Elements, Ion Beam Analysis, Ion Beam Bombardment

บทนำ

พลอยสปิเนลจากธรรมชาติ เป็นอัญมณีที่ได้รับความนิยมมาก มีศักยภาพทางการตลาดสูงชัน้อย่างต่อเนื่อง มีคุณสมบัติหลายประการคล้ายพลอยตระกูลออร์นิตัม เช่น มีความสวยงาม หลากสี ความน่าสนใจที่มากกว่าคือ มีความใส มลทินน้อย โดยเฉพาะสปิเนลสีแดงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพลอยทับทิมหลายประการ เช่น สีแดง มีความแข็งแปดรองจากทับทิมคือเก้า มีสิ่งแปลกปลอมที่อยู่ภายในคล้ายกัน และยังมีเกิดร่วมกัน นอกจากนี้พลอยดิบที่พบมักมีขนาดใหญ่และหาได้ง่ายกว่า อีกทั้งมีราคาไม่สูงเท่าทับทิม สปิเนลที่มีสีแดงเข้มสด เรียกว่า Ruby spinel นิยมนำมาเป็นอัญมณีทดแทนทับทิม พ่อค้าพลอยรู้จักในชื่อของพลอยแดงเนื้ออ่อน สปิเนลมีระบบผลึกเป็นระบบไอโซเมตริก (Isometric System) รูปแบบผลึกที่พบจะเป็นแบบทรงแปดหน้า (Octahedron) บางครั้งพบเป็นรูปลูกบาศก์ (Cubic) และรูปทรงสิบสองหน้า (Dodecahedron) หรือ ผลึกแฝดที่เรียกว่า แฝดสปิเนล (Spinel twin) สูตรทางเคมีของสปิเนลคือ $MgAl_2O_4$ ในตำแหน่ง divalent $-Mg^{2+}$ สามารถถูกแทนที่อย่างสมบูรณ์ได้โดย Fe^{2+} , Zn^{2+} และ/หรือ Mn^{2+} โดยมีสูตรทางเคมีเป็น (Mg, Fe, Zn, Mn) Al_2O_4 นอกจากนั้นในตำแหน่ง trivalent $-Al^{3+}$ สามารถถูกแทนที่อย่างสมบูรณ์ได้โดย Fe^{3+} , Cr^{3+} ทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุทำให้สปิเนลมีสีแตกต่างกัน โดยที่สีแดง สีชมพู และสีม่วง เกิดจาก Cr^{3+} เข้าไปแทนที่ Al ส่วนสีน้ำเงินเกิดจาก Fe^{3+} เข้าไปแทนที่ Al ถ้ามี Co^{3+} ร่วมด้วยจะทำให้มีสีน้ำเงินสด สปิเนลสีเขียวเกิดจาก Fe^{2+} เข้าไปแทนที่ Mg ส่วนสีเหลืองจาก Fe^{2+} เข้าไปแทนที่ Mg สีเนลสีส้มเกิดจาก Fe^{2+} เข้าไปแทนที่ Mg ที่มี Cr ร่วมด้วย และสีดำเกิดจาก Fe^{2+} เข้าไปแทนที่ Mg จนหมด [1]

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์และเพิ่มคุณภาพสปีเนลพบว่า มีน้อยมาก อาจจะเป็นเนื่องจากสปีเนลมักมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์ มีการเจือปนของของเหลวและก๊าซในขณะก่อตัว ทำให้พลอยชนิดนี้แตกหักได้ง่าย แม้จะพบพลอยสปีเนลดิบขนาดใหญ่ได้ไม่ยาก แต่มักมีสีที่ไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน ผู้ประกอบการจึงมักจะเลือกตัดขึ้นรูปเฉพาะส่วนที่สวยงามที่สุด ทำให้หลังเจียรระโนมีการสูญเสียน้ำหนักไปจำนวนมาก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จึงประกอบด้วยงานวิจัย 2 ส่วนคือ (1) การวิเคราะห์ และ (2) การปรับปรุงคุณภาพ พลอยกลุ่มสีแดงที่มีสีรองปนและความใสสะอาดต่ำ ในการวิเคราะห์ ใช้การวิเคราะห์ด้วยลำไอออน จากเทคนิค Particle Induced X-ray Emission (PIXE) ซึ่งเป็นการตรวจวัดการ emission จาก characteristic x-ray ของอะตอมธาตุเจือแต่ละธาตุจากการถูกชนด้วยโปรตรอนพลังงานสูง ที่สามารถตรวจสอบปริมาณของธาตุต่างๆ ที่มีการเจือปนอยู่ในปริมาณที่น้อยมากๆ ได้ และ จากเทคนิค Ionoluminescence (IL) ซึ่งเป็นการตรวจวัดการเปล่งแสงของแร่มลทินและข้อบกพร่องในพลอย (defect) ด้วยการกระตุ้นด้วยโปรตรอนพลังงานสูง ซึ่งการใช้เทคนิควิเคราะห์ด้วยลำไอออนนี้ มีข้อดีคือเป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่ทำลาย สามารถกำหนดตำแหน่งวิเคราะห์ขนาดเล็กๆ เป็นจุดได้ ทำให้สามารถวัดการกระจายตัวของธาตุเจือในพลอยที่มีความแม่นยำสูง ผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ร่วมกับวิธี UV-Vis spectrometer เพื่อสร้างฐานข้อมูล สำหรับการเพิ่มคุณภาพพลอย ที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

การเพิ่มคุณภาพพลอยมักใช้การเผาให้ความร้อน (Heat treatment) ในกรณีของสปีเนลพบว่า พลอยส่วนมากจะแตกเมื่อถูกเผาด้วยความร้อนสูง [2] ดังนั้นเพื่อให้เป็นทางเลือกที่แตกต่างจากการเผาพลอย งานวิจัยนี้จึงทดลองใช้เทคนิคการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสีสปีเนลด้วยลำไอออนหนักพลังงานต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เทคนิคไอออนอิมพลานเตชันมักนำมาใช้ในการฝังอนุภาคเข้าไปในเนื้อวัสดุ เพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุ ให้มีสมบัติผสมระหว่างเนื้อวัสดุเดิมและอนุภาคที่ฝังเข้าไปใหม่ อย่างไรก็ตามพลังงานของไอออนที่สูงมากนี้ มักก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค ซึ่งจากผลการทดลองก่อนหน้านี้กับพลอยตระกูลคอร์นดัมพบว่า [3-4] ชั้นแรกไอออนอิมพลานเตชันมีส่วนช่วยในการขัดผิวให้กับพลอย โดยผิวของพลอยถูกขัด ทำให้พลอยสดใสและแวววาวขึ้น หลังจากนั้น เมื่อทดลองกับไพลินแอฟริกาที่เป็นไพลินสีเข้มทึบแสง หลังไอออนอิมพลานเตชันด้วยไนโตรเจนพบว่า ผลจากพลังงานของไอออน ทำให้มีการกระจายของมลทินที่เป็นเส้นเข็มสีขาวทั่วทั้งก้อนผลึกหายไป ได้พลอยที่มีสีขาวสะอาดและโปร่งแสงขึ้น ในกรณีของทับทิม (ruby) สีแดงอมม่วง หลังไอออนอิมพลานเตชันด้วยออกซิเจนพบว่า สีน้ำเงินเจือจางลงหรือหายไป ผลที่ได้คือทับทิมสีแดงสด ส่วนไพลิน (blue sapphire) ที่มีสีน้ำเงินอมเขียว หลังไอออนอิมพลานเตชันด้วยไนโตรเจนพบว่า มีสีน้ำเงินเข้มขึ้น สีเขียวเจือจางลงเกือบหายไป สำหรับกรณีของบุษราคัม (yellow sapphire) ที่สีอ่อนค่อนข้างมาก หรือที่มีสีเหลืองกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ หลังพลาสมาอิมพลานเตชันด้วยออกซิเจน ทำให้สีเหลืองไปรวมกันเข้มและสดขึ้นในบางบริเวณจนเป็นกลุ่ม และยังทำให้มีการโปร่งแสงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ พลาสมาอิมพลานเตชันด้วยออกซิเจน ยังมีผลทำให้พลอยเซอร์คอนมีสีอ่อนลง ส่วนผลต่อพลอยทับทิมทำให้มีสีแดงเข้มขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสปีเนลสีแดง เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าดัชนีหักเห
2. ศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสงของสปีเนลสีแดง โดยใช้เทคนิค UV-Vis spectroscopy
3. ศึกษาสมบัติทางจุลภาคของสปีเนลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยลำไอออน เพื่อให้รู้ถึงปริมาณธาตุเจือ (Trace elements) และสมบัติการเปล่งแสงของสปีเนล
4. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจือในสปีเนลสีแดง และสีที่ปรากฏตามสีมาตรฐานของ GIA
5. เพื่อทดลองปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้เทคนิคไอออนอิมพลานเตชัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. คัดเลือกพลอยสปิเนลจากประเทศพม่า เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น น้ำหนัก ค่าดัชนีหักเห และค่าความถ่วงจำเพาะ
2. จัดกลุ่มลักษณะทางกายภาพทั่วไป เช่น กลุ่มของสี ความสว่าง และระดับความอึมตัวของสี จากชุดเทียบสีมาตรฐานของ GIA (Gemological Institute of America)
3. วิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสง และลักษณะธาตุองค์ประกอบด้วย UV-Vis spectroscopy
4. วิเคราะห์ปริมาณแร่มลทินและปริมาณธาตุร่องรอยโดยใช้เทคนิค Particle Induced X-ray Emission (PIXE)
5. วิเคราะห์รูปแบบการเปล่งแสงโดยใช้เทคนิค Ionoluminescence (IL)
6. ไอออนอิมพลานเตชัน ด้วยลำไอออนหนักพลังงานต่ำ

ผลการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า เนื่องจากเป็นแหล่งนำเข้าพลอยที่สำคัญของไทย คุณภาพของพลอยเป็นที่ยอมรับของตลาด รวมทั้งมีปริมาณของพลอยดิบเป็นจำนวนมาก ผลการวิจัยพอสรุปได้ดังนี้

ลักษณะทางกายภาพของสปิเนล

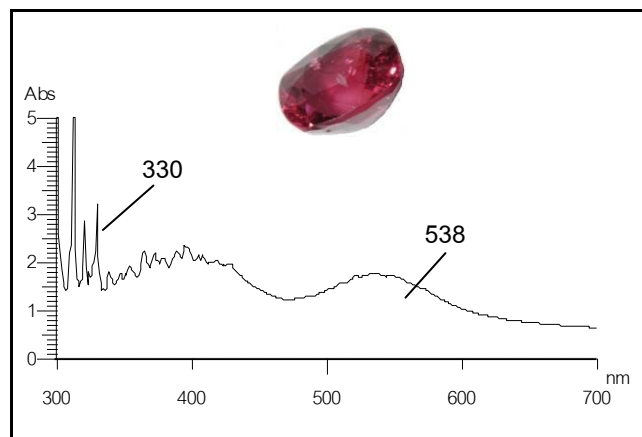
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพพลอยเป็นการตรวจสอบพื้นฐาน เนื่องจากพลอยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคงที่ อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงแคบๆ ตามองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่บริสุทธิ์ และ/หรือความไม่สมบูรณ์ทางผลึก ซึ่งเป็นปกติของพลอยจากธรรมชาติ คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าดัชนีหักเห (Refractive Index) การเรืองแสง (Fluorescence) ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet : UV) คลื่นสั้น (Short-Wave UV : SWUV) และคลื่นยาว (Long-Wave UV : LWUV) โดยใช้แสงจากหลอดแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV Lamp) ดูการเรืองแสงภายในกล่องมืดภายในทาสีดำ (UV Box) เนื่องจากการเรืองแสงเกิดจากปฏิกิริยาของธาตุในพลอยที่มีต่อแสงความยาวคลื่นต่างๆ ไม่เหมือนกัน ผลการทดลองสามารถสรุปตามลักษณะทางกายภาพตามตารางที่ 1 จากคุณสมบัติเฉพาะเหล่านี้สามารถตรวจแยกพลอยได้เป็นเบื้องต้น โดยสปิเนลจะมีค่าถ่วงจำเพาะประมาณ 3.6 และมีค่าดัชนีหักเหประมาณ 1.7 สอดคล้องกับทฤษฎีทั่วไป เมื่อคัดเลือกตัวอย่างพลอยดิบสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า ผ่านการเจียรไนแล้วรวมทั้งหมด 15 เม็ด น้ำหนัก 0.91-1.50 กะรัต ส่วนใหญ่มีสีหลัก (Hue หรือ สีที่มองเห็นจากพลอย) เป็นสีแดงถึงแดงเข้ม มีความแตกต่างกันในสีรอง เช่น สีน้ำตาลต่างกัน มี Tone (ความมืดหรือความสว่างของสีพลอย) อยู่ในช่วง Medium dark ถึง Dark และมีความอิ่มตัวของสีพลอยอยู่ในช่วง very slightly grayish ถึง strong เมื่อทดสอบการเรืองแสงพบว่า จะมีการเรืองแสงอ่อนถึงมาก มีสีแดงและส้มภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงคลื่นยาว และไม่เรืองแสงถึงเรืองแสงอ่อน สีแดงแกมส้มภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงในคลื่นสั้น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพลอยสปิเนลธรรมชาติ เมื่อทดสอบตัวอย่างด้วย UV lamp พบว่า ตัวอย่างมีการเรืองแสงสีแดงปานกลางถึงมากภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงคลื่นยาว ในขณะที่ภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงคลื่นสั้นนั้น พบว่าตัวอย่างไม่เรืองแสงถึงเรืองแสงสีแดงอ่อน

ตารางที่ 1 สรุปลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางอัญมณีของตัวอย่างสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า

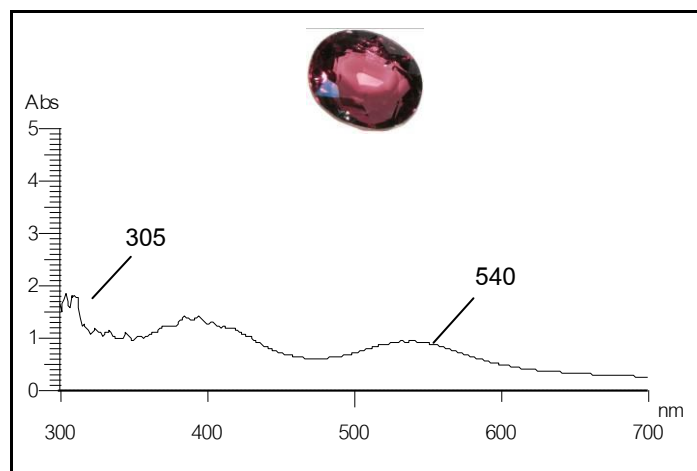
Number	Observation	Size (ct.)	Refractive Index	Specific Gravity	Long Wave UV	Short Wave UV
1		1.044	1.715	3.64	Strong Red	Inert
2		1.323	1.712	3.60	Moderate Red	Inert
3		0.990	1.715	3.61	Moderate Red	Weak Red
4		0.918	1.715	3.63	Strong Red	Inert
5		1.506	1.712	3.59	Strong Red	Inert
6		1.118	1.705	3.62	Moderate Red	Inert
7		1.279	1.715	3.60	Strong Red	Weak Red
8		1.116	1.705	3.60	Moderate Red	Inert
9		1.183	1.712	3.63	Strong Red	Inert
10		1.470	1.705	3.62	Strong Red	Inert
11		1.156	1.715	3.61	Moderate Red	Inert
12		1.112	1.715	3.61	Moderate Red	Inert
13		1.136	1.705	3.61	Moderate Red	Inert
14		1.469	1.705	3.60	Strong Red	Inert
15		1.251	1.715	3.63	Strong Red	Inert

การดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR

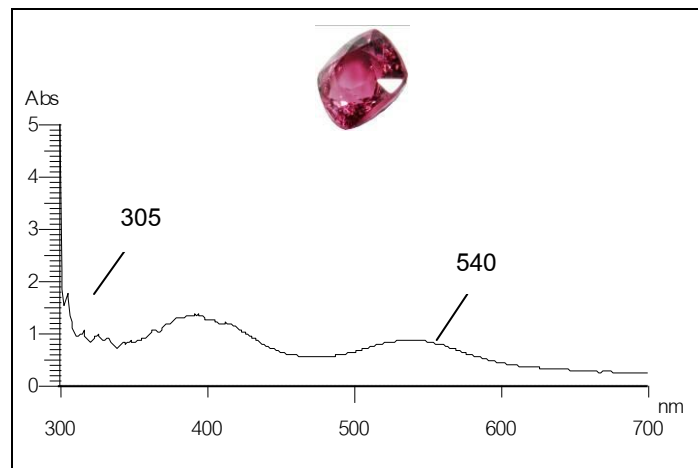
สมบัติการดูดกลืนแสงของพลอยสามารถวิเคราะห์ชนิดของธาตุได้ โดยใช้หลักการการดูดกลืนแสงของสารประกอบที่สามารถตรวจวัดได้ในช่วงคลื่น UV-Visible-Near IR ทั้งนี้เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัตถุจะพบว่า แสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนผ่านทะลุออกไป เมื่อวิเคราะห์แสงที่ทะลุออกไปนั้น จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) อิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องคือ อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดหรืออิเล็กตรอนที่เกิดพันธะแล้ว หรืออิเล็กตรอนที่ยังไม่เกิดพันธะ ซึ่งแต่ละชนิดจะใช้พลังงานแตกต่างกัน เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR ของสปinel สีแดงจากประเทศพม่า โดยใช้เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer แบบลำแสงคู่ ที่มีระบบ double blazed grating และ double monochromator ทำให้มีค่าการรบกวนแสงต่ำพบว่า สเปกตรัมที่ได้มีลักษณะคล้ายกันดังแสดงในภาพที่ 1-3 คือ แสดงการดูดกลืนของ Fe^{3+} ที่ตำแหน่ง 305-330 nm และแสดงการดูดกลืนของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 537-542 nm สอดคล้องกับการเกิดสีของสปinel ที่มีสาเหตุมาจากการดูดกลืนของธาตุ Cr^{3+} และ Fe^{3+} [5]



ภาพที่ 1 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR ของสปinelสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 1)



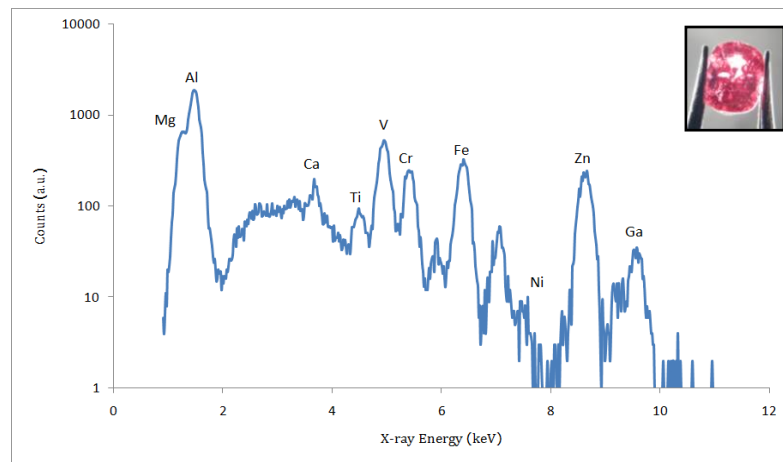
ภาพที่ 2 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR ของสปinelสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 2)



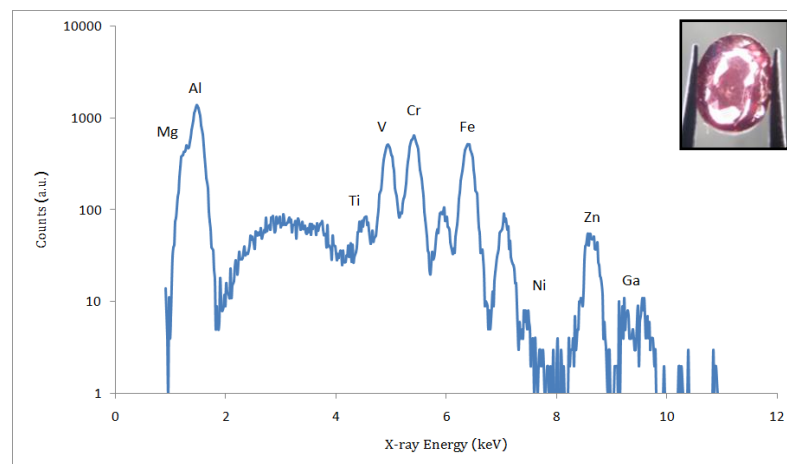
ภาพที่ 3 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR ของสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 3)

การวัดปริมาณธาตุเจือ (Trace elements)

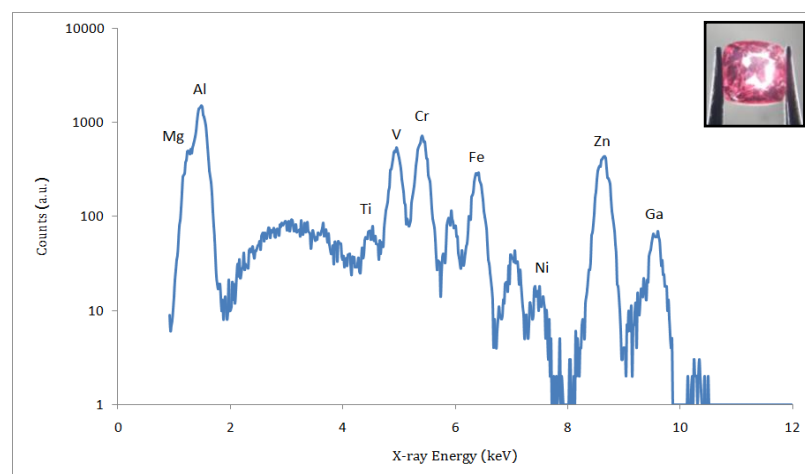
องค์ประกอบทางเคมีของสปิเนลจะประกอบด้วยกลุ่มของธาตุหลักและธาตุที่ให้สีต่างๆ ชนิดและสัดส่วนของธาตุหลักมีผลต่อโครงสร้างผลึก ส่วนชนิดและปริมาณของธาตุเจือจะมีผลต่อสีที่ปรากฏ ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PIXE ได้กลายเป็นเทคนิคมาตรฐาน ที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางหลายวงการ เพราะมีลักษณะเด่นเหนือเทคนิคอื่น คือสามารถวิเคราะห์ได้หลายธาตุในคราวเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องระบุว่ายากวัดธาตุอะไรก่อน และเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายวัสดุตัวอย่าง และใช้เวลาสั้น ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ สามารถนำไปสนับสนุนการเกิดสีต่างๆ ซึ่งเป็นสีรองในสปิเนลสีแดงได้ หลักการของเทคนิค PIXE จะตรวจวัดรังสีเอกซ์ที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยลำอนุภาคกระสุนที่มีพลังงานอยู่ในเรอิน MeV โดยอนุภาคกระสุนที่วิ่งเข้าชนวัสดุตัวอย่างจะผลึกให้ orbital electron วงในๆ หลุดออกไปจากวงโคจรรอบนิวเคลียส ทำให้อะตอมต้องมีการปรับตัวโดย orbital electron วงนอกจะเคลื่อนย้ายลงไปแทนที่ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงจากการมีค่าพลังงานที่ติดลบน้อยไปเป็นติดลบมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการปลดปล่อยพลังงานออกไปในรูปของรังสีเอกซ์ที่ไม่ต่อเนื่อง เพราะเกิดระหว่างระดับพลังงานที่มีค่าเฉพาะแน่นอน ซึ่งเรียกว่า characteristic x-ray ซึ่งพลังงานของ characteristic x-ray จะมีค่าเฉพาะของแต่ละธาตุ เมื่อวัดค่าพลังงานของรังสีเอกซ์เหล่านี้ ทำให้สามารถบอกได้ว่าวัสดุตัวอย่างนั้น ประกอบไปด้วยธาตุอะไรบ้าง ผลการวิเคราะห์แสดงเป็นตัวอย่างสเปกตรัมในภาพที่ 4-6 และสรุปผลไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของธาตุในตัวอย่างสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุเจือหลักๆ คือ Si, V, Cr, Fe และ Zn และมีธาตุเจือที่มีปริมาณน้อยๆ คือ Ti, Ni, Ca และ Ga ในกรณีของ Cr พบว่ามีปริมาณอยู่ระหว่าง 400-8,000 ppm ทั้งนี้ธาตุ Cr เป็นธาตุหลักที่ทำให้สปิเนลมีสีแดง



ภาพที่ 4 แสดงสเปกตรัมที่วัดโดยวิธี PIXE ของสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 1)



ภาพที่ 5 แสดงสเปกตรัมที่วัดโดยวิธี PIXE ของสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 2)



ภาพที่ 6 แสดงสเปกตรัมที่วัดโดยวิธี PIXE ของสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า (พลอยหมายเลข 3)

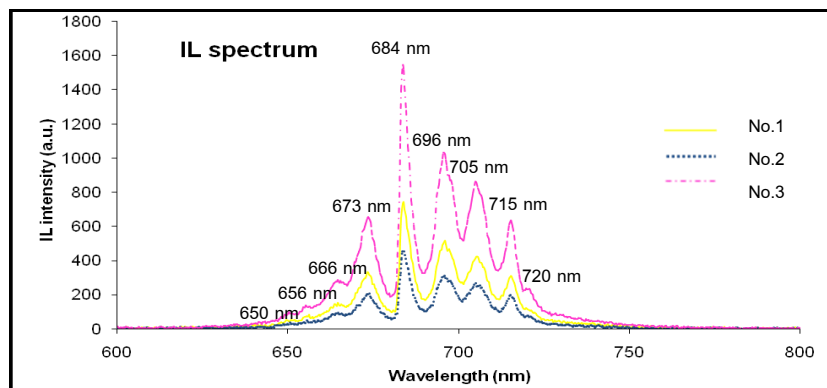
ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหน่วยวัด ppm โดยใช้เทคนิค Particle Induced X-ray Emission (PIXE)

Number	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Fe	Co	Ni	Zn	Ga
1	111784	403582	21009	0	182.9	131.5	266.6	147	1277	441.9	1183	0	32.56	2259	154.9
2	110856	410789	14241	0	0	0	51.76	171.5	1712	2045	2646	0	22.3	675.2	143.7
3	108711	412883	12676	0	120.4	25.58	61.99	129.9	1567	2009	1253	0	95.41	5073	120.1
4	105765	403255	13576	6137	0	36.41	36.09	190.9	1512	4322	2459	0	113.5	5185	269
5	114276	412218	9345	0	0	0	0	766.3	1458	2276	2099	0	26.4	2199	99.73
6	109437	420372	4127	0	0	0	0	338.2	1507	5044	1940	0	0	2621	176.5
7	109073	398603	21579	0	0	0	195.7	433.3	2100	4320	2715	0	0	4372	249.4
8	109016	416304	5965	0	0	37.92	67.89	406.3	1008	4249	3598	0	62.67	5780	181.7
9	110275	404139	11911	0	0	0	0	299.7	1700	1807	1561	0	0	2582	192.3
10	108759	404468	16905	0	102.6	0	39.43	246	1086	2951	2232	0	54.67	8332	147.5
11	106159	410936	11011	0	0	0	49.16	735.5	2110	8063	2193	0	5.238	4375	162.4
12	107355	413312	11180	0	0	102.5	110.4	507.1	2102	6063	2461	52.12	52.07	1096	197.1
13	104512	412574	15893	0	0	0	57.08	337.5	1889	2234	2549	0	0	2897	213.8
14	114567	414442	7440	0	82.18	0	38.58	98.4	2340	2160	2309	0	52.24	1164	211.7
15	106856	408063	13377	0	0	0	45.18	74.15	1438	5864	3451	0	21.77	6788	112.9

การเปล่งแสงจากไอออน (Ionoluminescence)

ในการวิเคราะห์การเปล่งแสงของวัสดุด้วยเทคนิค Ionoluminescence (IL) อนุภาคที่ใช้กระตุ้นเพื่อให้วัสดุตัวอย่างเกิดการเปล่งแสงคือ โปรตอนพลังงานสูง เมื่ออนุภาคกระสุนวิ่งเข้าไปในเนื้อวัสดุตัวอย่าง จะเหนี่ยวนำให้เกิด electron-hole pair ขึ้น กระบวนการรวมกันระหว่างอิเล็กตรอนกับ hole ทำให้เกิดปรากฏการณ์การเปล่งแสงของวัสดุ เทคนิค Ionoluminescence (IL) จะใช้ในการศึกษาสมบัติทางแสงของวัสดุต่างๆ ทำให้ทราบถึงชนิดของข้อบกพร่อง (defect) ชนิดของสารเจือ (impurity) และโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ (electronic structure) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการเปล่งแสงของวัสดุ ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเปล่งแสงของสปีเนลโดยใช้เทคนิค Ionoluminescence (IL) ดังตัวอย่างภาพที่ 7 พบว่า การเปล่งแสงของสปีเนลเกิดเนื่องจากมีมลทิน (impurity) ปนอยู่ในโครงสร้าง แม้จะมีเพียงเล็กน้อยในระดับ ppm มลทินที่สำคัญคือ transition metal ion ลักษณะการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนของ transition metal ion เป็นแบบ 3d ทำให้เกิดอิเล็กตรอนวงนอกมีอันตรกิริยา (Interaction) กับ crystal field อย่างรุนแรง ส่งผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนอิสระเปลี่ยนไป ในกรณีของสปีเนล อิเล็กตรอนของไอออน Cr^{3+} ทำให้เกิดการเปล่งแสงเป็นฟลักในย่านสีแดง ซึ่งจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 664-715 nm จากความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานในชั้น metastable กับ ground state (${}^2E_g \rightarrow {}^4A_{2g}$) เมื่ออิเล็กตรอนถูกกระตุ้นด้วยโฟตอนของแสงที่มีพลังงานสูงกว่า 2 eV ขึ้นไป โดยที่ความเข้มของการเปล่งแสงของไอออน Cr^{3+} จะขึ้นอยู่กับจำนวนของไอออน Cr^{3+} ด้วย จากกราฟสเปกตรัมการเปล่งแสง จะเห็นว่าฟลักที่ความยาวคลื่น 684 nm มีความเข้มของการเปล่งแสงสูงสุด รองลงมาคือฟลักที่ความยาวคลื่น 696 nm โดยทั้งสองฟลักเกิดจากการทรานซิชันของอิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้น valence ของ Cr^{3+} ในสถานะกระตุ้น (Excited state) ที่อยู่ใน d ออร์บิทัล โดยมีพลังงานตรงกับชั้นพลังงาน 2E ทรานซิชันลงมายังสถานะพื้น (Ground State ; 4A_2) ซึ่งจะเห็นว่า ฟลักทั้งสองมีการแยกกันอย่างชัดเจน เนื่องจากค่าความแตกต่างของฟลักทั้งสองมีค่าประมาณ 12 nm ซึ่งมากกว่าค่าการแยกพลังงาน (Energy resolution) ของหัววัด IL ถึง 3 เท่า โดยการแยกของฟลักทั้งสองนี้เป็นเพราะโครงสร้างของ MgO มีผลต่อ Cr_2O_3 ในโครงสร้างของ Al_2O_3 ทำให้ชั้นพลังงานใน d ออร์บิทัลของโครเมียม เกิดการ shift ไปจากเดิม นั่นคือ ชั้นพลังงานของ 2E แยกออกห่างกันมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับทัททิม ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างชั้นเพียง 5.9×10^{-3} eV กลายเป็น 3.14×10^{-2} eV ในกรณีของสปีเนล ส่วนที่ความยาวคลื่น 650, 656, 666 และ 673 nm เกิดจากการ ทรานซิชันของ

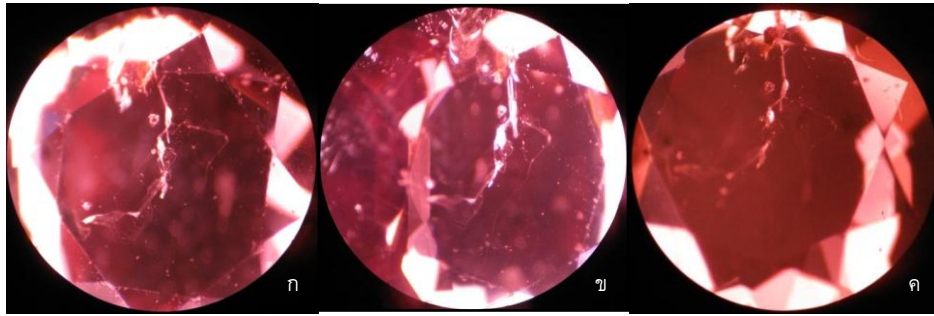
อิเล็กตรอนจากชั้นพลังงาน 2T_1 ลงมายังสถานะพื้น นอกจากนั้น ยังมีพีคอื่นๆ อีก ในสเปกตรัมคือ พีคที่ความยาวคลื่น 705 ที่เรียกว่า n – line และพีคที่ความยาวคลื่น 715 และ 720 nm ที่เรียกว่า Sideband ตามลำดับ โดยที่พีคเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในช่วงพลังงานของการทรานซิชันแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic transition) ของโครงสร้าง Octahedral – d^3 system แต่น่าจะเกิดจากการสั่น (Vibrational) ของอะตอม โมเลกุล หรืออื่นๆ ทำให้เกิดการทรานซิชันลงมาได้ [6]



ภาพที่ 7 กราฟแสดงสเปกตรัมที่วัดโดยวิธี Ionoluminescence (IL) ซึ่งใช้เวลารับแสง 100 ms

การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เทคนิคไอออน

การปรับปรุงคุณภาพพลอยเพื่อให้พลอยสะอาดและมีสีเข้มสด ส่วนใหญ่มักทำโดยการใช้ความร้อน โดยพลังงานจากความร้อนจะไปทำให้ธาตุมลทินเกิดการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม วิธีการเผาพลอยก็มีข้อจำกัด เช่น หากต้องการเปลี่ยนสี และให้มีการเปลี่ยนแปลงเชิงแสงที่ชัดเจน เช่น ให้สีเข้มสดขึ้น พลอยใส โปร่งแสง ต้องใช้ความร้อนสูงและระยะเวลานาน ซึ่งอาจทำให้พลอยแตกกร้าว เนื่องจากการใช้ความร้อนสูงให้กับอัญมณีโดยตรง ผลการทดลองเบื้องต้นในการใช้เทคนิคไอออนอิมพลานเตชันกับสปีเนลคุณภาพต่ำสีชมพูและแดง โดยใช้เทคนิค ion heating ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนให้ผลเป็นที่น่าพอใจพบว่า สามารถลดปริมาณ inclusions จำพวกของเหลวหรือก๊าซ [7] ลงได้ โดยขึ้นกับปริมาณโดสที่ใช้ ทำให้พลอยดูสดใสแวววาวขึ้น นอกจากนั้น เทคนิคไอออนอิมพลานเตชันยังสามารถลดสีรองลงได้ด้วย ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 8 โดยสามารถอธิบายได้ว่า ไอออนจากขบวนการอิมพลานเตชัน ที่ถูกเร่งด้วยความเร็วสูง เมื่อเข้าไปในเนื้อพลอย จะเกิดการถ่ายเทพลังงานจำนวนมากให้กับพลอย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพลอย ทำให้มลทินที่อยู่ในรูปของเหลวในเนื้อพลอย เช่น CO_2 , H_2O ได้ลดจำนวนลงเนื่องจากถูกกระตุ้นให้ระเหยออกไปผ่านทางช่องว่างในโครงสร้างผลึกอย่างช้าๆ ทำให้พลอยไม่แตก เพิ่มความสะอาดของเนื้อพลอย และความใส (transparent) ซึ่งเป็นสมบัติเชิงแสง ที่เป็นที่ต้องการของตลาด โดยไม่มีการทำลายเนื้อพลอยและลดน้ำหนักของพลอยลง นอกจากนั้น ไอออนที่ฝังเข้าไปในพลอยนี้ ยังเหนี่ยวนำให้เกิดการถ่ายเทประจุของธาตุ transition ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็น สามารถลดสีรองลงได้ด้วย การทดลองนี้จะดำเนินการต่อไปเพื่อหาข้อสรุป เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป



ภาพที่ 8 ผลของออกซิเจนไอออนอิมพลานเตชันต่อพลอยสปิเนลสีแดง (ก) ก่อนไอออนอิมพลานเตชัน (ข) หลังไอออนอิมพลานเตชัน และ (ค) หลังไอออนอิมพลานเตชันซ้ำ

สรุปและอภิปรายผล

พลอยตัวอย่างที่นำมาศึกษาวิจัย เป็นสปิเนลสีแดงจากประเทศพม่า ซึ่งส่วนใหญ่มีสีรอง เช่น สีน้ำตาล มีน้ำหนัก 0.91-1.50 กะรัต ค่าถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 3.59-3.64 ค่าดัชนีหักเหอยู่ในช่วง 1.705-1.715 และแสดงการเรืองแสงสีแดงปานกลางถึงมากภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงคลื่นยาว ในขณะที่ภายใต้แสงเหนือม่วงช่วงคลื่นสั้น ตัวอย่างไม่เรืองแสงถึงเรืองแสงสีแดงอ่อน องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุเจือหลักๆ คือ Si, V, Cr, Fe และ Zn และมีธาตุเจือที่มีปริมาณน้อยๆ คือ Ti, Ni, Ca และ Ga ซึ่งธาตุเจือที่พบมากในสปิเนลสีแดง คือ Cr โดยมีปริมาณประมาณ 400-8,000 ppm ธาตุ Cr เป็นธาตุหลักที่ทำให้สปิเนลมีสีแดง สเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง UV-VIS-NIR แสดงการดูดกลืนของ Fe^{3+} ที่ตำแหน่ง 305-330 nm และแสดงการดูดกลืนของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 537-542 nm รูปแบบการเปล่งแสงของสปิเนลสีแดงเกิดจากการมี Cr^{3+} ปนอยู่ในโครงสร้างสปิเนล ทำให้เกิดการเปล่งแสงเป็นสีแดง ในช่วงความยาวคลื่น 664-715 nm ซึ่งมาจากความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานชั้น metastable กับ ground state (${}^2E_g \rightarrow {}^4A_{2g}$) ของ Cr^{3+} ในโครงสร้าง Al_2O_3 ของสปิเนล ผลการทดลองเบื้องต้น ในการใช้เทคนิคไอออนอิมพลานเตชันมาปรับปรุงคุณภาพพลอยพบว่า ให้ผลน่าพอใจ โดยเมื่อนำสปิเนลมายิงด้วยไอออนหนักพลังงานต่ำพบว่า สามารถลดปริมาณ inclusions จำพวกของเหลว หรือก๊าซ ลงได้ ทั้งนี้ โดยขึ้นกับปริมาณโดสที่ใช้ด้วย ซึ่งคาดว่า เป็นผลเนื่องมาจากพลังงานของไอออน ไปกระตุ้นให้เกิดการระเหิดของของเหลวหรือก๊าซผ่านทางช่องว่างระหว่างโครงสร้างผลึก ทำให้พลอยดูใสแวววาวขึ้น นอกจากนั้น ไอออนที่ฝังเข้าไปในพลอย ยังเหนี่ยวนำให้เกิดการถ่ายเทประจุของธาตุ transition ทำให้สามารถลดสีรองลงได้ ด้วยการศึกษาวิจัยจะดำเนินการต่อไป เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน จากเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการถ่ายภาพด้วยกล้องไมโครสโคป และการวิเคราะห์พลอยด้วยเครื่องมือวิเคราะห์พลอยพื้นฐานชนิดต่างๆ ขอขอบคุณ คุณ โฉม ทองเหลื่อม สำหรับการเดินเครื่องเร่งอนุภาค Tandetron คุณศิวกร ฉิมนาคพันธ์ุ สำหรับคำแนะนำในการใช้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer และคุณธวัชชาติ จุฑาปกรณ ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PIXE และ IL

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hurlbut, C.; & Kammerling, R.C. (1991). *Gemology*. 2nd ed. New York: John Wiley & Son.
- [2] Cimnakpan, S. (2010). *research report on the heat treatment of spinels*. Chiang Mai: Chiang Mai University.
- [3] Intarasiri, S.; et al. (2009). *Surf. Coat. Tech.* 203: 2788.
- [4] Bootkul, D.; et al. (2011). The Novel Technique for Modification Natural Corundum by Ion Beam. In *Proceedings of the 6th Annual Conference of the Thai Physics Society SPC2011*. Chonburi: n.p.
- [5] Bunnag, N.; & Thanasuthipitak, P. (2003). Mogok spinel: optical (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopic study. *Chiang Mai J. Sci.* 30(2): 69-79.
- [6] Jankamma, U. (2011). *Independent study for B.S degree*. Chiang Mai: Chiang Mai University.
- [7] Francis, M.D.P.L. (2003). *Mineralogical, textural and fluid inclusion studies of corundum and spinel in Sri Lanka*. Thesis. Sri Lanka: University of Moratuwa.

SWU6-1021: การพัฒนาตัวกลาง ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัด น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน

DEVELOPMENT OF MEDIA IN ANEROBIC FILTER OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FROM RICE NOODLE MANUFACTURING

ทวีป ณ ระนอง¹, วราภรณ์ เจียมจิตรพานิช¹, ราเชนทร์ โกศลวิตร²

Thaweep Na Ranong¹, Waraporn Jiamjitrpanich¹, Rachain Kosanlavit²

¹โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

¹Program of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Thailand.

²สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

²School of Biology, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: rk@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลาง 2 ชนิด ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ ในท้องถิ่น ได้แก่ เศษเครื่องปั้นดินเผา และซังข้าวโพดเผา ในการบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ เพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีน โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ กรด-ด่าง (pH) บีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) ไนโตรเจนรวม (TKN) และปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS) และศึกษาระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียที่เหมาะสมของถังกรองไร้อากาศ เวลาที่ทำการศึกษาคือ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างตัวกลางชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา และชุดซังข้าวโพดเผา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกระยะเวลาการกักเก็บที่ทำการศึกษา เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด BOD ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมง การใช้ซังข้าวโพดเผาเป็นตัวกลาง ($34.94 \pm 2.99\%$) จะบำบัดได้ดีกว่า เศษเครื่องปั้นดินเผา ($28.18 \pm 2.25\%$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ประสิทธิภาพในการบำบัด COD ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมงการใช้เศษเครื่องปั้นดินเผา ($46.08 \pm 1.48\%$) ดีกว่าซังข้าวโพดเผา ($42.00 \pm 2.06\%$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ชุดซังข้าวโพดเผาที่ระยะเวลาการกักเก็บ 24 และ 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ได้ดีกว่า ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และประสิทธิภาพในการบำบัด TSS ในการใช้ตัวกลางทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างตัวกลางทั้งสองชนิด หลังจากระยะเวลาการกักเก็บ 12 ชั่วโมง ระบบไม่สามารถบำบัด TSS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการวิจัยในครั้งนี้จะสรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้ง 2 ตัวกลาง จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในบางพารามิเตอร์ และในบางช่วงเวลาของระยะเวลาการกักเก็บเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับค่า BOD และ COD พบว่า ตัวกลางจากเศษเครื่องปั้นดินเผา และจากซังข้าวโพดเผา มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เศษเครื่องปั้นดินเผา ซังข้าวโพดเผา ระบบบำบัดน้ำเสีย ถังกรองไร้อากาศ

Abstract

The purpose of this research was to study the efficiency of the media which used as an anaerobic filter of wastewater treatment system from rice noodle manufacturing. Two kinds of the remaining materials (fragmented pottery and burned corncob) that can be found in the local area were used as media. This research investigated the optimal hydraulic retention time (HRT) of anaerobic wastewater treatment system at 12, 24, 36 and 48 hours. The studied parameters were pH, the biochemical oxygen demand (BOD), the chemical oxygen demand (COD), the total Kjeldahl nitrogen (TKN) and the total suspended solid (TSS).

The results of this study revealed that the values of pH in both media were not significantly different at all time points of HRT. Regarding BOD, the efficiency of the burned corncob ($34.94 \pm 2.99\%$) had significantly higher than that of the fragmented pottery ($28.18 \pm 2.25\%$) at the HRT of 36 hours ($p < 0.05$). On the other hand, the efficiency of the fragmented pottery ($46.08 \pm 1.48\%$) had significantly higher than that of the burned corncob ($42.00 \pm 2.06\%$) in terms of COD ($p < 0.05$) at the HRT of 36 hours. In addition to this, the efficiency of the burned corncob had significantly higher than that of the fragmented pottery in terms of TKN ($p < 0.05$) at the HRT of 24 and 36 hours and the efficiency of both media was not significantly different in terms of TSS ($p < 0.05$) at all time points of HRT but the highest efficiency was found at the HRT of 12 hours. In conclusion, this study found that the efficiency of both media for treatment of the wastewater was significantly different ($p < 0.05$) in some parameters with some time points of HRT. With regards to BOD and COD, It was noted that the efficiency of the burned corncob had significantly higher than that of the fragmented pottery ($p < 0.05$) at the HRT of 36 hours

Keywords: Fragmented pottery, Burned corncob, Wastewater treatment system, Anaerobic filter

บทนำ

โรงงานผลิตเส้นขนมจีน เป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมในครัวเรือน ที่ยังประสบปัญหาการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานที่เกิดจากขบวนการผลิต จังหวัดนครราชสีมา เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีชื่อเสียงในเรื่องของ ขนมจีน และที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ขนมจีนบ้านประโดกที่เป็นอีกกิจการหนึ่งที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจของจังหวัด และนำรายได้สู่จังหวัดเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีโรงงานผลิตเส้นขนมจีนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เพื่อส่งเส้นขนมจีนตามร้านค้าต่างๆ อย่างไม่จำกัดตามวิสาหกิจชุมชนประเภทกิจการโรงงานผลิตเส้นขนมจีนในพื้นที่ดังกล่าว มีการใช้น้ำในการหมักแป้งไม่แป้ง ล้างแป้ง และมีการใช้น้ำในขบวนการต่างๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งน้ำเสียที่ออกมาจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนจะมีความเน่าเสีย มีกลิ่นรุนแรง และมีค่าความสกปรกในรูป Biochemical Oxygen Demand (BOD) สูง [1] และถ้ามีการปล่อยน้ำเสียนี้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัดน้ำเสีย จะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย [2] ทำให้ระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้นเปลี่ยนไป ทำให้สิ่งมีชีวิต ในแหล่งน้ำนั้นไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ อีกทั้งยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์ มีเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันหลายวิธีเช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) และระบบก่อกและรวมตะกอน (Chemical coagulation flocculation) [3] ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงซับซ้อน และต้องการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอย่างมาก ดังนั้น จึงได้การค้นคว้าวิธีที่มีประสิทธิภาพแต่ใช้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่สูงมาก ซึ่งถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เป็นระบบบำบัดแบบไร้อากาศที่สามารถรองรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบนี้จะมีจุลชีพเกาะอยู่บนพื้นผิวตัวกลางที่บรรจุในระบบ เพื่อป้องกันไม่ให้จุลชีพออกจากระบบ ทำให้ระบบมีปริมาณจุลชีพมากพอที่จะกำจัดสิ่งสกปรกในน้ำเสีย

รวมทั้งระบบสามารถรับน้ำเสียแบบกะทันหัน (Shock Load) ได้ดี [4] ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศมาประยุกต์ใช้งานกันมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ตัวกลางที่นำมาใช้มีราคาสูงและหาซื้อในท้องถิ่นได้ยาก จึงมีการประยุกต์วัสดุในท้องถิ่นมาใช้แทน เพื่อลดต้นทุนให้มากที่สุด และวัสดุที่เหลือใช้จากท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกลาง ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ ที่น่าสนใจคือ เศษเครื่องปั้นดินเผา ที่เป็นของเสียในภาคอุตสาหกรรม และซังข้าวโพดเผา เป็นของเสียในภาคการเกษตร ซึ่งเศษเครื่องปั้นดินเผา ของตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นถิ่นเครื่องปั้นที่มีชื่อเสียงระดับประเทศ มีอุตสาหกรรมผลิตทั้งแบบครัวเรือน และแบบวิสาหกิจชุมชน จำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในแต่ละครั้ง จะมีเศษของเครื่องปั้นดินเผาที่แตก ผุพัง ไม่สามารถใช้งานได้ ส่วนหนึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในส่วนของการก่อสร้างหรือประดับตกแต่งได้ แต่บางส่วนก็ต้องทิ้งไปเพราะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนซังข้าวโพดเผา ในจังหวัดนครราชสีมา ก็มีการปลูกข้าวโพดเป็นจำนวนมาก ซึ่งซังข้าวโพด เมื่อนำมาเผาจะทำให้เป็นวัสดุรอนหรือวัสดุดูดซับ ที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากการเผาทำให้เกิดรูพรุนซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองหรือการดูดซับได้มากขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้ จึงสนใจในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นคือ เศษเครื่องปั้นดินเผาและซังข้าวโพดเผา นำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน จากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน หมู่บ้านประโดก ตำบลหมื่นไวย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความเหมาะสม และระยะเวลาพักเก็บของตัวกลางทั้งสองเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางระหว่างเศษเครื่องปั้นดินเผาและซังข้าวโพดเผา ในการลดความสกปรกของน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีน
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียที่เหมาะสมของถังกรองไร้อากาศ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีน

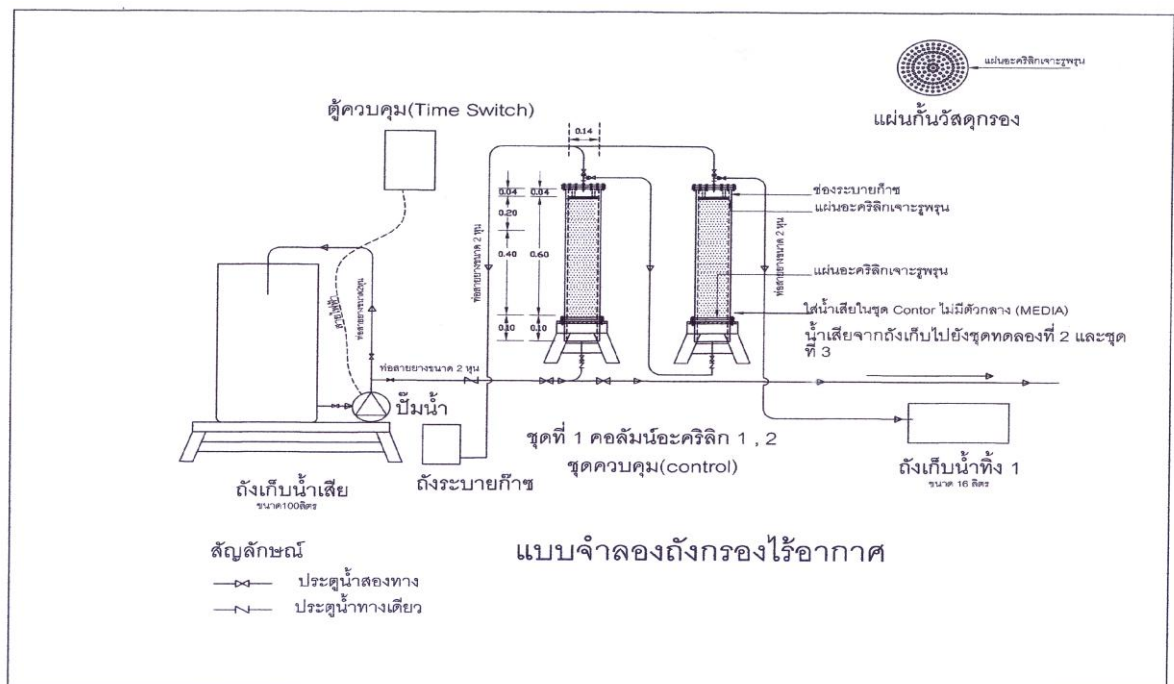
วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างคือ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน หมู่บ้านประโดก ตำบลหมื่นไวย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างที่ทำจากพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ขนาดความจุ 12 ลิตร และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ทำการศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพและทางเคมีของน้ำทิ้ง ก่อนเทน้ำลงในถังกรองไร้อากาศ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ pH, BOD, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) และ Total Suspended Solid (TSS) กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ชุดควบคุม) ทำการศึกษาน้ำที่ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ ที่ไม่มีตัวกลาง ในเวลาทำการศึกษาคือ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง เป็นการศึกษาตามพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ 3 ทำการศึกษาน้ำที่ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ ที่ตัวกลางโดยจะศึกษาเปรียบเทียบตัวกลาง 2 ชนิด คือ เศษเครื่องปั้นดินเผา และซังข้าวโพดเผา ในเวลาทำการศึกษา คือ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ตามพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการไหล (ลิตร/ชม.) ของน้ำตัวอย่าง เพื่อให้ผ่านในระบบตามระยะเวลาที่ต้องการ

อัตราการไหล (ลิตร/ชม.)	ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)			ระยะเวลารวม ที่น้ำเสียอยู่ใน ระบบ
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง		
		เศษเครื่องปั้น ดินเผา	ซังข้าวโพด	
1.50	12	12	12	12
0.75	24	24	24	24
0.50	36	36	36	36
0.375	48	48	48	48

แบบจำลองระบบถังกรองไร้อากาศ ทำการสร้างแบบจำลองของระบบถังกรองไร้อากาศ โดยตัวกลางที่ทำการศึกษาคือ เศษเครื่องปั้นดินเผา และซังข้าวโพดเผา สร้างแบบจำลองไว้ที่โปรแกรมวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบจำลองระบบถังกรองไร้อากาศ

เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย

1. การตรวจวิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ทำการ Calibrate ที่ pH 4, 7 และ 10
2. การตรวจวิเคราะห์ค่า BOD ด้วยวิธี Direct method
 - 2.1 ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
 - 2.2 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

- 2.3 กระจกตวง (Measuring cylinder) ขนาด 100, 250 และ 1000 มิลลิลิตร
- 2.4 ปิเปต (Pipette) ขนาด 1, 5, 10 และ 25 มิลลิลิตร
- 2.5 ตู้อินคิวเบท (Incubator)
- 2.6 เครื่องเติมอากาศ (Air pump)
3. การตรวจวิเคราะห์ค่า COD ด้วยวิธีโปตัสเซียมไดโครเมต (Open reflux)
 - 3.1 Reflux apparatus
 - 3.2 เตากลั่น COD
4. การตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl method ในรูปของ Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)
 - 4.1 เครื่องมือในการย่อยสลาย (Digestion unit)
 - 4.2 ชุดเครื่องกลั่น
5. การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแขวนลอย (Total suspended solid, TSS) โดยการกรองน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C Filters) แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่ม และคำนวณหาน้ำหนักของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดต่อปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้

พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ

1. แบบจำลองมีลักษณะเป็นคอลัมน์ ใช้วัสดุอะคริลิกที่มีความใส เพื่อให้เห็นองค์ประกอบภายในของระบบได้ชัดเจน ติดตั้งระบบท่อน้ำเข้าน้ำออก มีวาล์วเพื่อป้องกันการไหลย้อนของน้ำ
2. คอลัมน์มีปริมาตร 9 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร และความสูง 60 เซนติเมตร จำนวน 3 ชุดทดลอง (สำหรับชุดควบคุม, ชุดตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผา, และชุดตัวกลางซังข้าวโพดเผา)
3. สายยางน้ำเข้า และสายน้ำทิ้ง ความยาวรวม 15 เมตร
4. ปุ่มน้ำ ทำงานด้วยระบบควบคุมเวลา (Time switch)
5. ถังเก็บน้ำเสียขนาด 100 ลิตร จำนวน 1 ถัง
6. ถังเก็บน้ำทิ้งขนาด 16 ลิตร จำนวน 2 ถัง
7. วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีก่อนเทน้ำเสียใส่ลงใน ถังกรองไร้อากาศ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ pH, BOD, COD, TKN และ TSS
8. เทน้ำเสียลงสู่ระบบบำบัด โดยเวลาที่กักเก็บที่ทำการศึกษาคือ 12, 24, 48 และ 36 ชั่วโมง และทำการศึกษาตามพารามิเตอร์ที่กำหนด
9. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของตัวกลางที่ทำการศึกษาคือ เศษเครื่องปั้นดินเผา และซังข้าวโพดเผา

การพัฒนาตัวกลาง

เศษเครื่องปั้นดินเผา ใช้เศษเครื่องปั้นดินเผาที่ได้จากโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผา ในอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยนำมาตัดหรือทุบ เพื่อทำให้มีขนาดตามต้องการ ประมาณ 5x5 ตารางเซนติเมตร เป็นขนาดที่สามารถบรรจุลงไปในถังของระบบบำบัดได้

ซังข้าวโพดเผา ใช้ซังข้าวโพด ของอำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา โดยเผาซังข้าวโพดในถังน้ำมันเปล่าขนาด 200 ลิตรที่เจาะรูข้างถึง 3 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เรียงกันลงมาในแนวตั้ง ให้รูทั้งสามข้างเท่าๆ กัน และอยู่ห่างจากปากถังและกันถัง และหันถังให้ช่องลมตรงทางลม แล้วจึงเริ่มจุดไฟในถังด้วยเศษไม้เล็กๆ ก่อน เมื่อไฟลุกดีแล้วจึงค่อยๆ เติมซังข้าวโพดลงไป 1 ส่วน (ซังข้าวโพดที่จะเผาให้แบ่งเป็น 3 ส่วน) จนซังข้าวโพดไหม้หมด สังเกตได้จากมีเปลวไฟขึ้นรอบๆ ถัง โดยไม่มีควันไฟ แล้วจึงเติมซังข้าวโพดต่อไปจนเต็มถัง จากนั้นก็ปิดฝาถัง แล้วคว่ำลงบนดิน หรือทรายทิ้งไว้ทั้งคืน เมื่อถึงเย็นดีแล้วจึงเทถ่านออกมา

เมื่อบรรจุตัวกลางแล้ว จะทำการปล่อยให้น้ำเสียสามารถไหลต่อเนื่องได้ตลอดระยะเวลาของการวิจัยและเดินระบบเป็นแบบไหลจากด้านล่างขึ้นไปด้านบน เริ่มเดินระบบปรับสมดุลของระบบ 2 สัปดาห์ เพื่อให้ระบบสร้างไบโอฟิล์ม

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงผล ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีของน้ำเสีย ได้แก่ pH, BOD, COD, TKN และ TSS สถิติที่ใช้ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวกลางที่ศึกษา 2 ชนิด คือ Independent-Sample T Test แบบ two tailed ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงผลิตขนมจีนก่อนทำการบำบัด ผลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงผลิตขนมจีน ก่อนเทน้ำลงในถังกรองไร้อากาศ

ลักษณะของน้ำทิ้งโรงผลิตเส้นขนมจีน	ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้ง ($\bar{X} \pm S.D.$)
1. ค่า (pH)	5.25 \pm 0.05
2. บีโอดี (BOD)	1,307 \pm 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ซีโอดี (COD)	3,200 \pm 40.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ไนโตรเจนรวม (TKN)	28.62 \pm 1.12 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)	85.00 \pm 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเส้นขนมจีน

ตัวแปร	ค่ามาตรฐาน
1. ค่า (pH)	5.5 – 9.0
2. บีโอดี (BOD)	ไม่ควรเกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ซีโอดี (COD)	ไม่ควรเกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	ไม่ควรเกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)	ไม่ควรเกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย [5]

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด แต่ละพารามิเตอร์ ระหว่างตัวกลางเศษ
เครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลาที่เก็บต่างกัน

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด pH ของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศระหว่างตัวกลาง
เศษเครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลาที่เก็บต่างกัน

ชนิดตัวกลาง	ประสิทธิภาพในการบำบัด pH			
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
ชุดควบคุม	5.73±0.15	6.00±0.10	5.87±0.15	5.97±0.15
ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา	6.53±0.12	6.93±0.20	6.50±0.40	6.67±0.25
ชุดซังข้าวโพดเผา	6.57±0.15	7.20±0.20	6.77±0.32	6.90±0.30

จากตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาและตัวกลางซังข้าวโพดเผา
พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด BOD ของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศระหว่างตัวกลาง
เศษเครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลาที่เก็บต่างกัน

ชนิดตัวกลาง	ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD (ร้อยละ)			
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.*	48 ชม.
ชุดควบคุม	26.70±0.74	-38.64±4.62	-9.95±0.33	-39.91±3.02
ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา	33.72±0.44	39.25±4.26	28.18±2.25	40.04±4.77
ชุดซังข้าวโพดเผา	31.93±1.30	40.75±5.24	34.94±2.99	43.20±2.10

* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบระหว่างตัวกลางตัวกลางเศษ
เครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา

จากตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ระหว่างตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาและตัวกลางซัง
ข้าวโพดเผา มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่เวลาเก็บ 36 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพใน
การบำบัด BOD การใช้ซังข้าวโพดเผาเป็นตัวกลาง (34.94±2.99%) จะบำบัดได้ดีกว่า เศษเครื่องปั้นดินเผา
(28.18±2.25%) ที่ระยะเวลาการเก็บ 36 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการศึกษาครั้งนี้ยัง
พบว่า เศษเครื่องปั้นดินเผาและซังข้าวโพดเผา ที่ระยะเวลาเก็บ 48 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพใน
การบำบัดสูงสุด คือร้อยละ 40.04 และ 43.20 ตามลำดับ นอกจากนั้นจากผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงตัวกลางทั้ง 2
ชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ได้ระดับหนึ่งเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด COD ของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศระหว่างตัวกลาง
เศษเครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลากักเก็บต่างกัน

ชนิดตัวกลาง	ประสิทธิภาพในการบำบัด COD (ร้อยละ)			
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.*	48 ชม.
ชุดควบคุม	28.33±2.89	3.17±3.28	5.25±2.41	26.08±3.14
ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา	36.67±3.21	43.17±1.31	46.08±1.48	61.33±2.44
ชุดซังข้าวโพดเผา	40.83±2.53	41.08±1.86	42.00±2.06	62.17±2.13

* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบระหว่างตัวกลางตัวกลางเศษ
เครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา

จากตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ระหว่างตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาและตัวกลาง
ซังข้าวโพดเผา มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่เวลากักเก็บ 36 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพ
ในการบำบัดระหว่างตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกัน โดยประสิทธิภาพในการบำบัด COD การใช้เศษ
เครื่องปั้นดินเผา ($46.08 \pm 1.48\%$) ดีกว่าซังข้าวโพดเผา ($42.00 \pm 2.06\%$) ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมง อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า เศษเครื่องปั้นดินเผาและซังข้าวโพดเผา ที่ระยะเวลากัก
เก็บ 48 ชั่วโมง เป็นระยะเวลากักเก็บที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด คือ ร้อยละ 61.33 และ 62.17 ตามลำดับ โดย
ซังข้าวโพดเผา มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าเศษเครื่องปั้นดินเผาเล็กน้อย

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด TKN ของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศระหว่างตัวกลาง
เศษเครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลากักเก็บต่างกัน

ชนิดตัวกลาง	ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN (ร้อยละ)			
	12 ชม.	24 ชม.*	36 ชม.*	48 ชม.
ชุดควบคุม	26.86±3.90	-25.17±2.42	-16.96±1.38	7.91±4.91
ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา	33.85±2.05	-5.26±3.24	10.25±3.61	28.45±1.19
ชุดซังข้าวโพดเผา	39.09±3.85	5.81±2.12	27.67±2.09	34.32±3.84

* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบระหว่างตัวกลางตัวกลางเศษ
เครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา

จากตารางที่ 7 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN ระหว่างตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาและตัวกลางซัง
ข้าวโพดเผาพบว่า การใช้ซังข้าวโพดเผาเป็นตัวกลาง ที่ระยะเวลากักเก็บ 24 และ 36 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพใน
การบำบัด TKN มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศระหว่างตัวกลาง
เศษเครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา ในระยะเวลาที่กักเก็บต่างกัน

ชนิดตัวกลาง	ประสิทธิภาพในการบำบัด TSS (ร้อยละ)			
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.*
ชุดควบคุม	15.49±2.72	-27.45±6.89	-49.02±12.69	-16.08±6.89
ชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา	15.69±0.68	-46.75±4.90	-41.96±8.01	-33.33±4.90
ชุดซังข้าวโพดเผา	13.73±3.59	-10.98±2.96	-14.90±10.54	9.41±3.11

* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบระหว่างตัวกลางตัวกลางเศษ
เครื่องปั้นดินเผากับซังข้าวโพดเผา

จากตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TSS ระหว่างตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาและตัวกลางซัง
ข้าวโพดเผาพบว่า ตัวกลางทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาที่กักเก็บ 12 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดคือ ร้อยละ
15.69 และ 13.73 ตามลำดับ หลังจากระยะเวลาที่กักเก็บ 12 ชั่วโมงไม่สามารถบำบัด TSS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ยกเว้นการใช้ตัวกลางซังข้าวโพดเผาสามารถบำบัดได้ ร้อยละ 9.41 ที่ระยะเวลาที่กักเก็บ 48 ชั่วโมง มากกว่า
ตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างตัวกลางชุดเศษเครื่องปั้นดินเผา และชุดซังข้าวโพดเผาพบว่า ไม่มี
ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
2. การใช้ซังข้าวโพดเผาเป็นตัวกลาง โดยใช้ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัด
BOD ได้ดีกว่าเศษเครื่องปั้นดินเผา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะกักเก็บเวลาอื่นๆ ไม่พบว่ามีผล
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
3. ประสิทธิภาพในการบำบัด COD การใช้เศษเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้ระยะเวลาการกักเก็บ 36 ชั่วโมง
ดีกว่าซังข้าวโพดเผา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะกักเก็บเวลาอื่นๆ ไม่พบว่ามีผล
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
4. การใช้ซังข้าวโพดเผาเป็นตัวกลาง ในระบบบำบัดถังกรองไร้อากาศ โดยใช้ระยะเวลาการกักเก็บ 24
และ 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ได้ดีกว่าเศษเครื่องปั้นดินเผาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
5. ประสิทธิภาพในการบำบัด TSS การใช้ตัวกลางทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาที่กักเก็บ 12 ชั่วโมง มี
ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากนั้นไม่สามารถ
บำบัด TSS ได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองของงานวิจัย การพัฒนาตัวกลาง 2 ชนิด สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ
ถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนพบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสามารถ
ลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

การทดสอบค่า pH พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง ไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไปทำให้การ
ทำงานของระบบทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องว่า ค่า pH ของน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีนโดยระบบ
แอนแอโรบิคคอนแทค เท่ากับ 6.80 – 6.86 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมแก่การทำงานของแบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์

และแบคทีเรียที่สร้างมีเทน [6] และค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศค่ามาตรฐานของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเส้นขนมจีนตามประกาศ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดให้ pH มีค่าอยู่ในช่วง 5.5-9.0

จากผลการวิจัยจะพบได้ว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้ง 2 ตัวกลาง จะบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่ากันอย่างน้อยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในบางพารามิเตอร์ และในบางช่วงเวลาของระยะเวลาที่เก็บเท่านั้น แต่หากพิจารณาเฉพาะ BOD และ COD พบว่า ที่ระยะเวลาที่เก็บ 36 ชั่วโมง ตัวกลางซึ่งข้าวโพดเผามีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD ที่ดีกว่า ในขณะที่ตัวกลางเศษเครื่องปั้นดินเผามีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความแตกต่างนี้อาจมาจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวกลางที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ใหญ่บ้าน บ้านประโดก ตำบลหมื่นไวย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในการอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริรภา พงษ์พีระ. (2553). การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนโดยใช้สไปรูไลน่า และคลอเรลลา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (อนามัยชีววิทยา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] กาญจนา นาคะพินธุ และคณะ. (2546). การจัดการด้านกากของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นจากการประกอบอาชีพอุตสาหกรรมในครัวเรือนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [3] เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2539). วิศวกรรมกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์
- [4] Echenfelder, W.W. (1989). *Industrial water pollution control*. 2nd ed. New York: Mc Graw-hill
- [5] สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2544). คู่มือบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- [6] วรพจน์ รัตนพันธุ์. (2550). สภาวะการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเส้นขนมจีนโดยระบบแอนแอโรบิคคอนแทค. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ: สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

SWU6-1022: การจัดกลุ่มข้อมูลแบบ ราวฟ เค-มีดอยส์ แบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลาง แบบหลายแกนหลัก

PARALLELIZED ROUGH K-MEDOIDS CLUSTERING ON MULTICORE PROCESSORS

วีรศักดิ์ ช่องงูเหลือม*, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ

Weerasak Chongnguluum*, Kittisak Kerdprasop

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Computer Engineering, Institute of Engineering Suranaree University of Technology, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: singpor@gmail.com

บทคัดย่อ

หน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนหลัก (Multi-core processors) นั้นปัจจุบันมีใช้งานกันแพร่หลาย ทั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา รวมทั้งหน่วยประมวลผลสำหรับโทรศัพท์ พกพาทั่วไป เพื่อให้ใช้ประโยชน์สูงสุดกับหน่วยประมวลผลเหล่านี้ อัลกอริทึมเดิมจำเป็นต้องได้รับการออกแบบ ใหม่ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ การประมวลผลแบบขนานสำหรับอัลกอริทึมการจัดกลุ่มที่เรียกว่า ราวฟ เค-มีดอยส์ (Rough K-Medoids) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่นำเอาทฤษฎีทางด้าน ราวฟเซต มาประยุกต์กับการจัดกลุ่มแบบ เค-มีดอยส์ วิธีการนี้ทำให้การจัดข้อมูลในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบที่ขึ้นอยู่กับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น (lower approximation) และ แบบที่ขึ้นอยู่กับหลายๆ กลุ่มได้ (upper approximation) โดยนำอัลกอริทึมที่ ออกแบบมาพัฒนาด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงฟังก์ชันด้วยภาษา เออร์แลง (Erlang) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเร็วของอัลกอริทึมแบบขนานสำหรับ ราวฟ เค-มีดอยส์ นั้นดีขึ้น เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมของ ราวฟ เค-มีดอยส์ แบบทำงานเป็นลำดับ

คำสำคัญ: หน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกน การประมวลผลแบบขนาน เหมืองข้อมูล การแบ่งกลุ่ม ราวฟเค-มีดอยส์ ภาษาเออร์แลง

Abstract

Multi-core processors have recently been available on most personal computers, laptop computers and also smart phones. To get the maximum benefit of computational power from the multi-core architecture, we need a new design on existing algorithms. In this paper, we propose the parallelization of Rough K-Medoids clustering algorithms. In the Rough K-Medoids clustering, each cluster has been formed regarding the two approximations, a lower and an upper approximation. To make Rough K-Medoids clustering be better parallelized, we employ Erlang as a language for concurrent programming with functional paradigm. The experimental results demonstrate considerable speedup rate of the proposed parallel Rough K-Medoids clustering method, compared to the serial Rough K-Medoids approach.

Keywords: Multi-Core Processors, Parallel Computing, Data Mining, Clustering Rough K-Medoids, Erlang

บทนำ

ในปัจจุบัน เป็นยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินกิจกรรมใด ๆ ทั้งในทางธุรกิจ การศึกษา วิจัย หรือ การดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐ จำเป็นต้องยุ่งเกี่ยวกับปริมาณข้อมูลมหาศาล จึงเป็นไปได้ยากที่จะทำการแยกแยะ จัดกลุ่ม หาคความสัมพันธ์ และ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำมาใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมที่สุด จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามาช่วย วิธีการที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน ในการแยกแยะ จัดกลุ่ม หาคความสัมพันธ์และวิเคราะห์ข้อมูลคือ การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูลเป็นกระบวนการในการสกัดข้อมูลจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อให้ได้สารสนเทศที่ยังไม่ทราบมาก่อน แล้วนำสารสนเทศที่ค้นพบมาสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจหรือการคาดการณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ การทำเหมืองข้อมูลเป็นขั้นตอนหนึ่งของ “การค้นหาคความรู้จากฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Database) แต่ปัจจุบันเวลากล่าวถึงการทำเหมืองข้อมูลจะหมายถึง การค้นหาคความรู้จากฐานข้อมูลด้วยเช่นกัน

เทคนิคอย่างหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูลเพื่อทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกันเรียกว่า การทำ clustering การจัดกลุ่มข้อมูลก็เพื่อให้เห็นรูปแบบความคล้ายกันของข้อมูล ตัวอย่างเช่นธุรกิจค้าปลีกอาศัยการจัดกลุ่มของข้อมูลการซื้อสินค้าของลูกค้า เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อสินค้าของลูกค้า หรือ การจัดกลุ่มผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์โดยนำข้อมูลมาจากแฟ้มการเข้าใช้งานเว็บ (web log file) ที่ถูกจัดเก็บโดยโปรแกรม web server

อัลกอริทึมที่นิยมใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลคืออัลกอริทึม เค-มีน (K-Means clustering) [1-4] โดยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นจำนวน K กลุ่ม เริ่มจากเลือกค่าเริ่มต้นของค่าเฉลี่ยให้กับแต่ละกลุ่ม จากนั้นแบ่งข้อมูลเข้ากลุ่มที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยปัจจุบันของแต่ละกลุ่มที่สุด หลังจากแบ่งเสร็จแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยใหม่อีกครั้ง เมื่อได้ค่าเฉลี่ยใหม่จะทำการจัดกลุ่มใหม่ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ตำแหน่งที่เสถียร K-Means นั้นง่ายต่อการเขียนโปรแกรมขึ้นมาใช้งาน แต่ว่าอาจจะทำให้เกิดข้อมูลที่แตกต่างไปจากกลุ่มอื่นๆ (Outliers) ได้ง่าย ที่จะเป็ผลลบอย่างมากต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

อัลกอริทึมที่ได้รับการพัฒนาสืบเนื่องจาก K-Means คือ K-Medoids [5-7] ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของ K-Means ที่ค่าคุณลักษณะต่างๆ ต้องเป็นตัวเลขเท่านั้น เมื่อนำมาใช้กับข้อมูลวัตถุที่ไม่เป็นตัวเลข จึงไม่สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยได้ จึงได้เกิดอัลกอริทึม K-Medoids สำหรับจัดกลุ่มข้อมูลวัตถุ งานวิจัยนี้ใช้แนวทางการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึม K-Medoids และเพิ่มความยืดหยุ่นให้มากขึ้นด้วยหลักการของ Rough Set

ได้มีการนำเสนอทฤษฎี Rough Set (Rough Set Theory) ขึ้นมาโดย Zdzislaw Pawlak [8] และเมื่อไม่นานมานี้ Lingras [3] ได้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลที่เรียกว่า Rough K-Means clustering [9] ซึ่งทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มที่ต่ำกว่ากับกลุ่มที่สูงกว่าโดยประมาณ เพื่อใช้จัดกลุ่มและดูความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ในบางครั้งไม่อาจแบ่งกลุ่มได้อย่างชัดเจนแบบอัลกอริทึม K-Means

ต่อมา Georg Peters และ Martin Lampart [6] ได้นำเสนออัลกอริทึมในการจัดกลุ่มที่เรียกว่า Rough K-Medoids clustering ซึ่งได้นำทฤษฎี Rough Set มาประยุกต์กับ K-Medoids สำหรับจัดกลุ่มข้อมูลวัตถุออกเป็นกลุ่มที่ต่ำกว่าและสูงกว่าโดยประมาณ

การทำเหมืองข้อมูลด้วยวิธีการจัดกลุ่มนั้นต้องใช้เวลาานเพราะการจัดกลุ่มทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกคุณลักษณะใดเป็นเป้าหมายหลักของแต่ละกลุ่ม และ ต้องมีการวนซ้ำหลายๆ ครั้งเพื่อคำนวณว่าข้อมูลนั้นควรจะอยู่ในกลุ่มใดมากที่สุด

ในปัจจุบันเทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลกลางได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากจะเพิ่ม

ความเร็วของสัญญาณพิกษาแล้วปัจจุบันยังได้พัฒนาให้ภายในหนึ่งแผ่นของวงจรมีหลายแกนหลัก (multicore) [1, 4-5, 10-11] และราคาไม่แพงมาก ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไปสามารถหาซื้อมาใช้ได้ แต่ยังไม่มีการพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานประสิทธิภาพของแกนหลักที่มีหลาย ๆ แกนนี้ได้อย่างเต็มที่เท่าที่ควร

งานวิจัยนี้จึงมองเห็นว่าควรที่จะนำเอาเทคโนโลยีทางการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานหน่วยประมวลผลกลางแบบมีหลายแกนหลักภายในแผ่นวงจรมานำมาพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานทางด้านการทำเหมืองข้อมูล โดยเลือกอัลกอริทึมที่ใช้จัดกลุ่มข้อมูลที่เรียกว่า Rough K-Medoids clustering ที่ทำงานในแบบ sequential เพื่อให้สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพกว่าการพัฒนาโปรแกรมแบบเดิม โดยงานวิจัยฉบับนี้จะเน้นการหาขั้นตอนของ Rough K-Medoids ที่เหมาะต่อการทำงานในแบบขนาน แล้วนำขั้นตอนนี้มาพัฒนาโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลที่มีหลายแกนหลัก เพื่อให้เกิดการกระจายการทำงานให้ทำพร้อม ๆ กัน แล้วนำผลลัพธ์การทำงาน เวลาที่ใช้ มาเปรียบเทียบกับการพัฒนาโปรแกรมแบบเดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์อัลกอริทึม Rough K-Medoids clustering ที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล และลดเวลาการจัดแบ่งโดยการพัฒนาโปรแกรมให้ทำงานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนหลักบนแผ่นวงจรเดียว
2. เพื่อศึกษาวิธีการพัฒนาโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนหลัก แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึม Rough K-Medoids ได้
3. หาเทคนิคในการที่จะลดเวลาของอัลกอริทึม Rough K-Medoids จากวิธีการเดิม ด้วยการแบ่งการคำนวณเป็นแบบขนานแล้วให้ทำงานบนหน่วยประมวลผลแบบหลายแกนหลักได้
4. เพื่อสรุปเทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลกลางแบบมีหลายแกนหลักเพื่อใช้จัดกลุ่มข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมทางด้านการทำเหมืองข้อมูลต่อไปได้ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ จะมีวิธีการในการดำเนินการแยกออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึมแบบต่าง ๆ

ในการจัดกลุ่มข้อมูลนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่ละแบบนั้นมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการจัดกลุ่มของข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยเลือกศึกษาอัลกอริทึมดังต่อไปนี้

1) K-Means เป็นอัลกอริทึมในการจัดกลุ่มข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ อย่างชัดเจนโดยอาศัยการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลกับตำแหน่ง Means ของแต่ละกลุ่มโดยที่ค่า Means คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในกลุ่ม ข้อดีของ K-Means คือ ง่ายในการพัฒนาโปรแกรม แต่ผลลัพธ์ที่ได้นั้นสามารถเกิด Outliers ได้ง่าย

2) K-Medoids เป็นการจัดกลุ่มข้อมูลโดยวัดระยะห่างข้อมูลเทียบกับตำแหน่ง Medoids ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ตำแหน่งของข้อมูลจริง ๆ เป็นค่า Medoids ของกลุ่มในแต่ละกลุ่มยังคงแยกข้อมูลจากกันอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับ K-Means ข้อมูลไม่สามารถอยู่ได้หลายกลุ่มได้ ข้อดีของ K-Medoids คือ เกิด Outliers ได้น้อยกว่า เพราะใช้ข้อมูลจริงของแทนตำแหน่งกลางของกลุ่ม ข้อเสียคือ ใช้เวลานานและพัฒนาได้ยากกว่า K-Means เพราะว่าขั้นตอนในการหาตำแหน่ง Medoids ใหม่ต้องวนรอบเทียบกับข้อมูลทุก ๆ ตัวในกลุ่ม

3) Rough K-Means ในอัลกอริทึมนี้จะนำทฤษฎี Rough Set มาประยุกต์ใช้กับการจัดกลุ่มแบบ K-Means โดยมองว่าการจัดกลุ่มโดยให้แต่ละข้อมูลอยู่ได้เพียงหนึ่งกลุ่มนั้นตามความเป็นจริงของข้อมูลอาจจะ

สามารถมีลักษณะหลาย ๆ อย่างที่สามารถอยู่ได้มากกว่าหนึ่งกลุ่ม วิธีการนี้จึงได้ใน Rough Set มาใช้โดยทำการแบ่งกลุ่มออกเป็นสองพื้นที่ด้วยกันเรียกว่า lower approximation และ upper approximation ซึ่งข้อมูลที่สามารถแบ่งเข้ากลุ่มได้อย่างชัดเจนจะอยู่ในส่วน lower approximation ส่วนข้อมูลที่สามารถอยู่ได้หลาย ๆ กลุ่มจะอยู่ในส่วนขอบของกลุ่มซึ่งคือพื้นที่ขอบด้านนอก lower approximation แต่ไม่เกิน upper approximation

4) Rough K-Medoids วิธีการนี้นำทฤษฎี Rough Set มาประยุกต์ใช้กับการแบ่งข้อมูลแบบ K-Medoids ซึ่งจะแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนเช่นเดียวกับกับ Rough K-Means แต่ว่าในการคำนวณจะใช้ตำแหน่ง Medoids เป็นค่ากลางเหมือนกับ K-Medoids ธรรมดา

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการประมวลผลแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกน

ศึกษาการประมวลผลแบบขนานเพื่อนำมาออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Rough K-Medoids จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า รูปแบบสถาปัตยกรรมในการทำงานแบบขนานที่นิยมใช้กันก็คือแบบ Single Instruction Multiple Data (SIMD) คือ การแบ่งข้อมูลออกเป็นหลาย ๆ กลุ่มแล้วส่งให้ทำงานหนึ่งคำสั่งที่สามารถทำไปพร้อม ๆ กันได้บนหน่วยประมวลผลคำสั่งหลาย ๆ ตัว ซึ่งเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สามารถนำมาต่อกันเพื่อให้ทำงานตามสถาปัตยกรรมนี้ได้โดยใช้หลาย ๆ เครื่องติดต่อกันผ่านทางระบบเน็ตเวิร์ก เพราะว่าในอดีตยังไม่ได้มีการพัฒนาในทางของหน่วยประมวลผลกลางมีแกนหลักในการประมวลผลหลายแกนแบบในปัจจุบัน ในปัจจุบันเทคโนโลยีปัจจุบันมีการพัฒนาหน่วยประมวลผลกลางแบบที่มีหลายแกนหลักขึ้นมา ทำให้เราสามารถพัฒนาโปรแกรมแบบขนานได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป ไม่จำเป็นต้องต่อหลายเครื่องแบบในอดีต การพัฒนาโปรแกรมแบบขนานจึงจะทำให้สามารถใช้งานหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนหลักได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งวิธีการพัฒนาโปรแกรมแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนที่ทำการศึกษาพบว่าใช้เทคโนโลยีดังต่อไปนี้

1) Erlang เป็นภาษาแบบ functional language ที่สามารถแยกการประมวลผลออกเป็นหลาย ๆ โปรเซส การทำงานของโปรแกรมภาษา Erlang จะอาศัย Virtual Machine (VM) ในการประมวลผลซึ่ง VM ของ Erlang นั้นสามารถจะส่งการทำงานของโปรเซสที่แยกกันทำงานให้กระจายไปบนแกนหลักของหน่วยประมวลผลแบบหลายแกนได้เองอัตโนมัติ ทำให้ง่ายในการพัฒนา ไม่จำเป็นต้องเขียนเจาะจงว่าจะให้ทำงานที่แกนหลักหรือไม่จำเป็นต้องมีคำสั่งพิเศษ หรือ library พิเศษเพิ่มเข้ามาในภาษา

2) OpenMP เป็นเทคโนโลยีในการพัฒนาโปรแกรมแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนโดยใช้ภาษาซีในการพัฒนาซึ่งต้องเพิ่ม library ของ OpenMP เขามาด้วยในการแปลโค้ดโปรแกรม วิธีการใช้งานของ OpenMP จะแยกการทำงานออกเป็นเทรดย่อย ๆ โดยเราไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดกำหนดว่าจะให้การทำงานทำงานบนเทรตไหน แต่จะต้องกำหนดมาโครเพื่อบอกว่าการทำงานส่วนไหนที่ต้องการให้ทำงานแบบขนาน แล้วตัว OpenMP จะกระจายไปทำงานบนหลาย ๆ เทรตให้เอง

3) CUDA เป็นเทคโนโลยีในการพัฒนาโปรแกรมแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางสำหรับการประมวลผลกราฟฟิคที่มีหลายแกนหลัก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของบริษัท NVIDIA โดยสถาปัตยกรรมของการ์ดกราฟฟิคนี้จะแบ่งข้อมูลออกเป็น block ในแต่ละ block จะประกอบด้วย เทรตสำหรับการทำงานแบบขนานและเมื่อเรากระจายข้อมูลลงไปบน block ต่าง ๆ เทรตแต่ละเทรตก็จะประมวลผลโดยเลือกข้อมูลใน block นั้น ๆ มาประมวลผล

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบอัลกอริทึมสำหรับ Rough K-Medoids สำหรับการประมวลผลแบบขนาน
แบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) ส่วนรับข้อมูลเริ่มต้นสำหรับโปรแกรม

ส่วนแรกนี้เป็นส่วนรับค่าเริ่มต้นต่าง ๆ ของโปรแกรมซึ่งมีค่าที่ต้องการดังต่อไปนี้

- เพิ่มเก็บข้อมูลที่ต้องการแบ่ง

- จำนวนของข้อมูลที่ต้องการแบ่ง (N)
- จำนวนของกลุ่มที่ต้องการแบ่ง (K)
- ค่าคงที่น้ำหนักของส่วน lower approximation (w_l)
- ค่าคงที่น้ำหนักของส่วน upper approximation (w_u)
- ค่าคงที่ threshold (ϵ)
- จำนวนของโปรเซสที่ต้องการแบ่ง

2) ส่วนการแบ่งข้อมูล

ส่วนนี้จะทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้แบ่งออกข้อมูลออกเป็นส่วนโดยแบ่งให้แต่ละโปรเซสเพื่อคำนวณระยะทางและจัดกลุ่มข้อมูลให้แต่ละกลุ่ม เมื่อแต่ละโปรเซสทำงานเสร็จจะรวบรวมส่งมาให้โปรเซสหลัก

3) ส่วนการหาตำแหน่ง Medoids ใหม่

หลังจากจัดกลุ่มเสร็จแล้วจะทำการแบ่งโปรเซสตามจำนวนของกลุ่มเพื่อส่งข้อมูลของแต่ละกลุ่มไปหาตำแหน่ง Medoids ใหม่เมื่อเสร็จแล้วส่งค่าของ Medoids ใหม่ให้กับโปรเซสหลัก

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบการทำงานและประเมินผล

ในการทดสอบและประเมินผลจะสุ่มสร้างข้อมูลสังเคราะห์ขึ้นมาทดสอบ โดยวิธีการทดสอบเปรียบเทียบเวลาในการทำงานระหว่างวิธีการแบบขนานและวิธีการแบบลำดับ ซึ่งทำการทดลอง 3 แบบดังต่อไปนี้

- ทดสอบเทียบเวลาเมื่อ เพิ่มจำนวนโปรเซส เพื่อหาว่าจำนวนเท่าไรให้ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยกำหนดจำนวนข้อมูล 5000 และจำนวนกลุ่มที่ต้องการแบ่ง 2 กลุ่มเท่ากัน เพื่อนำจำนวนที่ได้ไปใช้ในการทดลองถัดไป
- ทดสอบเทียบเวลาระหว่างการทำงานแบบลำดับ 1 โปรเซส กับการทำงานแบบขนานด้วยจำนวนโปรเซสที่ดีที่สุดจากการทดลองแรก โดยทำการเพิ่มข้อมูลจาก 1000, 2000, 3000, 4000 ถึง 5000 และจำนวนกลุ่มเท่ากันที่ 2 กลุ่ม
- ทดสอบเทียบเวลาระหว่างการทำงานแบบลำดับ 1 โปรเซส กับการทำงานแบบขนานด้วยจำนวนโปรเซสที่ดีที่สุดจากการทดลองแรก โดยทำการเพิ่มมิติของข้อมูลจาก 1, 2 ถึง 3 โดยจำนวนข้อมูลคงที่ 1000 ข้อมูล

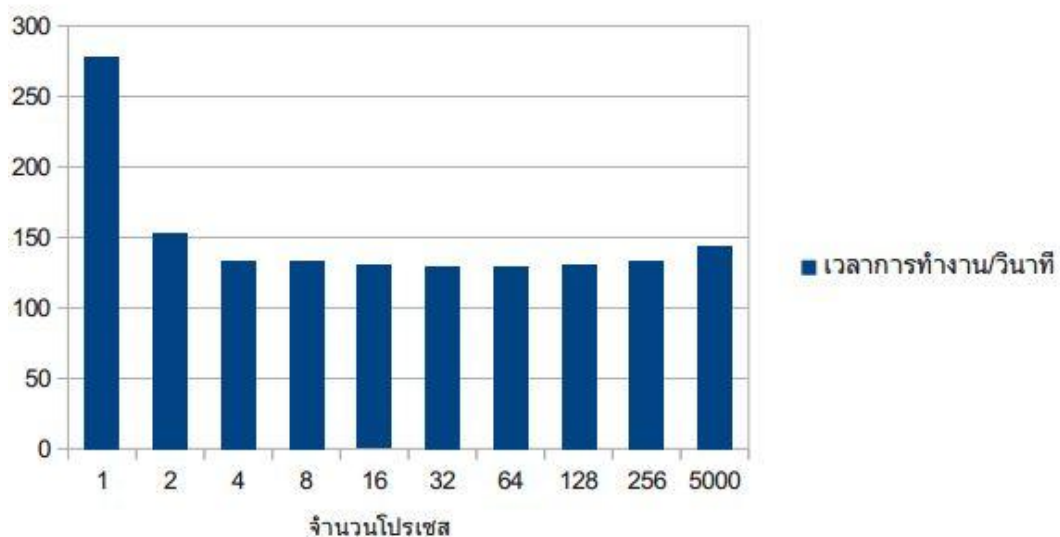
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในแต่ละการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

- 1) เวลาในการทำงานของการทดลอง ทดสอบเทียบเวลาเมื่อ เพิ่มจำนวนโปรเซส เพื่อหาว่าจำนวนเท่าไรให้ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยกำหนดจำนวนข้อมูล 5000 และจำนวนกลุ่มที่ต้องการแบ่ง 2 กลุ่มเท่ากัน ได้ค่าออกมาดัง ตารางที่ 1 และเมื่อนำมาสร้างกราฟเปรียบเทียบจะได้ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองจับเวลาเมื่อเพิ่มจำนวนโปรเซส

จำนวนโปรเซส	เวลาการทำงาน (วินาที)
1	278.24
2	153.27
4	133.22
8	133.93
16	130.21
32	129.29
64	129.58
128	130.69
256	133.17
5000	144.57



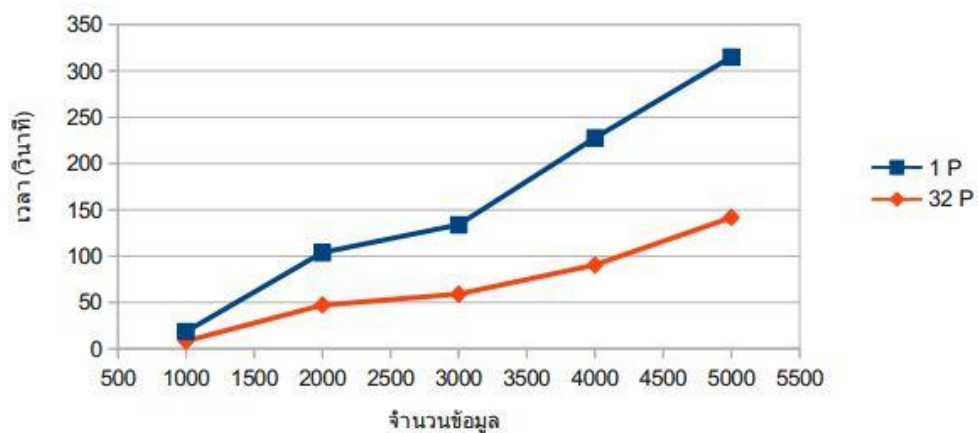
ภาพที่ 1 กราฟแสดงเวลาที่ใช้เมื่อจำนวนโปรเซสต่างกัน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการประมวลผลแบบขนานโดยเพิ่มจำนวนโปรเซส จะเห็นว่ามีการทำงานที่เร็วกว่าแบบลำดับที่ใช้เพียง 1 โปรเซสอยู่มาก โดยในการทดลองนี้จำนวนโปรเซสที่ให้ผลดีที่สุดคือ 32 โปรเซส ซึ่งเร็วกว่าแบบลำดับอยู่ถึง 2.15 เท่า

2) เวลาในการทำงานของการทดลอง ทดสอบเทียบเวลาระหว่างการทำงานแบบลำดับ 1 โปรเซส กับการทำงานแบบขนานด้วยจำนวนโปรเซสที่ดีที่สุดจากการทดลองแรก โดยทำการเพิ่มข้อมูลจาก 1000, 2000, 3000, 4000 ถึง 5000 และจำนวนกลุ่มเท่ากันที่ 2 กลุ่ม ได้ค่าออกมาดัง ตารางที่ 2 และเมื่อนำมาสร้างกราฟเปรียบเทียบจะได้ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจับเวลาเมื่อเพิ่มจำนวนข้อมูล

จำนวนข้อมูล	เวลาของแบบลำดับ 1 โพรเซส	เวลาของแบบขนาน 32 โพรเซส
	(วินาที)	(วินาที)
1000	18.56	8.27
2000	103.82	47.09
3000	133.73	58.97
4000	227.65	90.41
5000	314.94	141.71



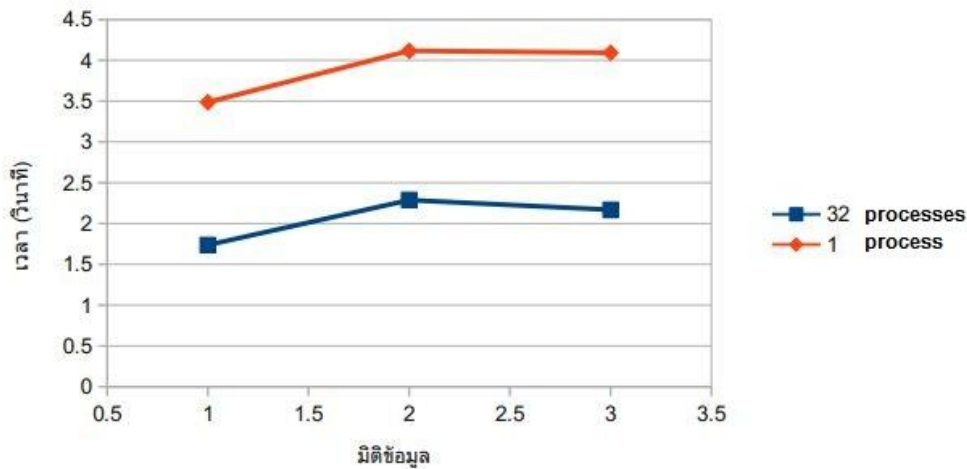
ภาพที่ 2 กราฟแสดงเวลาเปรียบเทียบระหว่าง เมื่อจำนวนข้อมูลต่างกันของแบบลำดับและขนาน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลแล้วเวลาของการทำงานแบบลำดับจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่เวลาการทำงานของแบบขนานที่ 32 โพรเซสก็เพิ่มขึ้น ก็ก็ยังใช้เวลาน้อยกว่าแบบลำดับตลอดช่วงการทดลองของจำนวนข้อมูลที่ 1000 ถึง 5000

3) เวลาในการทำงานของการทดลอง ทดสอบเทียบเวลาระหว่างการทำงานแบบลำดับ 1 โพรเซส กับการทำงานแบบขนานด้วยจำนวนโพรเซสที่ดีที่สุดจากการทดลองแรก โดยทำการเพิ่มมิติของข้อมูลจาก 1, 2 ถึง 3 โดยจำนวนข้อมูลคงที่ 1000 ข้อมูล ได้ค่าออกมาดัง ตารางที่ 3 และเมื่อนำมาสร้างกราฟเปรียบเทียบจะได้ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการจับเวลาเมื่อเพิ่มจำนวนมิติข้อมูล

มิติข้อมูล	เวลาของแบบลำดับ 1 โพรเซส	เวลาของแบบขนาน 32 โพรเซส
	(วินาที)	(วินาที)
1	3.49	1.74
2	4.12	2.29
3	4.09	2.17



ภาพที่ 3 กราฟแสดงเวลาเปรียบเทียบระหว่างจำนวนมิติที่ต่างกันของแบบลำดับและขนาน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มจำนวนมิติข้อมูลการทำงานของแบบขนานก็ยังเร็วกว่าแบบลำดับโดยรูปร่างของเส้นกราฟเป็นไปในลักษณะเดียวกันแต่ว่าแบบขนานใช้เวลาน้อยกว่าเสมอ

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการนำเอาวิธีการแบ่งกลุ่มแบบ Rough K-Medoids ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งกลุ่มที่มีประสิทธิภาพและใช้กับข้อมูลที่อาจจะขึ้นกับหลายกลุ่มได้ แต่ที่ใช้การคำนวณที่มากกว่าแบบที่นิยมกันคือ K-Means มาออกแบบกระบวนการทำงานใหม่โดยใช้การประมวลผลแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณให้เวลาลดลงจากเดิม

ผลการวิจัยพบว่า สามารถลดเวลาการทำงานของการแบ่งกลุ่มแบบ Rough K-Medoids ลงไปได้ประมาณ 2.15 เท่า เมื่อจำนวนโปรเซสที่ใช้เท่ากับ 32 และแม้ว่าจะทำการเพิ่มจำนวนข้อมูล หรือเพิ่มจำนวนมิติของข้อมูลการทำงานของแบบขนานก็ยังให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า

ในงานวิจัยนี้ผู้เขียนได้ใช้ภาษา เออร์แลงเป็นภาษาเชิงฟังก์ชันในการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบเนื่องจากมีความง่ายในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานแบบขนานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกน และเขียนได้สั้นกระชับ อำนวยกว่าการเขียนด้วยภาษาอื่นให้ทำงานบนหน่วยประมวลผลกลางแบบหลายแกน แต่ที่ถ้าต้องการประสิทธิภาพความเร็วสูงกว่านี้ เราสามารถแปลงจากภาษาเออร์แลงไปเป็นภาษาอื่นที่ประสิทธิภาพดีกว่าเช่น ภาษาซี ได้โดยง่าย ง่ายกว่าการจะเริ่มต้นที่ภาษาซีตั้งแต่ต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kerdprasop, K.; & Kerdprasop, N. (2010). Parallelization of K-means Clustering on Multi-core Processors. In *Proceedings of 10th WSEAS International Conference on Applied Computer Science, Japan*. pp. 472-477. n.p.

- [2] Oyelade, O.J.; Oladipupo, O.O.; & Obagbuwa, I.C. (2010). Application of k-Means Clustering algorithm for prediction of Students' Academic Performance. *International Journal of Computer Science and Information Security*. 7(1): 292-295.
- [3] Lingras, P.; & West, C. (2002). Interval set clustering of web users with rough k-means. In *Technical Report 2002-002, Department of Mathematics and Computer Science, St. Mary's University, Halifax, Canada*. Canada: St. Mary's University, Halifax.
- [4] Farivar, R.; et al. (2008). A parallel implementation of k-means clustering on GPUs. In *Proceedings of International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA)*. pp. 340-345. n.p.
- [5] Laszewski, G.; & Roberts, D. (2009). *K-Medoids: CUDA Implementation. Service Oriented Cyberinfrastructure Lab, Rochester Institute of Technology*. n.p.
- [6] Peters, G.; & Lampart, M. (2006). A partitive rough clustering algorithm. In *Proc RSCTC 2006-Fifth Int Conf on Rough Sets and Current Trends in Computing. Lecture Notes in Artificial Intelligence*. pp. 657-666. n.p.
- [7] Mitra, S. (2004). An evolutionary rough partitive clustering. In *Pattern Recognition Letters*. pp. 1439-1449. n.p.
- [8] Pawlak, Z. (1982). Rough Sets. *International Journal of Computer and Information Science*. 11: 341-356.
- [9] Zhou, T.; et al. (2007). Rough k-means cluster with adaptive parameters. In *Proceedings of 6th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, (ICMLC'07)*. pp. 3063–3068. n.p.
- [10] Barney, B. (2011). *Introduction to Parallel Computing*. from https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/
- [11] Wang, H.; et al. (2008). Parallel Clustering Algorithms for Image Processing on Multi-core CPUs. In *Proceedings of International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSSE)*. pp. 450-53. n.p.

SWU6-1024: การพัฒนาเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วย เงื่อนไขบังคับ

DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM SHELL WITH CONSTRAINT LOGIC PROGRAMMING

กาญจนา อินทรชาธร*, นิตยา เกิดประสพ, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ

Kanjana Intharachatorn*, Nittaya Kerdprasop, Kittisak Kerdprasop

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: b4900313kanjana@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับสำหรับฐานความรู้ใดๆ ที่อยู่ในรูปแบบของเงื่อนไขบังคับ และมีขอบเขตข้อมูลเชิงสัญลักษณ์ โดยระบบสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ระบบเพื่อรับข้อมูลของปัญหา และสามารถอธิบายถึงที่มาของคำตอบที่ได้ ในการพัฒนาระบบจะใช้โปรแกรม ECLIPSe 6.0 เป็นตัวแปลภาษา เพราะมีภาษาโปรล็อกเป็นภาษาพื้นฐานและเหมาะสำหรับพัฒนาระบบเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับโดยเฉพาะ สำหรับการวัดผลการวิจัยจะเป็นการเปรียบเทียบกับเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อกในด้านของระยะเวลา ปริมาณหน่วยความจำ และจำนวนบรรทัด ภายใต้กระบวนการทำงานที่คล้ายคลึงกัน และใช้ฐานความรู้ที่ได้จากแหล่งเดียวกันในการทดสอบระบบ แล้วทำการสังเกตและบันทึกค่าผลการการทำงานเพื่อสรุปผลการวิจัย

คำสำคัญ: การเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ ขอบเขตของตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ ฐานความรู้เปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญ

Abstract

This research aims to study and develop expert system shell with constraint logic programming for any knowledge base, which has constraints' format and symbolic domain. The system can interact with users to obtain information's issue and it can explain all sources of answer. The system uses ECLIPSe 6.0 as a compiler because it is based on Prolog language and suitable for development into constraint logic programming. For evaluation of the research, the system has been compared with Prolog's expert system shell. Evaluation has been done in terms of time, memory and lines of code, under similar procedures and use knowledge base that originate from the same source. Then observe and record the results of the work to summarize the research.

Keywords: Constraint Logic Programming, Expert System Shell, Knowledge Base, Symbolic Domain

บทนำ

เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ [1] ที่มีความสำคัญมากขึ้นต่อองค์กรทุกองค์กรไม่ว่าขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ที่ต้องการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นใช้ภายในองค์กร เพราะคุณสมบัติของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่ยอมให้ผู้ใช้เปลี่ยนฐานความรู้ของระบบได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องพัฒนาระบบใหม่ทั้งหมด เหลือเพียงแค่ขั้นตอนการกลั่นกรองความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและการแปลงความรู้นั้นให้กลายเป็นฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสองขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำได้ยากและเสียเวลามาก [2] เพราะผู้เชี่ยวชาญนั้นบางครั้งอาจจะไม่สามารถถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่มีให้วิศวกรความรู้ได้ในคราวเดียว อาจจะต้องเสียเวลาในการเก็บรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลหลายครั้ง แต่กระบวนการนี้ก็มีกรนำเสนอการวิจัยวิธีการกลั่นกรองข้อมูลโดยใช้วิธีการทำเหมืองข้อมูลด้วย ID3 [3] แล้วทำการแปลงกฎที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลนั้นเป็นฐานความรู้ของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างง่ายที่พัฒนาด้วยภาษาโปรล็อก

วิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับนั้นมีพื้นฐานภาษาเป็นภาษาโปรล็อก แต่มีรูปแบบในการจัดการขอบเขตของตัวแปรที่ชัดเจนกว่าภาษาโปรล็อก ที่ไม่มีการประกาศตัวแปรอย่างชัดเจนและค่าของตัวแปรก็ใช้ได้เฉพาะใน predicate ที่ได้รับค่าตัวแปรนั้นๆ มา นอกจากนี้วิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับนั้นยังมีข้อดีอีกหลายอย่างที่ทำให้มีความน่าสนใจเมื่อเทียบกับภาษาโปรล็อก [4] เช่น วิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับมีกระบวนการค้นหาที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ Depth First Search ในภาษาโปรล็อก วิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับมีกระบวนการค้นหาคำตอบที่หลากหลาย มีเทคนิคการกำหนดเงื่อนไข การแทนค่าตัวแปร ที่ถูกรวมกันไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการใช้งาน เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ [5-8] พบว่า ระบบที่ได้จากการศึกษาและพัฒนาในงานวิจัยเหล่านั้นยังอยู่ในรูปของระบบผู้เชี่ยวชาญที่สามารถใช้ได้กับข้อมูลเชิงคณิตศาสตร์ และเป็นข้อมูลที่มีสมการเฉพาะเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่โปรแกรมภาษาโปรล็อกไม่สามารถทำได้ และจากการค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับยังไม่พบกรณี นำวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับไปพัฒนาเป็นเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้กับฐานความรู้ใดๆ เลย

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับขึ้นมา ซึ่งเปลือกระบบที่จะพัฒนานี้ต้องสามารถใช้ได้กับฐานความรู้ใดๆ โดยระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ และฐานความรู้ของระบบ เนื่องจากข้อได้เปรียบบางอย่างของวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับทำให้มีความเป็นไปได้ว่า เปลือกระบบที่จะพัฒนานี้จะดีกว่าเปลือกระบบเดิมที่พัฒนาด้วยภาษาโปรล็อก ในด้านของจำนวนบรรทัดของโค้ดที่อาจจะสั้นลง ขนาดของข้อมูลที่อาจจะเล็กลงเพราะจำนวนโค้ดที่น้อยลง และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของระบบที่อาจจะน้อยลง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ ที่ใช้งานร่วมกับฐานความรู้ใดๆ ภายในขอบเขตของตัวแปรเชิงสัญลักษณ์ที่มีรูปแบบข้อมูลเดียวกันกับกลไกการทำงานของระบบ โดยระบบนี้จะมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อรับข้อมูลสอบถามไปใช้ในการค้นหาความรู้ภายในกลไกอนุमान ซึ่งมีการอนุमानความรู้ได้อย่างเหมาะสมกับข้อมูลที่ผู้ใช้ระบุเข้ามา พร้อมทั้งมีการอธิบายความรู้สนับสนุนคำตอบของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม การวัดผลวิจัยจะใช้การเก็บข้อมูลขนาดของหน่วยความจำ จำนวนบรรทัดของข้อมูล และเวลาที่ใช้ประมวลผลและแสดงผลออกหน้าจอของระบบที่พัฒนาขึ้น

เปรียบเทียบกับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อก โดยทดสอบภายใต้การทำงานที่คล้ายคลึงกัน และใช้ข้อมูลจากฐานความรู้เดียวกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ ระบบที่ได้ศึกษาและพัฒนาขึ้นนี้มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ และฐานความรู้ของระบบ โดยใช้โปรแกรม ECLIPSe 6.0 เป็นตัวแปลภาษา เพราะสามารถใช้ได้กับภาษาโปรล็อก และภาษาโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ

1) การศึกษารูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ

ในการวิจัยนี้ได้มีการศึกษารูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ ที่ใช้โปรแกรม ECLIPSe 6.0 เป็นตัวแปลภาษา เพราะมีภาษาโปรล็อกเป็นภาษาพื้นฐานที่ผู้วิจัยมีพื้นฐานความรู้อยู่แล้ว และเหมาะสำหรับพัฒนาโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับโดยเฉพาะ ลักษณะของโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับมีวิธีเขียนแตกต่างกันตามประเภทของตัวแปรที่ประกาศขอบเขตไว้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ ขอบเขตของข้อมูลเชิงสัญลักษณ์ ขอบเขตของข้อมูลเลขจำนวนเต็ม และขอบเขตของข้อมูลเลขทศนิยม ซึ่งสามารถสรุปลักษณะที่แตกต่างกันได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปลักษณะที่แตกต่างกันของโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับภายใต้ขอบเขตข้อมูลที่ต่างกัน

คำอธิบาย	ตัวอย่างของขอบเขตข้อมูล			หมายเหตุ
	เชิงสัญลักษณ์	เลขจำนวนเต็ม	เลขทศนิยม	
ไลบารีที่เรียกใช้	:- lib(sd).	:- lib(ic).	:- lib(fd).	ประกาศที่ส่วนต้นของไฟล์
ประกาศตัวแปร	X &:: [a,b,c]	X :: [3,4,5,6]	X :: 0.0..10.0	ประกาศตัวแปรเดียว
	[Y,Z] &:: [a,b,c,d]	[Y,Z] :: [1..3,5]	[Y,Z] :: 0.0..20.0	ขอบเขตเดียวหลายตัวแปร
เขียนเงื่อนไขบังคับ	X &= Y, Y &\= Z	X #= Y, X #> Z	X \$= Z - Y, Y \$< Z	ใช้ตัวกระทำระหว่างตัวแปร

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ขอบเขตข้อมูลเชิงสัญลักษณ์ เนื่องจากความไม่แน่นอนของฐานความรู้ที่ต้องใช้กับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญในอนาคตทำให้ไม่อาจคาดเดาได้ว่าข้อมูลเหล่านั้นจะอยู่ในลักษณะใด จึงต้องเลือกประเภทข้อมูลที่รองรับข้อมูลที่ผ่านการตัดแปลงให้อยู่ในรูปเชิงสัญลักษณ์ได้คือ ขอบเขตข้อมูลเชิงสัญลักษณ์

2) การศึกษาลักษณะการออกแบบฐานความรู้ และเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อก

การศึกษาเพื่อพัฒนาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับนั้น ผู้วิจัยได้เริ่มจากศึกษาการทำงานของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างง่ายที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อกก่อน

```
top_goal(X) :- vacation(X).
vacation(phuket) :- stay(resort), like(beach).
vacation(korat) :- will_see(ya_mo).
vacation(korat) :- like(somtam).
%%% More Knowledge Here %%%
stay(X) :- menuask(stay, X, [building, resort]).
buy(X) :- menuask(buy, X, [tea, coffee, orange]).
like(X) :- menuask(like, X, [traffic_jam, beach, somtam]).
will_see(X) :- menuask(will_see, X, [ya_mo, lin_ping]).
```

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างฐานความรู้ของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างง่ายที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อก

```
menuask(Pred, Value, Menu) :- menuask(Pred,Menu), known([Pred,Value]), !.  
menuask(Pred,_) :- known([Pred,_]), !.  
menuask(Attribute,Menu) :- write('What is the value for '), write(Attribute), writeln('?'),  
writeln(Menu), write('Enter the choice > '), read(V),writeln(V),  
asserta(known([Attribute,V])).
```

ภาพที่ 2 แสดง predicate ชื่อ menuask จากเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างง่ายที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อก

```
What is the value for stay?  
[building, resort]  
Enter the choice > resort  
What is the value for like?  
[traffic_jam, beach, somtam]  
Enter the choice > beach  
The answer is phuket  
expert-shell>  
The answer is phuket  
The known storage are  
[[like, beach], [stay, resort]]  
expert-shell>  
>>>>Goodbye, see you later<<<<
```

ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่เขียนด้วยภาษาโปรล็อก

จากการศึกษาโค้ดตัวอย่างในภาพที่ 1 และ 2 ทำให้ผู้วิจัยสามารถวางแนวทางการพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ฐานความรู้ และเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีลักษณะการทำงานบางส่วนติดต่อกับผู้ใช้เหมือนกับระบบเดิมที่เป็นภาษาโปรล็อก และเนื่องจากวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับนั้นมีพื้นฐานมาจากภาษาโปรล็อก จึงสามารถรักษาโค้ดบางส่วนให้คงอยู่ในลักษณะเดิม และมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะ predicate ที่ชื่อ menuask ในโค้ดของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญตามความเหมาะสม ซึ่งจะสัมพันธ์กับโค้ดของฐานความรู้ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบการพัฒนาฐานความรู้ให้อยู่ในรูปของการโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับไว้ในหลายแง่มุม โดยจะเสนอเป็นลำดับถัดไป

3) แนวทางการพัฒนาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ

รูปแบบที่ 1: ผู้วิจัยทำการปรับเปลี่ยนฐานความรู้ทั้งหมดให้อยู่ในลักษณะการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ และได้ปรับเปลี่ยน menuask ให้กระชับขึ้น ตัวอย่างฐานความรู้รูปแบบที่ 1 จะแสดงให้เห็นในภาพที่ 4 ส่วน menuask ที่ดัดแปลงแล้วจะแสดงไว้ในภาพที่ 5 และตัวอย่างการประมวลผลโปรแกรมจะแสดงในภาพที่ 6

```
top_goal(Vout) :-  
    Sin &:: ['hotel','resort'],    Lin &:: ['forest','hot spring','shopping','beach'],  
    %%% More Domain for Input %%%  
    Vout &:: ['Phuket','Bangkok','Korat','Lumpang'],  
    P &:: ['resort','beach','pearl','coral'],  
    K &:: ['resort','forest','roasting chicken','stone castle'],  
    %%% More Domain for Goal's Component%%=  
    menuask(Sin), (Sin&=P ->  
        (menuask(Lin),Lin&=P ->  
            (menuask(Bin),Bin&=P ->  
                (menuask(Win),Win&=P -> Vout='Phuket')  
            )  
        )  
    )  
    %%% Do Something %%% ).
```

ภาพที่ 4 ตัวอย่างฐานความรู้โดยใช้ข้อมูลแบบง่าย ๆ เพื่อออกแบบในรูปแบบที่ 1

จากภาพที่ 4 จะเห็นว่า ผู้วิจัยใช้การกำหนดขอบเขตของตัวแปรแทนค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปรแต่ละตัว โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มของตัวแปรสำหรับรับค่าจากผู้ใช้ (Sin, Lin, Bin, Win) กลุ่มของตัวแปรสำหรับค่าเป้าหมายที่เราต้องการ (Vout) และ กลุ่มของตัวแปรที่ระบุค่าสำหรับประกอบการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อใช้ในการแทนค่าเป้าหมายที่ต้องการ (P, K, B, L) จากนั้นในส่วนของเงื่อนไขบังคับเบื้องต้นได้ออกแบบในลักษณะจำเพาะกับข้อมูลก่อน โดยใช้รูปแบบของ “A -> B ; C” หมายถึง “if A then B else C” มาช่วยในการตั้งเงื่อนไขเพื่อกำหนดค่าเป้าหมายในกรณีต่างๆ

```
:-lib(sd).  
menuask(Value) :- write('Select the value from '),writeln(Value),  
                  write('Enter the choice > '), read(Value),writeln(Value),  
                  asserta(known(Value)).
```

ภาพที่ 5 แสดงไลบรารีที่จำเป็นคือ lib(sd) และ menuask ที่ถูกดัดแปลงให้กระชับขึ้น

```
Select the value from _252{[hotel, resort]}  
Enter the choice > resort  
Select the value from _282{[beach, forest, hot spring, shopping]}  
Enter the choice > forest  
Select the value from _308{[ceramic bowl, pearl,roasting chicken]}  
Enter the choice > roasting chicken  
No answer found.  
expert-shell>  
>>>>Goodbye, see you later<<<<
```

ภาพที่ 6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบที่พัฒนาตามรูปแบบที่ 1

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 6 เมื่อเทียบกับฐานความรู้ในรูปแบบที่ 4 จะเห็นว่าโปรแกรมยังมีส่วนที่ผิดพลาด สาเหตุเกิดจากวิธีที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าของ “ตัวแปรที่รับจากผู้ใช้” กับ “ตัวแปรที่ระบุค่าสำหรับประกอบการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้” ด้วยเครื่องหมาย “&=” นั้น ทำให้ค่าของตัวแปรที่ระบุค่าสำหรับประกอบการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ถูกกำหนดค่าให้ “เท่ากันกับ” ค่าของตัวแปรที่รับจากผู้ใช้ และไม่สามารถนำตัวแปรที่ระบุค่าสำหรับประกอบการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ไปตรวจสอบค่ากับตัวแปรที่รับจากผู้ใช้อื่นได้อีก ทำให้คำตอบที่ได้รับจากระบบเป็น “No answer found.” แทน

รูปแบบที่ 2: เนื่องจากความผิดพลาดที่พบในรูปแบบที่ 1 ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนวิธีตรวจสอบเงื่อนไขใหม่เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นเป็น “สับเซต” ของค่าที่เป็นได้ของแต่ละเป้าหมายหรือไม่แทน และออกแบบตัวกระทำสำหรับใช้ตรวจสอบเงื่อนไขขึ้นใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบฐานความรู้ โดยกลุ่มตัวแปรที่ระบุค่าสำหรับประกอบการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้จะเป็นการกำหนดค่าเป็นลิสต์แทนการกำหนดในลักษณะของโดเมน

```
:- lib(ordset).  
:- op(701,fx,if).  
:- op(702,yfx,then).  
:- op(703,yfx,else).  
:- op(704,yf,end).  
if A then B end:- A -> B.  
if A then B else C end:- A ->B;C.
```

ภาพที่ 7 แสดงไลบรารีที่จำเป็น และวิธีออกแบบตัวกระทำ

```
%%% More Domain for Input %%%  
K &= ['resort','forest','roasting_chicken','stone_castle'],  
%%% More Domain for Goal's Component %%%  
menuask(Sin), (if ord_subset([Sin],B) then (menuask(Lin), if ord_subset([Sin,Lin],B) then Vout &= 'Bangkok' else  
%%% Do Something %%% end).
```

ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างบางส่วนของฐานความรู้ในรูปแบบที่ 2

```
Select the value from _254{[hotel, resort]}  
Enter the choice > resort  
Select the value from _284{[beach, forest, hot spring, shopping]}  
Enter the choice > forest  
Select the value from _310{[ceramic bowl, pearl, roasting chicken]}  
Enter the choice > roasting chicken  
Select the value from _336{[coal mine, coral, stone castle]}  
Enter the choice > stone castle  
The answer is Korat  
expert-shell>  
The answer is Korat  
The known storage are  
[stone castle, roasting chicken, forest, resort]  
expert-shell>  
>>>>Goodbye, see you later<<<<
```

ภาพที่ 9 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบที่พัฒนาตามรูปแบบที่ 2

จากภาพที่ 9 พบว่า รูปแบบที่ 2 นั้นสามารถแสดงคำถามและคำตอบได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนดไว้ แต่เนื่องจากการพัฒนาต่อยอดจากรูปแบบที่ 1 ซึ่งสามารถใช้ได้กับข้อมูลชุดนี้เท่านั้น ผู้วิจัยจะต้องออกแบบการแสดงผลคำถามและคำตอบของระบบใหม่ให้สามารถใช้ได้กับข้อมูลทั่วไป ตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเกิดการพัฒนารูปแบบที่ 3

รูปแบบที่ 3: ในการพัฒนาให้ระบบสามารถรองรับฐานความรู้ใดๆ ได้นั้น ผู้วิจัยต้องออกแบบฐานความรู้ใหม่ในส่วนของการตรวจสอบเงื่อนไข และออกแบบ predicate ใหม่ชื่อ liken ให้มีการทำงานสัมพันธ์กับฐานความรู้ใหม่

```
Please select value of stay from : _262{[hotel, resort]}  
Your input is : resort  
Please select value of like from : _292{[beach, forest, hot_spring, shopping]}  
Your input is : forest  
Please select value of buy from : _318{[ceramic_bowl, pearl, roasting_chicken]}  
Your input is : roasting_chicken  
Please select value of will_see from : _344{[coal_mine, coral, stone_castle]}  
Your input is : stone_castle  
The answer is Korat  
expert-shell>  
The answer is Korat  
The known storage are  
[[stay, resort], [like, forest], [buy, roasting_chicken], [will_see, stone_castle]]  
expert-shell>  
>>>>Goodbye, see you later<<<<
```

ภาพที่ 10 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบที่พัฒนาตามรูปแบบที่ 3

```
(if liken([Sin,Lin],B, [stay,like],true) then Vout &= 'Bangkok' end;  
%%% More Knowledge Here %%%  
if liken([Sin,Lin,Bin,Win],K, [stay,like,buy,will_see],true) then Vout &= 'Korat' end ).
```

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างลักษณะฐานความรู้ที่ใช้ได้กับ liken

<pre> likem([_],[Db],[Att],Flag):- known([Att,Old]),!, (if Old==Db then Flag = true else Flag = fail end). likem([In],[Db],[Att],Flag):- \+known([Att,_]), menuask(Att,In),!, (if In==Db then Flag = true else Flag = fail end). </pre>	<pre> likem([_][Tn],[Db][Td],[Att][Ta],Flag):- known([Att,Old]),!, (if Old==Db then liken(Tn,Td,Ta,Flag) else Flag = fail end). likem([In][Tn],[Db][Td],[Att][Ta],Flag):- \+known([Att,_]), menuask(Att,In),!, (if In==Db then liken(Tn,Td,Ta,Flag) else Flag = fail end). </pre>
---	---

ภาพที่ 12 แสดง predicate ชื่อ liken ที่ออกแบบใหม่

ระบบจากรูปแบบที่ 3 สามารถแสดงผลลัพธ์ได้เช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 ตามตัวอย่างในภาพที่ 10 แต่จะมีรายละเอียดของแอททริบิวต์สำหรับตัวแปรรับค่าแต่ละตัวเพิ่มเข้ามา แต่เมื่อผู้วิจัยได้นำวิธีนี้ไปทดลองกับข้อมูลเดียวกันกับที่พัฒนาด้วยภาษาโปรล็อกพบว่า ลำดับในการแสดงผลของระบบไม่เป็นไปตามที่คาดเอาไว้ และรูปแบบการทำงานของระบบซับซ้อนและมีการวนซ้ำที่ predicate ชื่อ liken มากเกินไปทำให้ไม่สามารถยอมรับได้ว่ารูปแบบที่ 3 นี้จะเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดได้

รูปแบบที่ 4: จากการวิจัยโดยทดลองปรับเปลี่ยนรูปแบบของฐานความรู้ใหม่ในรูปแบบทั้งสามที่กล่าวไปแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยต้องเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบมาสนใจปรับเปลี่ยนที่ตัวเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญแทน ซึ่งจากการวิจัยพบว่า รูปแบบที่ 4 นี้มีการเปลี่ยนแปลงแค่ส่วนเล็กๆ ภายใน menuask เพียงอย่างเดียว และฐานความรู้ที่ใช้อย่างไม่จำเป็นต้องออกแบบใหม่ สามารถใช้รูปแบบเดียวกันกับฐานความรู้ของระบบที่พัฒนาด้วยภาษาโปรล็อกตามที่แสดงในภาพที่ 1

```

menuask(Pred,Value,Menu):- C&::Menu, menuask(Pred,C), known([Pred,Value]),!.
menuask(Pred,_):- known([Pred,_]),!.
menuask(Attribute,C):- write('What is the value for '), write(Attribute), writeln('?'),
    writeln(C), write('Enter the choice > '), read(C),writeln(C),
    asserta(known([Attribute,C])).

```

ภาพที่ 13 แสดง menuask ที่ออกแบบด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ

เมื่อเปรียบเทียบโค้ดในภาพที่ 1 กับภาพที่ 13 จะเห็นความแตกต่างที่การส่งตัวแปร บรรทัดแรกในภาพที่ 13 Menu ที่ส่งมานั้นจะอยู่ในลักษณะของลิสต์ (ดูภาพที่ 1) สามารถใช้กำหนดขอบเขตของตัวแปรตามวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับได้ และบรรทัดที่สี่ในภาพที่ 13 จะเห็นว่าสามารถใช้ตัวแปรที่มีการกำหนดขอบเขตนั้นแสดงเมนูของคำตอบได้ และใช้เป็นตัวแปรรับค่าจากผู้ใช้งาน

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองเปรียบเทียบจำนวนบรรทัดของโค้ด ขนาดของไฟล์ข้อมูล และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลระหว่างระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้กับระบบที่พัฒนาด้วยภาษาโปรล็อก ภายใต้ต้องประกอบเดียวกันในเรื่อง รูปแบบการทำงานที่คล้ายคลึงกันของระบบ และฐานความรู้ที่มาจากข้อมูลเดียวกันคือ ฐานความรู้

ของ Nursery ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ต้องรับจากผู้ใช้งานจำนวน 8 ค่า (health, has_nurs, parents, social, housing, finance, form, children) ตัวอย่างฐานความรู้ที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัยจะแสดงในภาพที่ 14 สำหรับเปลือก ระบบภาษาโปรล็อก และในภาพที่ 15 สำหรับเปลือกระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

```

top_goal(X) :- class(X).
class(very_recom) :- health(recommended), has_nurs(proper), parents(usual), (social(nonprob);
                    social(very_prob)), housing(convenient), finance(convenient),
                    (form(completed); form(incomplete); form(foster)).
%%% More Knowledge Here %%%

health(X) :- menuask(health, X, [recommended, priority, not_recom]).
has_nurs(X) :- menuask(has_nurs, X, [proper, less_proper, improper, critical, very_crit]).
%%% More Attribute Here %%%
    
```

ภาพที่ 14 ตัวอย่างฐานความรู้สำหรับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อก

```

%%% Do Something %%%
class(very_recom) :- health(recommended), has_nurs(proper), parents(usual), social(S),
                    housing(convenient), finance(convenient), form(M),
                    S &:: [nonprob, slightly_prob], M &:: [completed, incomplete, foster].
%%% Do Something %%%
    
```

ภาพที่ 15 ตัวอย่างฐานความรู้สำหรับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้น

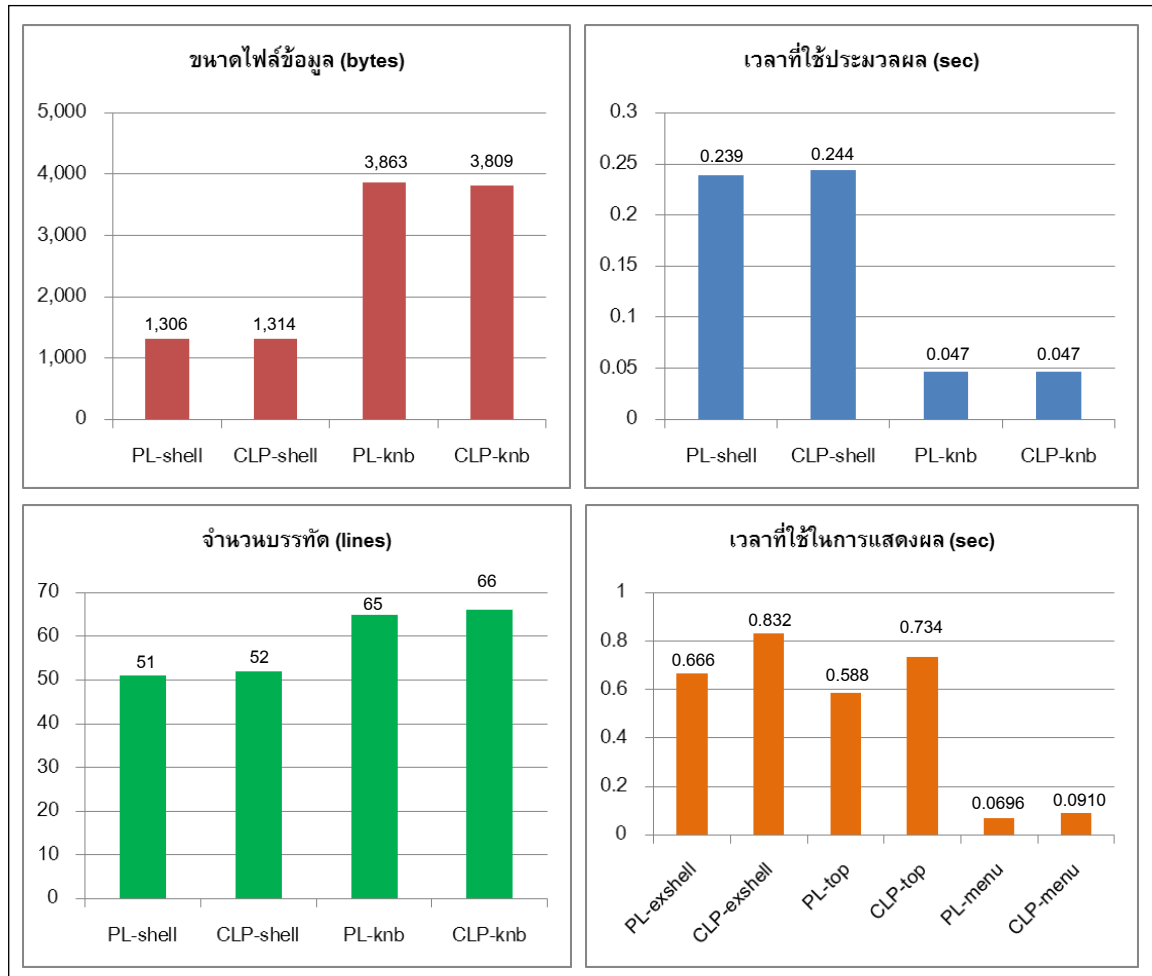
จากภาพที่ 15 จะเห็นว่า ข้อมูลที่ “or” (;) กันตามแบบในภาพที่ 14 จะถูกแทนที่ด้วยการกำหนดขอบเขต ให้ตัวแปรใหม่ ซึ่งเป็นรูปแบบในการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับที่สามารถทำได้เมื่อเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นมีรูปแบบในการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ระหว่างระบบที่พัฒนาขึ้น กับระบบภาษาโปรล็อก

	ภาษาโปรล็อก		โปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ		หมายเหตุ		
	เปลือกระบบ	ฐานความรู้	เปลือกระบบ	ฐานความรู้			
ขนาดของไฟล์	1,306	3,863	1,314	3,809	bytes		
จำนวนบรรทัด	51	65	52	66	lines		
เวลาประมวลผล							
ครั้งที่ 1	0.265	0.047	0.28	0.047	second		
ครั้งที่ 2	0.171	0.046	0.172	0.047	second		
ครั้งที่ 3	0.281	0.047	0.281	0.046	second		
เฉลี่ย	0.239	0.047	0.244	0.047	second		
เวลาแสดงผล							
	expertshell	top_goal	menuask	expertshell	top_goal	menuask	
ครั้งที่ 1	0.858	0.749	0.0776	0.889	0.796	0.0995	second
ครั้งที่ 2	0.531	0.499	0.0669	0.905	0.796	0.0995	second
ครั้งที่ 3	0.609	0.515	0.0644	0.702	0.609	0.0741	second
เฉลี่ย	0.666	0.588	0.0696	0.832	0.734	0.0910	second

ในตารางที่ 2 จะแสดงให้เห็นว่าในด้านของขนาดไฟล์นั้น ฐานความรู้ที่พัฒนาด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับมี “ขนาดเล็กกว่า” ฐานความรู้ภาษาโปรล็อก ซึ่งถ้าคิดถึงข้อมูลที่อาจจะมามากขึ้นใน

อนาคตนับว่าส่วนนี้ส่งผลดีต่อระบบโดยรวมเป็นอย่างมาก ส่วนเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับมี “ขนาดใหญ่กว่า” เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อกเล็กน้อย ส่วนในด้านของเวลาของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับทั้งที่ใช้ในการประมวลผลเวลาอ่านไฟล์ และเวลาที่ใช้ตอนแสดงผลออกหน้าจอของ predicate ต่างๆ นั้น “ช้ากว่า” ของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อก และในด้านของจำนวนบรรทัด เนื่องจากเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาด้วยวิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ จำเป็นจะต้องเรียกใช้ไลบรารีของขอบเขตเชิงสัญลักษณ์ ทำให้จำนวนบรรทัดมี “มากกว่า” ของโปรล็อกอยู่หนึ่งบรรทัด



ภาพที่ 16 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าที่ได้จากตารางที่ 2

ในงานวิจัยนี้ได้เรียกใช้ `-lib(util)` เพื่อช่วยบันทึกผลการทดลองในด้านเวลาการทำงานของ predicate ต่างๆ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการบันทึกเวลาที่ใช้ใน predicate ชื่อ `top_goal` สามารถเขียนได้ดังนี้ “`time(top_goal(X))`” เมื่อ predicate ชื่อ `top_goal` ทำงานเสร็จโปรแกรมก็จะแสดงค่าออกทางหน้าจอ มีหน่วยเป็นวินาที

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีการออกแบบเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับทั้งหมด 4 รูปแบบด้วยกัน รูปแบบที่ 1-3 เป็นการพัฒนาที่ยังมีความผิดพลาดบางส่วน จึงไม่เลือกเป็นโปรแกรมต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบผลการวิจัย ซึ่งในการวัดผลการวิจัยได้เลือกรูปแบบที่ 4 ที่มีกระบวนการทำงานเหมือนกับระบบที่เป็นภาษาโปรล็อก และลักษณะการออกแบบฐานความรู้ก็คล้ายคลึงกัน จากสังเกตและบันทึกค่าผลการทดลองสรุปได้ว่า ข้อดีของเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้วิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับคือ ฐานความรู้ “มีขนาดของไฟล์ข้อมูลเล็กกว่า” ของเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อก เพราะสามารถลดปริมาณการเขียนไฟล์ฐานความรู้ให้สั้นลงได้ และเนื่องจากการประกาศในลักษณะของขอบเขตทำให้ระบบมีการตรวจสอบขอบเขตของตัวแปรที่รับจากผู้ใช้ทันที เมื่อผู้ใช้กรอกค่าผิดระบบจะหยุดการค้นหาคำตอบช่วยลดเวลาที่อาจจะสูญเสียไปในการตอบคำถามครบทุกข้อแต่ก็ไม่ได้คำตอบเช่นกัน ส่วนข้อเสียของเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้วิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับคือ ขนาดของข้อมูลเปลือกกระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ “มีขนาดใหญ่กว่า” ของภาษาโปรล็อกเล็กน้อย ส่วนเวลาที่ใช้ประมวลผลไฟล์เข้าระบบและเวลาที่ใช้ขณะแสดงผลออกหน้าจอ “มากกว่า” เปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อก และเนื่องจากการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับจำเป็นต้องเรียกใช้ไลบรารีที่จำเป็น ทำให้จำนวนบรรทัดของโค้ดเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้วิธีเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะด้วยเงื่อนไขบังคับ “มากกว่า” เปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญภาษาโปรล็อกอยู่ 1 บรรทัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Feigenbaum, Edward A. (1992). Expert Systems: Principles and Practice. In *The Encyclopedia of Computer Science and Engineering*. Stanford University: Knowledge Systems Laboratory.
- [2] Salim, M.D.; Villavicencio, A.; & Timmerman, M.A. (2002). A Method for Evaluating Expert System Shells for Classroom Instruction. *Journal of Industrial Technology*. 19(1): 1-11.
- [3] นิตยา เกิดประสพ. (2552). การประมวลผลหลังกระบวนการทำเหมืองข้อมูล. โครงการวิจัยโดยทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: รหัสโครงการ SUT7-705-48-24-13. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [4] Antoni, Niederlinski. (2011). *CLP with Elementary Constraints for Feasible Solutions. A Quick and Gentle Guide to Constraint Logic Programming via ECLiPSe*. Gliwice: pkjs.com.pl.
- [5] Eronen, Pasi; & Zitting, Jukka. (2001). An Expert System for Analyzing Firewall Rules. *CiteSeerX*.
- [6] Lee, Jae Kyu; & Kwon, Suhn Beom. (1995). *ES*: An Expert Systems Development Planner Using a Constraint and Rule-Based Approach*. n.p.: Elsevier
- [7] Muli, Hastings Kyale. (1992). *Optimization Methods in Logic Programming Applied to Expert Systems for Capital Budgeting*. Dissertation, M.S. (Systems Science Programme). Ottawa: University of Ottawa.
- [8] Roach, Devid; & Berghel, Hal. (1992). An Alternative to Constraint Logic Programming for Managing Domain Arithmetics in Prolog Expert Systems. In *ACM Proc. Conf. SIGAPP Symposium on Applied computing: technological challenges of the 1990's*. pp. 328-332. n.p.

SWU6-1026: การแปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย TRANSFORMATION OF RELATIONAL DATABASE TO A KNOWLEDGE REPOSITORY IN DEDUCTIVE DATABASE

ประภัสสร สีเนหะวัตตะ^{*}, นิตยา เกิดประสพ, กิตติศักดิ์ เกิดประสพ

Prapatsorn Sinhawattana^{*}, Nittaya Kerdprasop, Kittisak Kerdprasop

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand.

^{*}Corresponding author, E-mail: prapatsorn.sin@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการแปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย ฐานความรู้ที่ได้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็น Intentional Database (IDB) และส่วน Extensional Database (EDB) ในฐานข้อมูลนिरนัย ผู้วิจัยจะแสดงการแปลงข้อมูลโดยใช้ภาษาดาต้าล็อก และมีการนำกฎหรือรูปแบบข้อมูลที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลชนิด Decision-tree induction เข้ามาเพิ่มเข้าไปในส่วนของ IDB จากนั้น จะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฐานความรู้ที่ได้พบว่า ฐานความรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการค้นหาข้อมูลหรือค้นหาคำตอบจากการสอบถามข้อมูล

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลนिरนัย โปรล็อก ดาต้าล็อก ต้นไม้ตัดสินใจ (ID3)

Abstract

This paper aims to transform Relational Database to Knowledge repository in Deductive Database. Knowledge Base consists of an intentional (IDB) and extensional databases (EDB). The proposed procedure consists of 2 components: the transformed database to be used an EDB, and the transformed rules from ID3 result to be used an IDB. Then, we compare the performance of the knowledge Base alone to the Knowledge Base with induced rules stored as IDB, the experiment results show that Knowledge Base with induced rules are more effective to search information or answer to queries.

Keywords: Deductive Database, Prolog, Datalog, DecisionTree (ID3)

บทนำ

ปัจจุบันในองค์กรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นบริษัทขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ต่างก็มีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้จำนวนมาก ในอดีตนั้นการจัดเก็บข้อมูลจะทำการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ในรูปแบบของแฟ้มเอกสาร ซึ่งการจัดเก็บแบบแฟ้มนั้นมีข้อเสียมาก ไม่ว่าจะเป็นความซับซ้อนของข้อมูล จำนวนข้อมูลที่มีขนาดมาก ยากต่อการแก้ไขและค้นหา ต่อมาเมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานมากขึ้น การจัดเก็บข้อมูลจึงถูกนำมาเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า ระบบฐานข้อมูล ซึ่งทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีระบบมากขึ้น ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database)

เป็นฐานข้อมูลที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างมาก [1] เป็นการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง 2 มิติ ประกอบไปด้วย แถวและคอลัมน์

การทำเหมืองข้อมูล [2-3] เป็นวิธีการหารูปแบบของข้อมูลที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลที่มีจำนวนมาก โดยอาศัยหลักสถิติ การรู้จำ การเรียนรู้ของเครื่องและหลักทางคณิตศาสตร์ ประโยชน์ของการทำเหมืองข้อมูลนั้นจะได้รูปแบบที่ช่วยในการตัดสินใจ การวางแผนและการดำเนินงานบางอย่างได้ การทำเหมืองข้อมูลจำเป็นต้องอาศัยบุคคลและความรู้จำนวนมากถึงจะได้รับประโยชน์สูงสุด

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าปัจจุบันการจัดเก็บข้อมูลมีมากขึ้น ส่งผลให้ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งข้อมูลที่มีจำนวนมากๆ นี้ บางข้อมูลก็ไม่ได้ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก และข้อมูลที่มีจำนวนมากๆ นี้ก็ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการค้นหาข้อมูล หรือการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เกิดความซับซ้อน ยุ่งยาก และใช้เวลานานมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวคิดในการที่จะแปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานความรู้ที่จะนำไปใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย [4] ฐานข้อมูลนिरนัยจะเป็นออกเป็นส่วน Extensional Database (EDB) จะประกอบไปด้วย fact ของข้อมูล และ Intentional Database (IDB) จะประกอบด้วย rule ที่ได้จากการนำ fact มาสร้างเงื่อนไข

ฐานข้อมูลนिरนัยในงานวิจัยนี้เป็นฐานข้อมูลที่เพิ่มในส่วนของการทำเหมืองข้อมูลเข้ามาช่วย ทำให้ฐานข้อมูลนिरนัยที่ได้ต่างจากฐานข้อมูลทั่วไป การทำเหมืองข้อมูลจะทำให้เราได้รูปแบบของข้อมูลขึ้นมา รูปแบบของข้อมูลนี้จะช่วยทำให้การค้นหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งยังช่วยลดเวลาในการค้นหาอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการแปลงข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานความรู้ในฐานข้อมูลนिरนัยที่จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็น EDB และ IDB ในส่วนของ IDB จะได้มาจากการทำเหมืองข้อมูล โดยใช้อัลกอริทึม ID3 ฐานความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลหรือการสอบถามข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ๆ ได้ดีขึ้น ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบได้เร็วขึ้นกว่าการค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการแปลงฐานข้อมูลไปเป็นฐานความรู้ที่ใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย ฐานความรู้ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของ fact และ rule แนวคิดในการแปลงข้อมูลเป็นฐานความรู้ภาษาที่ใช้ในการเขียนอัลกอริทึมคือ ภาษาดาต้าล็อกและภาษาโปรแกรมมิ่ง งานวิจัยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการแปลงข้อมูลเป็นฐานความรู้ และส่วนของการทำเหมืองข้อมูล

1. ส่วนของการแปลงข้อมูลเป็นฐานความรู้ ส่วนนี้เป็นการจัดการกับข้อมูลที่มีอยู่ โดยใช้โปรแกรม DES [5] เข้ามาช่วยในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ fact

ตัวอย่างในการแปลงข้อมูลจากตารางในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย จากรูปที่ 1 จะเป็นข้อมูลตัวอย่างจากตารางในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จากนั้นเราจะทำการแปลงข้อมูลในตารางให้อยู่ในรูปแบบของฐานความรู้ โดยการใช้ภาษาดาต้าล็อกในการสร้างตารางข้อมูลขึ้นมาจากรูปที่ 1 และจากรูปที่ 2 และจากรูปที่ 3 จะเป็นรูปแบบของข้อมูลที่ได้ทำการแปลงแล้วจะอยู่ในรูปแบบของ fact

งานวิจัยที่ทำการศึกษานี้จะทำการแปลงข้อมูลในตารางทุกตารางของข้อมูลที่จะนำมาแปลงเป็นฐานความรู้ จากนั้นจะทำการเก็บบันทึกข้อมูลใหม่ไว้ที่ไฟล์ .di เพื่อจัดเก็บเป็นฐานความรู้ในฐานข้อมูลนिरนัย

No	Parents	Hasnurs	Form	Children	Housing	Finance	Social	Health	Class
1	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	nonprob	recommended	recommend
2	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	nonprob	priority	priority
3	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	nonprob	not_recom	not_recom
4	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	slightly_prob	recommended	recommend
5	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	slightly_prob	priority	priority
6	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	slightly_prob	not_recom	not_recom
7	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	problematic	recommended	priority
8	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	problematic	priority	priority
9	usual	proper	complete	one	convenient	convenient	problematic	not_recom	not_recom
10	usual	proper	complete	one	convenient	inconv	nonprob	recommended	very_recom
11	usual	proper	complete	one	convenient	inconv	nonprob	priority	priority
12	usual	proper	complete	one	convenient	inconv	nonprob	not_recom	not_recom
13	usual	proper	complete	one	convenient	inconv	slightly_prob	recommended	very_recom

ภาพที่ 1 ตัวอย่างตารางข้อมูล

```

/sql
create table data(parents string,hasnurs string,form string,children string,housing
                string,finance string,social string,health string);

insert into data values('usual','proper','complete','one','convenient','convenient',
                        'nonprob','recommended');
insert into data values('usual','proper','complete','one','convenient','convenient',
                        'nonprob','priority');
insert into data values('usual','proper','complete','one','convenient','convenient',
                        'nonprob','notrecom');
..
..
..
..
..
insert into data values('greatpret','verycrit','foster','more','critical','inconv',
                        'problematic','priority');
insert into data values('greatpret','verycrit','foster','more','critical','inconv',
                        'problematic','notrecom');
select * from data;
    
```

ภาพที่ 2 ตัวอย่างของภาษาดาต้าล็อกที่ใช้ในการสร้างฐานความรู้

```
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob,  
notrecom, notrecom) .  
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob,  
priority, specprior) .  
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob,  
recommended, priority) .  
..  
..  
..  
..  
..  
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob,  
notrecom, notrecom) .  
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob,  
priority, specprior) .  
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob,  
recommended, specprior) .  
:-type (data (parents:string, hasnurs:string, form:string, children:string,  
housing:string, finance:string, social:string, health:string, nursery:string)) .
```

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของข้อมูลในฐานความรู้ที่ได้

2. ส่วนของการทำเหมืองข้อมูล ส่วนนี้จะเป็นส่วนการค้นหาคความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อที่จะนำความสัมพันธ์ที่ได้มาสร้างเป็นกฎในฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลเชิงอุปนัย อัลกอริทึมที่ใช้คือ อัลกอริทึม ID3 เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) จะใช้ค่าเกณฑ์ของสารสนเทศในการตัดสินใจที่จะเลือกคุณสมบัติแอททริบิวต์ที่จะใช้เป็นรากหรือโหนดในต้นไม้ โดยดูจากค่าเกณฑ์สูงสุด

ในงานวิจัยนี้จะใช้ภาษาโปรล็อกในการเขียนอัลกอริทึม ID3 ขึ้นมาเพื่อใช้กับข้อมูลในฐานข้อมูลที่จะทำการแปลงเป็นฐานความรู้ ผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมนี้จะออกมาได้รูปแบบของกฎ (IF-THEN) แล้วจากนั้นจะทำการแปลงกฎที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของ rule ในฐานความรู้ แล้วทำการเพิ่มเข้ารวมเข้าไปกับข้อมูลที่ได้จากส่วนของการแปลงข้อมูลเป็นฐานความรู้

จากตัวอย่างข้อมูลในตาราง (ภาพที่ 1) เมื่อนำข้อมูลมาทำเหมืองข้อมูลจะได้รูปแบบของข้อมูล ดังภาพที่ 4 ข้อมูลที่ได้นั้น เราจะนำมาทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของภาษาดาด้าล็อก ซึ่งรูปแบบของการแปลงจะอยู่ในรูปแบบดังภาพที่ 5 จากรูปจะเห็นได้ว่าลักษณะของ Rule ที่จะมีลักษณะคล้ายกับรูปแบบข้อมูล เพียงแต่ส่วนของ IF และ THEN จะสลับตำแหน่งกัน

```
if[health=notrecom] then[notrecom].
if[health=priority, hasnurs=verycrit, children=more] then[specprior].
if[health=priority, hasnurs=verycrit, children=two] then[specprior].

..
..
..
..
..

if[health=recommended, hasnurs=proper, parents=usual, social=nonprob,
housing=convenient, finance=convenient, children=more] then[veryrecom].
if[health=recommended, hasnurs=proper, parents=usual, social=nonprob,
housing=convenient, finance=convenient, children=one, form=completed]
then[veryrecom].
if[health=recommended, hasnurs=proper, parents=usual, social=nonprob,
housing=convenient, finance=convenient, children=one, form=complete]
then[recommend].
```

ภาพที่ 4 รูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล

```
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, notrecom) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=notrecom.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, specprior) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=priority,
C2=critical, C1=usual, C5=critical, C4=two.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, specprior) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=priority,
C2=critical, C1=usual, C5=critical, C4=one, C3=foster.

..
..
..
..
..

rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, priority) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=priority,
C2=improper, C1=usual.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, veryrecom) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=recommended,
C2=proper, C1=usual, C7=nonprob, C5=convenient,
C6=convenient, C4=three.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, priority) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=recommended,
C2=critical, C1=usual, C7=nonprob.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, recommend) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8), C8=recommended,
C2=proper, C1=usual, C7=nonprob, C5=convenient,
C6=convenient, C4=one, C3=complete.
```

ภาพที่ 5 รูปแบบของข้อมูลในภาษาดาด้าล็อก

การทดสอบและประเมินผลของงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบความถูกต้องและเวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลหรือค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลที่เป็นฐานความรู้เพื่อใช้ในฐานข้อมูลนिरนัย ซึ่งฐานความรู้ที่ทำการเปรียบเทียบจะมีสองรูปแบบ คือ ฐานความรู้ที่เป็น Fact ข้อมูลเพียงอย่างเดียว กับฐานความรู้ที่มี Rule จากการทำเหมืองข้อมูลมาเพิ่มเข้าไป จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฐานความรู้ทั้งสองแบบ

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการค้นหาข้อมูลหรือสอบถามข้อมูลจากฐานความรู้ที่ใช้ในฐานข้อมูลนिरนัยแบบธรรมดา และแบบที่ทำการเพิ่ม rule จากที่ได้จากอัลกอริทึม ID3 เพิ่มเข้ามา

ข้อมูลที่ใช้ทดลองในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล 9 แอททริบิวต์ 12690 เรคคอร์ด มาทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของฐานความรู้ ฐานความรู้ที่ได้จะประกอบไปด้วยข้อมูลและรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากอัลกอริทึม ID3 จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฐานความรู้ที่ได้กับฐานความรู้ธรรมดาที่ไม่มีรูปแบบของข้อมูล

จากภาพที่ 6 จะเป็นฐานความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะประกอบไปด้วยข้อมูล (fact) และรูปแบบของข้อมูลที่ได้อีกมาจาก ID3 และทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของ rule

จากการทดลองของงานวิจัยจะทำการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลกับฐานความรู้ธรรมดาที่มีเพียงแต่ข้อมูลเพียงอย่างเดียว ดังภาพที่ 7 ในส่วนของการสอบถามข้อมูลจะทำการทดสอบโดยการสอบถามข้อมูลออกเป็น 2 แบบ คือ สอบถามข้อมูลที่ตรงกับรูปแบบของข้อมูลและสอบถามข้อมูลที่ไม่ตรงกับรูปแบบของข้อมูล จากนั้นจะทำการจับเวลาในการค้นหาข้อมูลแต่ละคำถาม ผลที่ได้จากการสอบถามข้อมูลจะเป็นไปตามตารางที่ 1 และภาพที่ 8-9 จะเป็นการแสดงกราฟเปรียบเทียบเวลาของการสอบถามข้อมูลทั้งสองแบบพบว่า เวลาในการสอบถามข้อมูลของฐานความรู้ที่มี rule จากอัลกอริทึม ID3 เพิ่มเข้าไปจะช่วยให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบนั้นน้อยกว่ากว่าฐานความรู้ธรรมดา

```
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob, notrecom) .
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob, priority) .
..
..
..
..

data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob, priority) .
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob, recommended) .
:-type (data (parents:string, hasnurs:string, form:string, children:string, housing:string,
finance:string, social:string, health:string) ) .
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, notrecom) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8) , C8=notrecom.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, specprior) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8) , C8=priority,
C2=verycrit, C4=more.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, priority) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8) , C8=recommended,
C2=proper, C1=usual, C7=nonprob, C5=convenient,
C6=inconv, C4=more.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, veryrecom) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8) , C8=recommended,
C2=proper, C1=usual, C7=nonprob, C5=convenient,
C6=convenient, C4=three.
rule (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, recommend) :-data (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8) , C8=recommended,
C2=proper, C1=usual, C7=nonprob, C5=convenient,
C6=convenient, C4=one, C3=complete.
```

ภาพที่ 6 ตัวอย่างฐานความรู้ของงานวิจัย

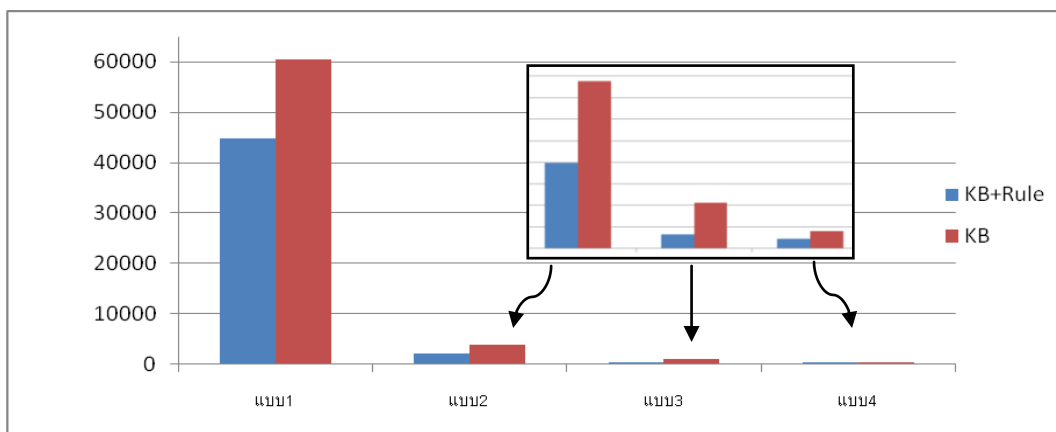
```
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob, notrecom, notrecom) .
data (greatpret, critical, complete, more, convenient, convenient, nonprob, priority, specprior) .
..
..
..
..

data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob, notrecom, notrecom) .
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob, priority, specprior) .
data (usual, verycrit, incomplete, two, lessconv, inconv, slightlyprob, recommended, specprior) .
:-type (data (parents:string, hasnurs:string, form:string, children:string, housing:string,
finance:string, social:string, health:string, nursery:string) ) .
```

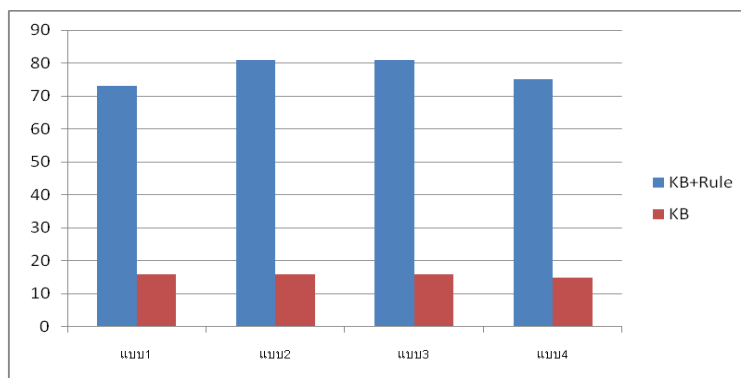
ภาพที่ 7 ฐานความรู้ที่นำมาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงเวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูล

Query	KB+rule	KB
	เวลา (ms)	
ตรงกับรูปแบบข้อมูล (rule)		
(C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,priority)	44685	60418
(greatpret,C2,C3,more,C5,inconv,C7,priority,R)	1987	3877
(C1,improper,C3,two,critical,inconv,C7,priority,specprior)	327	1057
(pretentious,improper,foster,C4,convenient,C6,problematic,notrecom,notrecom)	225	403
ไม่ตรงกับรูปแบบข้อมูล(rule)		
(C1,C2,C3,mo,C5,C6,C7,C8,Re)	73	16
(C1,C2,C3,C4,C5,test,C7,notrecom,R)	81	16
(usual,improper,complete,one,C5,incomplete,C7,notrecom,specprior)	81	16
(pretentious,improper,completed,three,convenient,inconv,nonprob,notrecom,veryrecom)	75	15



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลแบบตรงกับรูปแบบข้อมูล (Rule)



ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลแบบไม่ตรงกับรูปแบบข้อมูล (Rule)

สรุปและอภิปรายผล

จากผลทดลองดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการนำ rule ที่ได้จากอัลกอริทึม ID3 เข้ามาในฐานความรู้แล้ว จะช่วยให้เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบหาคำตอบให้กับการสอบถามข้อมูลลดลงไปจากเวลาที่ใช้ตรวจสอบหาคำตอบจากฐานความรู้ธรรมดาที่มีเพียงข้อมูลอย่างเดียว เนื่องจากว่าฐานความรู้ที่มี rule อยู่ด้วยนั้น เมื่อทำการป้อนการสอบถามเข้าไปแล้ว จะเข้าไปตรวจเช็คที่ rule ที่มีก่อนจึงทำให้เวลาที่ได้เร็วกว่าแบบธรรมดาที่ต้องเข้าไปตรวจสอบทุกข้อมูลที่มีอยู่จนกว่าจะพบคำตอบที่ต้องการ แต่เมื่อทำการป้อนการสอบถามข้อมูลที่ไม่ตรงกับ rule แล้วจะพบว่าเวลาที่ได้จะมากกว่าแหล่งข้อมูลธรรมดาที่ไม่มี rule ดังนั้นแหล่งข้อมูลที่ได้จากการเพิ่ม rule ของอัลกอริทึม ID3 เข้าไปจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการค้นหาคำตอบของการสอบถามข้อมูลที่มีอยู่ในแหล่งข้อมูลนั้น และยังพบข้อดีเมื่อทำการสอบถามข้อมูลที่ไม่ตรงกับรูปแบบที่มีอยู่จะใช้เวลาได้นานกว่าฐานความรู้ที่ไม่มี rule

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

- [1] รวิวรรณ เทนอิสสระ. (2543). *ฐานข้อมูลและการออกแบบ*. กรุงเทพฯ: เอิร์ดเวฟ เอ็ดดูเคชั่น.
- [2] นิตยา เกิดประสพ. (2547). *เอกสารประกอบการสอนวิชาการค้นหาความรู้และการขุดค้นข้อมูล*. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3] Tom M, Mitchell. (1997). *Machine Learning*. Singapore: McGraw-Hill.
- [4] Miguel Nussbaum. (1991). *Building a deductive database*. New Jersey: Ablex.
- [5] Fernando Sáenz-Pérez. (2011). *Datalog Educational System V2.5 User's Manual*. Retrieved September 22, 2011, from <http://cdnetworks-kr-1.dl.sourceforge.net/project/des/des/des2.5/manualDES2.5.pdf>

SWU6-1039: ไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซีในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง

PYROLYSIS OF USED LUBRICATING OIL TO LIQUID FUELS ON FCC CATALYST IN CONTINUOUS REACTOR

อรธิชา เอกสกุลบัณฑิต*, ธารพงษ์ วิทิตศานต์

Ornthicha Eaksakulbandit*, Tharapong Vitidsant

ภาควิชาเคมีเทคนิค, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: bow_mini@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปริมาณน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในแต่ละปี จะเห็นว่าหากไม่มีการจัดการอย่างถูกวิธีอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ไพโรไลซิสถือเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการกับปัญหาขยะและเป็นวิธีที่ให้คุณค่าทางเศรษฐกิจ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลต่อไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง การทดลองดำเนินการที่อุณหภูมิ 380-420 องศาเซลเซียส, อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2-4 กรัมต่อนาที และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2.4-24.0 กรัม เพื่อหาร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แนฟทากับดีเซลที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ในช่วงจุดเดือดที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น (Simulated distillation gas chromatograph) จากการทดลองพบว่าภาวะที่ให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แนฟทาและดีเซลมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 4.8 กรัม โดยได้ร้อยละผลได้ของแนฟทา 44.00 และดีเซลร้อยละ 24.00

คำสำคัญ: ไพโรไลซิส น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี

Abstract

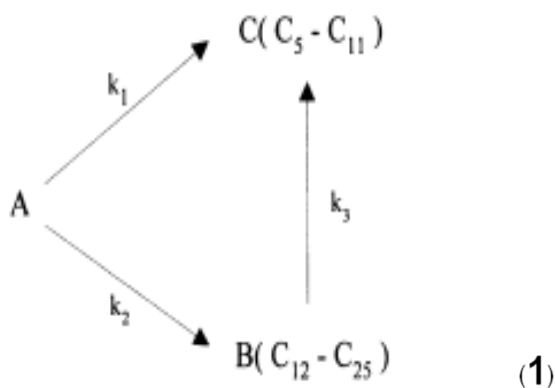
The amount of used lubricating oil are increasingly generated every year in the world. Notice that if not managed properly can result in significant environmental impacts. The pyrolysis is considered as a suitable technology to deal with waste problems solving. Pyrolysis is a method that provides economic value and to reduce and eliminate waste. The main purpose of this work is to study the joint effect of factors on response to pyrolysis process of used lubricating oil to liquid fuels on FCC catalyst in continuous reactor. To determine the optimum yield of product, experiments were carried out at a temperature range of 380–420 °C, feed rate 2-4 g/min and using 2.4-24.0 g of FCC catalysts. Liquid products were analyzed by Simulated Distillation Gas Chromatography. Experimental results showed that temperature of 380 °C, feed rate 4 g/min by using 4.8 g of FCC catalyst is the optimum condition. Selectivity of oil product was 44 % of naphtha and 24% of diesel.

Keywords: Pyrolysis, Used lubricating oil, FCC catalyst

บทนำ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา ทำให้เกิดความจำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนต้องสั่งเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นเป็นวัตถุดิบสิ้นเปลืองที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในโรงงาน การขับเคลื่อนเครื่องยนต์ของยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถยนต์ รถไฟ เรือ และเครื่องบิน เป็นต้น เมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานแล้วคุณสมบัติของสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นจะเปลี่ยนไป น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมีโลหะหนักที่เป็นพิษและสารพิษที่เกิดการสะสมขึ้นในภายหลังการใช้งานอย่างหนัก เช่น ตะกั่ว นิเกิล สังกะสี โทลูอีน สาร PCB เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้ก่อปัญหาร้ายแรงสำหรับการใช้งานเป็นเชื้อเพลิงครั้งที่สองหรือการใช้งานอื่น ๆ นอกจากนี้อาจทำให้เกิดมะเร็ง ซึ่งน้ำมันเหล่านี้บางส่วนถูกนำไปบำบัดหรือรีไซเคิล แต่มีบางส่วนถูกปล่อยลงสู่ธรรมชาติ โดยจะไปสะสมเป็นตะกอนตามแหล่งน้ำต่างๆ ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เกิดความคิดที่จะนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วซึ่งเป็นน้ำมันชนิดหนักมาแปรสภาพให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่มีคุณค่าและนำกลับมาใช้ได้อีก [1]

ไพโรไลซิส คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ความร้อนในภาวะที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนในปริมาณที่น้อยมากโดยเกิดการแตกของพันธะโมเลกุลในองค์ประกอบจากสายโซ่พันธะเคมียาว ๆ กลายเป็นสายโซ่สั้น ๆ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบคาร์บอนระเหยได้จะกลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงบางส่วนที่ถูกควบแน่นจะกลายเป็นของเหลว (น้ำมัน) [2] ไพโรไลซิสเป็นวิธีที่มีประโยชน์มากกว่าวิธีการอื่น ๆ และเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในมุมมองที่เกี่ยวกับพลังงานคือ ผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส เช่น แก๊ส น้ำมันเหลว และของแข็งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ [2] การสลายตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้รับรายงานประกอบด้วยเนฟทาเคโรซีน แก๊สออยล์ และน้ำมันสายโซ่ยาวมากกว่าร้อยละ 30 (ซึ่งก่อนไพโรไลซิสจะมีน้ำมันสายโซ่ยาวมากกว่าร้อยละ 80) โดยมีกลไกการเกิดไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลว ดังสมการที่ 1 เมื่อ A คือ น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ($>C_{25}$) [3]



จากการศึกษางานวิจัยส่วนใหญ่การทำไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจะทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบดซ์ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการพวกเชื้อเพลิงเหลวจะผสมอยู่กับน้ำมันหนักในเครื่องปฏิกรณ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเป็นการไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการจะแยกออกจากน้ำมันหนักได้ โดยเชื้อเพลิงเหลวจะออกมาในท่อขาออก ส่วนน้ำมันหนักจะอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์และยังเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวอย่างต่อเนื่องต่อไป นอกจากนี้ ในงานวิจัยได้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดและเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวปานกลางในการเกิดปฏิกิริยา สามารถทำการแตกสายโซ่ของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ให้กลายเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่เป็นของเหลวที่มีสมบัติ

ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์น้ำมันจากปิโตรเลียม นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีมีสมบัติในการเลือกจำเพาะที่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นแนฟทา

Kim et al. [3] ได้ศึกษาไพโรไลซิสของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว การทดลองทำที่อุณหภูมิ 420-440 องศาเซลเซียส และเวลาที่ทำปฏิกิริยา คือ 5-50 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ระเหยได้จะถูกจำแนกและหาปริมาณโดยแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไพโรไลซิสของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วส่วนใหญ่คือ C_5-C_{11} และ $C_{12}-C_{25}$ โดยปริมาณของไคคือ ร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนัก และปริมาณของน้ำมันคือ ร้อยละ 95-98 โดยน้ำหนัก Song et al. [4] ได้ศึกษาลักษณะของแก๊สและกากที่เหลือที่ผลิตจากไพโรไลซิสอาร์กไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว การทดลองทำที่อุณหภูมิ 1300-1500 องศาเซลเซียส และเวลาที่ทำปฏิกิริยา คือ 2 ชั่วโมง วิธีการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงมักจะใช้ในน้ำมันใช้แล้ว และใช้สำหรับการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง แก๊สที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ไฮโดรเจน (35-40%), อะเซทิลีน (13-20%), เอทิลีน (3-4%) และไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง เพื่อหาร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

สารตัวอย่าง คือน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจากร้านบี-คิว องค์กรประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วแสดงในตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วถูกกำหนดโดย ASTM D2887

สารตั้งต้นจะถูกป้อนและควบคุมอัตราการไหลเข้าด้วยปั๊มเพอริสแตติก เดิมตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 2.4-24.0 กรัมลงในเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์จนกระทั่งถึงอุณหภูมิตามภาวะการทดลองที่กำหนดคือ 380-420 องศาเซลเซียส ป้อนสารตั้งต้นเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์โดยใช้เพอริสแตติกปั๊มซึ่งอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นคือ 2-4 กรัมต่อนาที รอจนกระทั่งสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกลดอุณหภูมิกลายเป็นผลิตภัณฑ์เหลวและแก๊ส เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของสารตั้งต้นผ่านไป 2 ชั่วโมงซึ่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์เหลวที่ได้ทั้งหมดโดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวจะออกมาในท่อขาออก ในขณะที่น้ำหนักที่เหลือจะค้างอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวจะถูกวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การกระจายตัวขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันตามคาบจุดเดือดโดยจะวิเคราะห์ตามจุดเดือดของแต่ละสารดังต่อไปนี้ ในช่วง IBP-100 องศาเซลเซียส (IBP เป็นจุดเริ่มต้นเดือด) เป็นแนฟทา, 200-250 องศาเซลเซียสเป็นเคโรซีน, 250-370 องศาเซลเซียสเป็นแก๊สออยล์ และ 370-FBP องศาเซลเซียส (ที่ FBP เป็นจุดเดือดสุดท้าย) เป็นกากน้ำมัน

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ

1.1 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วก่อนไพโรไลซิสแสดงในตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นถูกวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น (ASTM D2887)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
แนฟทา	0.00
เคโรซีน	0.00
ดีเซล	5.00
แก๊สออยล์	3.00
กากน้ำมัน	92.00

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ดังตารางที่ 1 พบว่า มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น กากน้ำมัน โดยมีมากถึงร้อยละ 92.00 โดยน้ำหนัก ทำให้เห็นว่าน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่นำมาใช้ทดลองมีสารที่เป็น สารไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่และไม่พบปริมาณองค์ประกอบที่เป็นแนฟทา

1.2 คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี

ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีถูกเตรียมโดยการเผาตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงเพื่อเอาสารประกอบไนเตรตหรือแอมโมเนียมออก ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีที่ใช้แล้วถูก วิเคราะห์โดยเทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณของธาตุ Si และ Al คือร้อยละ 40.304 โดยน้ำหนัก และร้อยละ 42.031 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าตัวเร่ง ปฏิกิริยาเอพซีซีที่ใช้แล้วเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ เนื่องจากมีปริมาณของธาตุ Si และ Al อยู่มาก

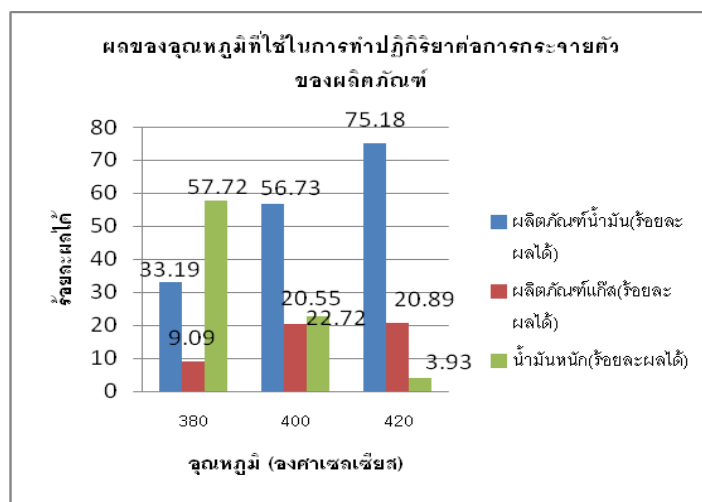
ตารางที่ 2 องค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้วที่เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ธาตุ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Na	0.312
Al	40.304
Si	42.031
P	0.202
S	0.490
K	0.240
Ca	0.370
Ti	3.081
V	0.342
Mn	0.192
Fe	3.285

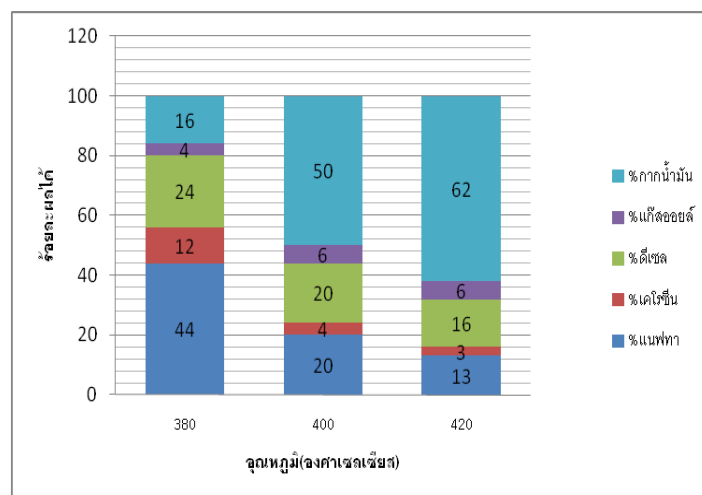
Ni	1.270
Cu	0.108
Zn	0.072
La	7.056
Ce	0.644

2. กระบวนการไพโรไลซิส

2.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์



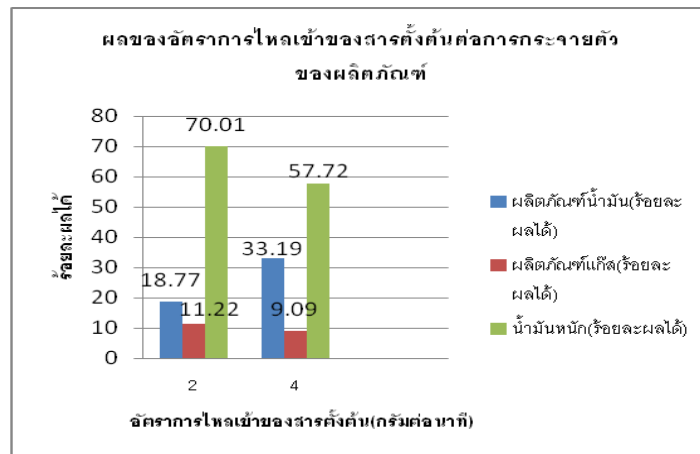
ภาพที่ 1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที และตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี 4.8 กรัม



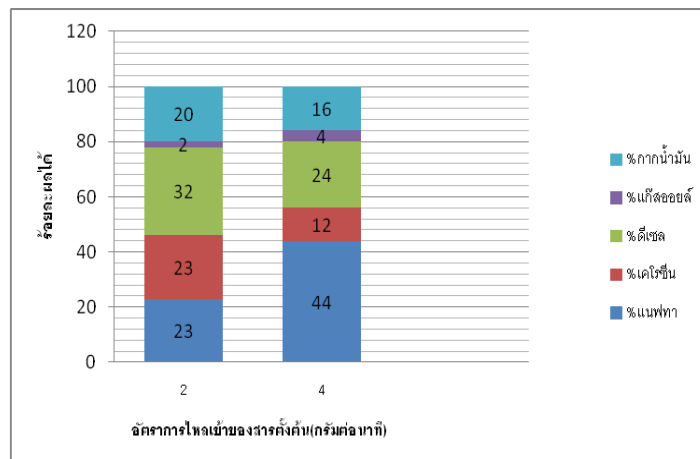
ภาพที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาใน ช่วง 380-420 องศาเซลเซียสต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที และตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี 4.8 กรัม

จากภาพที่ 1 และ 2 เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองที่ 380, 400 และ 420 องศาเซลเซียส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 4.8 กรัม พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณของผลิตภัณฑ์น้ำมันและแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากอิทธิพลของการแยกสลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการแตกย่อยของโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่จนได้โมเลกุลขนาดเล็กลง โดยที่อุณหภูมิ 380, 400 และ 420 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันอยู่ร้อยละ 33.19, 56.73 และ 75.18 ตามลำดับ และมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สอยู่ร้อยละ 9.09, 20.55 และ 20.89 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของน้ำมันหนักลดลง โดยที่อุณหภูมิ 380, 400 และ 420 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันหนักอยู่ร้อยละ 57.72, 22.72 และ 3.93 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือด ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 2 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณแนฟทา และดีเซลจะลดลง โดยที่อุณหภูมิ 380, 400 และ 420 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลได้ของแนฟทาอยู่ร้อยละ 44.00, 20.00 และ 13.00 ตามลำดับ และมีร้อยละผลได้ของดีเซลอยู่ร้อยละ 24.00, 20.00 และ 16.00 ตามลำดับ ในขณะที่กากน้ำมันมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกย่อยของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่จนได้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กได้มากก็จริง แต่ที่อุณหภูมิสูงอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีทำให้มีโอกาสที่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กที่ได้จากการแตกตัวจะทำปฏิกิริยากันเองจึงได้เป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ทำให้ปริมาณกากน้ำมันที่ได้สูงขึ้น

2.2 ผลของอัตราการไหลช้าของสารตั้งต้นต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์



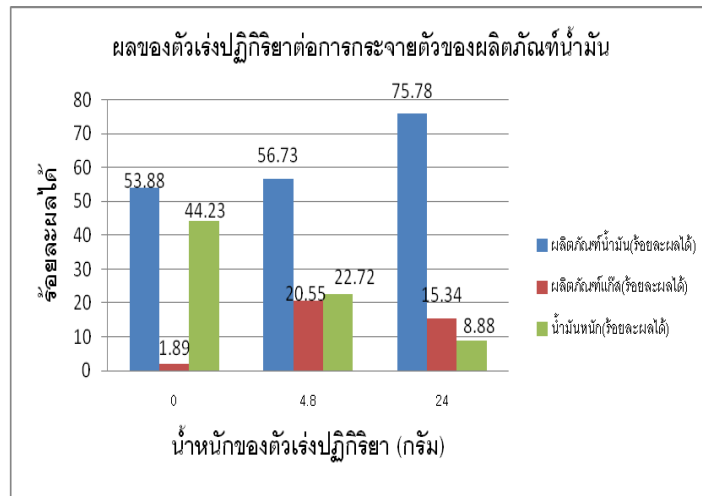
ภาพที่ 3 ผลของอัตราการไหลช้าของสารตั้งต้นต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส และตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 2.4 และ 4.8 กรัม ตามลำดับ (ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมันป้อนเข้า)



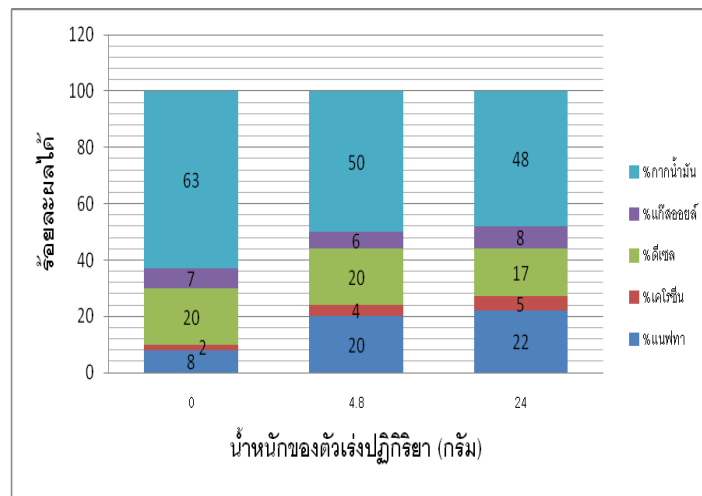
ภาพที่ 4 ผลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นในช่วง 2-4 กรัมต่อบาทต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส และตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 2.4 และ 4.8 กรัม ตามลำดับ (ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมันป้อนเข้า)

จากภาพที่ 3 และ 4 เป็นการศึกษาผลของอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นที่ 2 และ 4 กรัมต่อบาทต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส และตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 2.4 และ 4.8 กรัม ตามลำดับ (ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมันป้อนเข้า) พบว่า ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น ปริมาณของผลิตภัณฑ์น้ำมันเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น ทำให้สารตั้งต้นมีพื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อนมากจึงเกิดการแตกย่อยของโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่จนได้โมเลกุลขนาดเล็กมากขึ้น โดยที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2 และ 4 กรัมต่อบาท มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันอยู่ร้อยละ 18.77 และ 33.19 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแก๊สและน้ำมันหนักลดลง โดยมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สอยู่ร้อยละ 11.22 และ 9.09 และมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันหนักอยู่ร้อยละ 70.01 และ 57.72 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือด ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4 พบว่า ที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นสูงขึ้นจะมีปริมาณแนฟทาเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 2 และ 4 กรัมต่อบาท จะมีร้อยละผลได้ของแนฟทาอยู่ร้อยละ 23.00 และ 44.00 ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราการไหลของสารตั้งต้นสูงปริมาณน้ำมันป้อนเข้าไม่เต็มเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้สารตั้งต้นมีพื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อนมากจึงเกิดการแตกย่อยของโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่จนได้โมเลกุลขนาดเล็กมากขึ้น โดยจากกลไกการเกิดไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลว ดังสมการที่ 1 พบว่า การแตกตัวด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นของสารตั้งต้น(A) เกิดได้ดีทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็ก(C) โดยตรง หรือเกิดการแตกตัวด้วยความร้อนของสารตั้งต้น(A) ไปเป็นสาร B และเป็นสาร C ในที่สุด

2.3 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์น้ำมัน



ภาพที่ 5 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที



ภาพที่ 6 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที

จากภาพที่ 5 และ 6 เป็นการศึกษาค่าผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีโดยเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 4.8 และ 24.0 กรัม ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที พบว่า เมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวหรือบริเวณเร่งทำให้เกิดการแตกย่อยของโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่จนได้โมเลกุลขนาดเล็กมากขึ้น จึงทำให้มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันมากขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 4.8 และ 24.0 กรัม มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันอยู่ร้อยละ 56.73 และ 75.78 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแก๊สและน้ำมันหนักลดลง โดยมีร้อยละผลได้ของ

ผลิตภัณฑ์แก๊สอยู่ร้อยละ 20.55 และ 15.34 และมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันหนักอยู่ร้อยละ 22.72 และ 8.88 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือด ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 6 พบว่า เมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นจะมีปริมาณแนฟทาเพิ่มขึ้น จะมีร้อยละผลได้ของแนฟทาร์้อยละ 20.00 และ 22.00 ตามลำดับ เนื่องจากบทบาทในการเลือกจำเพาะที่ดีของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นแนฟทามากขึ้นเมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้น โดยจากกลไกการเกิดไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลว ดังสมการที่ 1 พบว่า การแตกตัวด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นของสารตั้งต้น (A) เกิดได้ดีทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็ก(C) โดยตรง หรือเกิดการแตกตัวด้วยความร้อนของสารตั้งต้น (A) ไปเป็นสาร B และเป็นสาร C ในที่สุด

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองสามารถสรุปถึงภาวะที่เหมาะสมของไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้วซึ่งวิเคราะห์โดยเทคนิค XRF มีปริมาณของธาตุ Si และ Al เท่ากับ ร้อยละ 40.304 และ 42.031 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อร้อยละการเกิดเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองเมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้วิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ในช่วงจุดเดือดที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น พบว่าภาวะที่ให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แนฟทาและดีเซลมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น 4 กรัมต่อนาที และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 4.8 กรัม โดยได้ร้อยละผลได้ของแนฟทา 44.00 และดีเซลร้อยละ 24.00

เอกสารอ้างอิง

- [1] พันธุ์ งามกนกรรณ. (2542). รายงานผลการศึกษาแนวทางการจัดเก็บน้ำมันหล่อลื่น. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2555, จาก <http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/courses/ELTC2103/termwork/oil2/used%20oil.html>
- [2] Bockhorn, H.; Hornung, A.; & Hornung, J. (1998). Stepwise pyrolysis for raw material recovery from plastic waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*: 46.
- [3] Kim, S.S.; Chun, B.H.; & Kim, S.H. (2000). Pyrolysis kinetics of waste automobile lubricating oil. *Fuel*. 79: 1943-1949.
- [4] Song, G.J.; et al. (2010). Characteristics of gas and residues produced from electric arc pyrolysis of waste lubricating oil. *Waste Management*. 30: 1230-1237.
- [5] Fuentes, M.J.; et al. (2007). Pyrolysis and combustion of waste lubricant oil from diesel cars: Decomposition and pollutants. *Journal of analytical and applied pyrolysis*. 215-226.
- [6] กุณทดณี ปนเวหา. (2554). การแยกสลายด้วยความร้อนของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้ว. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม. (เคมีเทคนิค) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SWU6-1040: การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันเมล็ดเรพบนตัวเร่งปฏิกิริยา แมกนีเซียมออกไซด์

CATALYTIC CRACKING OF RAPESEED OIL OVER MAGNESIUM OXIDE

ปรีชญา แก้วชิงดวง*, ธารพงษ์ วิทิตสานต์

Preechaya Kaewchingduang*, Tharapong Vitidsant

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: k_oamsin@hotmail.com

บทคัดย่อ

ต้นเรพเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งปลูกมากในแถบทวีปยุโรปและประเทศจีนส่วนของเมล็ดเรพมักนิยมนำมาสกัดเอาน้ำมันออกเพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซลผ่านกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน แต่ทั้งนี้หากทำปฏิกิริยาผ่านทาง การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาจะพบข้อดีกว่าคือ สารตั้งต้นที่นำมาใช้มีข้อจำกัดลดลง กระบวนการมีความซับซ้อนน้อยกว่าและมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า ในงานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันเมล็ดเรพเป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วย ช่วงอุณหภูมิการทดลองที่ 380-450 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 30-60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 1-5 บาร์ ตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ที่ปริมาณ 0.2-2 กรัม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยา ที่ให้สัดส่วนร้อยละผลได้ของเนฟทาและดีเซลที่เหมาะสม โดยเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น (Simulated Distillation Gas Chromatograph) นอกจากนี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์เปรียบเทียบกับเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จะให้ร้อยละของเนฟทามากที่สุดเมื่อใช้ อุณหภูมิในการทดลอง 380 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 30 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม โดยจะพบสัดส่วนร้อยละเนฟทาเท่ากับ 49.00 และดีเซล 22.00 การทดลองที่ให้ร้อยละของดีเซลมากที่สุดเมื่อใช้ อุณหภูมิในการทดลอง 380 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ คือ 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม โดยจะพบสัดส่วนร้อยละเนฟทาเท่ากับ 33.00 และดีเซล 33.00

คำสำคัญ: การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยา น้ำมันเมล็ดเรพ แมกนีเซียมออกไซด์

Abstract

Rapeseed is vegetable oil commonly found in Europe and China mostly used to produce biodiesel through trans-esterification reaction but processing by catalytic cracking has more advantages such as the substrate is less restrictive, process is simple and low cost of production. In this study, The catalytic cracking was conducted in batch reactor. Rapeseed oil was converted to bio-oil by catalytic cracking condition in the presence of base catalyst, magnesium oxide. The temperature range of 380-450 °C for 30-60 minutes under initial pressure of hydrogen 1-5 bar with weight of catalyst 0.2-2 g. This

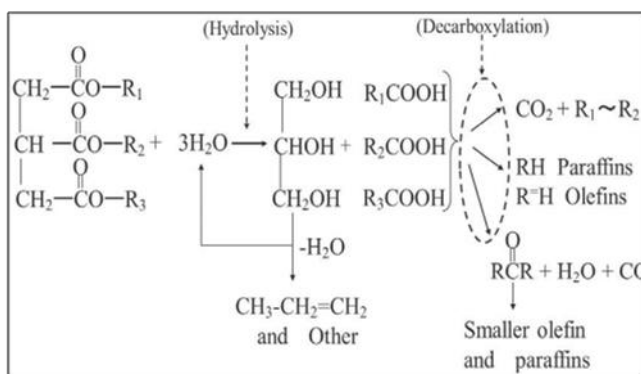
study aims to find optimum condition to give the maximum yield of naphtha and diesel in the obtained liquid product. The bio-oil yields have been determined. The bio-oil composition were analyzed by DGC analyzer. The results showed the difference composition of liquid product between using catalyst and without catalyst, bio-oil yield and composition of biodiesel depended on temperature and time. The optimum naphtha was obtained at a reaction temperature of 380°C for 30 minutes under initial pressure of hydrogen 1 bar with weight of catalyst 0.2 g. There are 49.00% of naphtha and 22.00% of diesel. The optimum diesel was obtained at a reaction temperature of 380°C for 60 minutes under initial pressure of hydrogen 1 bar with weight of catalyst 0.2 g. There are 33.00% of naphtha and 33.00% of diesel.

Keywords: Catalytic cracking, Rapeseed oil, Magnesium oxide

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้และปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดของเชื้อเพลิงฟอสซิลของโลกเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ความมั่นคงและปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่งเพื่อที่จะลดการพึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม ได้แก่ การพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การผลิตไบโอดีเซลจากพืชน้ำมันที่สามารถหาได้จากการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการแทนที่เชื้อเพลิงฟอสซิล เมื่อพิจารณาในเรื่องของปริมาณแล้วพบว่า วัตถุประสงค์จากการเกษตรนั้นสามารถปลูกทดแทนได้ตลอด แต่ปัญหาที่พบของการผลิตเชื้อเพลิงจากพืชน้ำมันจะเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของเชื้อเพลิงเหลว ความหนืด และตะกอนคาร์บอนที่เกิดขึ้น ทำให้มีการนำน้ำมันพืชมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะนิยมนำมาผลิตไบโอดีเซลผ่านทางกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ ทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมากในขั้นตอนของการล้างตัวเร่งปฏิกิริยาที่ปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์

การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากการใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติและยังให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาคือ การใช้ความร้อนในการสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมในการทำปฏิกิริยาด้วย ทั้งนี้การเลือกเกิดเป็นผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ อาจขึ้นอยู่กับภาวะและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง เทคโนโลยีนี้พบข้อดีกว่ากระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือ ใช้สารตั้งต้นที่มีข้อจำกัดน้อยลง กระบวนการที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาไม่ซับซ้อนและใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง



ภาพที่ 1 แสดงกลไกการแตกตัวของน้ำมันพืชเมื่อใช้แมกนีเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [1]

ต้นเรพเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง โดยส่วนใหญ่แล้วจะพบมากทางแถบยุโรปและในเกือบทุกมณฑลของประเทศจีน น้ำมันจากเมล็ดเรพไม่สามารถนำมาประกอบเป็นอาหารได้เนื่องจากมีงานวิจัยกล่าวว่า มีสารเคมีที่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ [2] จึงนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

N. Le Thi Hoai [3] และคณะได้ศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีรูพรุนขนาดเล็กคือ ZSM-5 และรูพรุนขนาดกลาง MCM-41 พบว่า MC-ZSM-5/MCM-41 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหมาะสมสำหรับใช้ในกระบวนการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันพืชในการผลิตเชื้อเพลิงเหลว J. Xu [4] และคณะพบว่า การแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันที่ได้จากเปลือกไม้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับเชื้อเพลิงที่ได้จากปิโตรเลียม โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสเข้าร่วมในการทำปฏิกิริยา จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันในเรื่องของค่าความร้อนที่ได้รวมถึงค่าความเป็นกรดอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมของการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันเมล็ดเรพบนตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์เพื่อให้ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองสนใจศึกษาการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันเมล็ดเรพบนตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ เริ่มจากการชั่งน้ำมันเมล็ดเรพหนัก 20 กรัม บรรจุลงในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ตามปริมาณที่กำหนดเติมลงในเครื่องปฏิกรณ์ร่วมกับน้ำมัน ตั้งตัน ปิดฝาให้เรียบร้อย นำเครื่องปฏิกรณ์ไปทำการไล่อากาศที่อยู่ภายในออกโดยผ่านแก๊สไฮโดรเจนเข้าไปและอัดแก๊สไฮโดรเจนไปยังค่าความดันที่ต้องการ สำหรับภาวะที่ใช้ในการทดลองจะกำหนดตัวแปรดังนี้คือ อุณหภูมิที่ใช้อุณหภูมิระหว่าง 380-450 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทดลองคือ 30-60 นาที ความดันของแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 1-5 บาร์ และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ 0.2-2 กรัม จากนั้นเริ่มทำการจับเวลาเมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ถึงที่กำหนด จนครบเวลาที่ทำการปฏิกิริยา นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปแยกเชื้อเพลิงเหลวออกจากกากของแข็ง ด้วยอุปกรณ์การกรองแบบสุญญากาศ และนำร้อยละผลได้ของของเหลวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแบบจำลองการกลั่นเพื่อวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวขององค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวในช่วงคาบจุดเดือดที่อุณหภูมิต่างๆ ตามมาตรฐาน ASTM D 2887 และคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนต่างๆ ต่อไป

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ

1.1 น้ำมันเมล็ดเรพ

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดเรพ

องค์ประกอบของกรดไขมัน	กรัม/100 มิลลิลิตร
Myristic acid C14:0	0.05
Palmitic acid C16:0	3.78

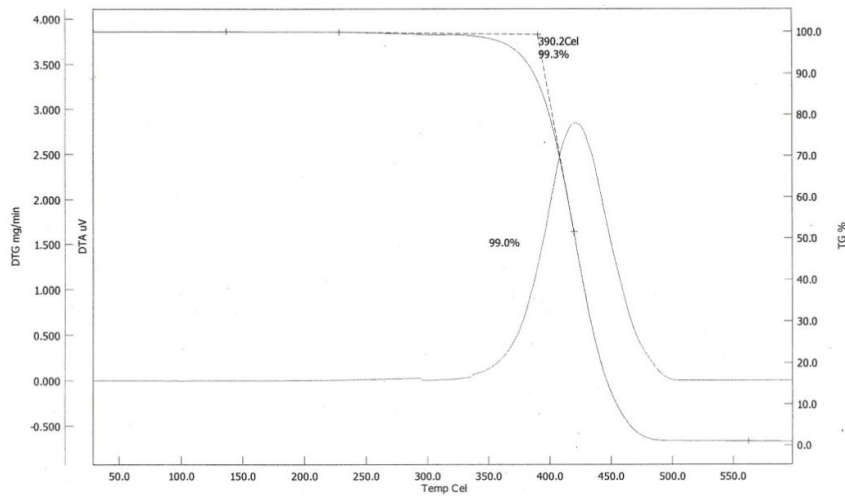
Heptadecanoic acid C17:0	0.03
Stearic acid C18:0	1.32
Arachidic acid C20:0	0.58
Lignoceric acid C24:0	0.15
Total saturated fatty acid	5.91
Palmitoleic acid C16:1 n-7	0.17
Cis-10-Heptadecenoic acid C17:1	0.10
Cis-9-Octadecenoic acid C18:1 n-9	40.67
Cis-9,12-Octadecadienoic acid C18:2 n-6	14.95
Cis-9,12,15-Octadecatrienoic acid C18:3 n-3	7.92
Cis-11-Eicosenoic acid C20:1 n-9	7.60
Cis-11,14-Eicosadienoic acid C20:2 n-6	0.24
Cis-13-Docosenoic acid C22:1 n-9	21.00
Cis-13,16-Docosadienoic acid C22:2	0.16
Cis-15-Tetracosenoic acid C24:1	0.45
Total unsaturated fatty acid	93.26
Unidentified peak	0.83

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดเรพ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟแบบจำลอง การกลั่นก่อนทำการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดเรพก่อนทำการทดลอง

จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก
IBP - 200	Naphtha (C ₅ - C ₁₂)	4.00
200 - 250	Kerosene (C ₁₂ - C ₁₅)	1.00
250 - 350	Light gas oil (C ₁₅ - C ₂₅)	1.50
350 - 370	Gas oil (C ₂₅ - C ₃₃)	1.17
370 - FBP	Long Residue (>C ₃₃)	92.33

การวิเคราะห์อุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวของน้ำมันเมล็ดเรพด้วยเทคนิค Temperature Gravimetric Analysis (TGA)



ภาพที่ 2 แสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวของน้ำมันเมล็ดเรพ

จากภาพที่ 2 แสดงการวิเคราะห์อุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวของน้ำมันเมล็ดเรพด้วยเทคนิค TGA พบว่าอุณหภูมิที่น้ำมันเมล็ดเรพสลายตัวสูงที่สุดคือที่อุณหภูมิ 390.2 องศาเซลเซียส

1.2 คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์

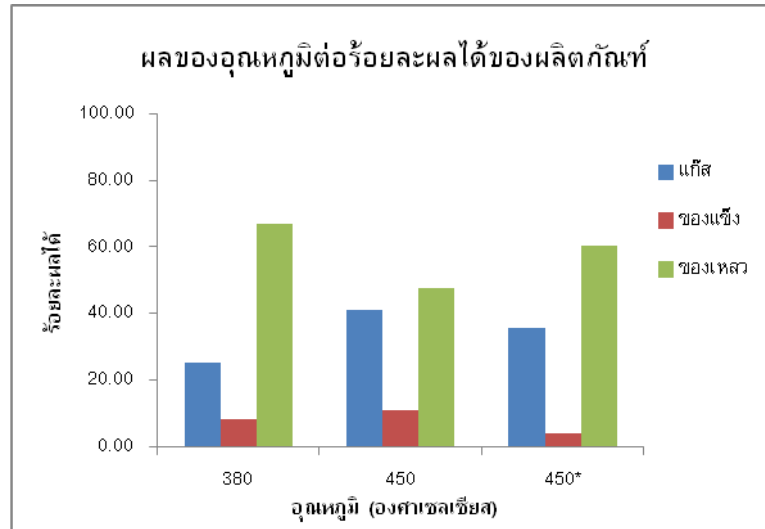
จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิค BET พบว่า แมกนีเซียมออกไซด์ มีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 89 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุน 0.076 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ด้วยเทคนิค XRF

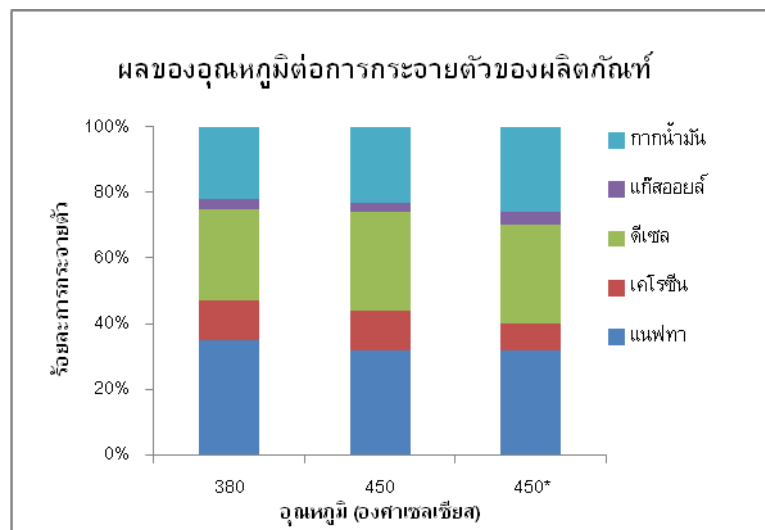
ธาตุ	สารประกอบ	ความเข้มข้น (%โดยน้ำหนัก)
Mg	MgO	97.31
Si	SiO ₂	0.13
P	P ₂ O ₅	0.38
S	SO ₃	1.58
K	K ₂ O	0.23
Ca	CaO	0.68
Sr	SrO	0.03

2. กระบวนการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยา

2.1 ผลของอุณหภูมิ



ภาพที่ 3 แสดงผลของอุณหภูมิตั้งแต่ 380-450 องศาเซลเซียส ต่อยุทธศาสตร์ผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่เวลา 60 นาที, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)

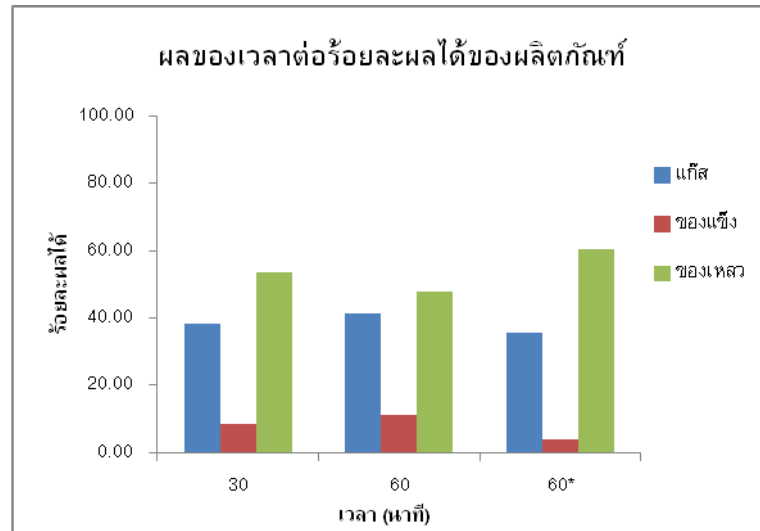


ภาพที่ 4 แสดงผลของอุณหภูมิตั้งแต่ 380-450 องศาเซลเซียส ต่อยุทธศาสตร์การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ ที่เวลา 60 นาที, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)

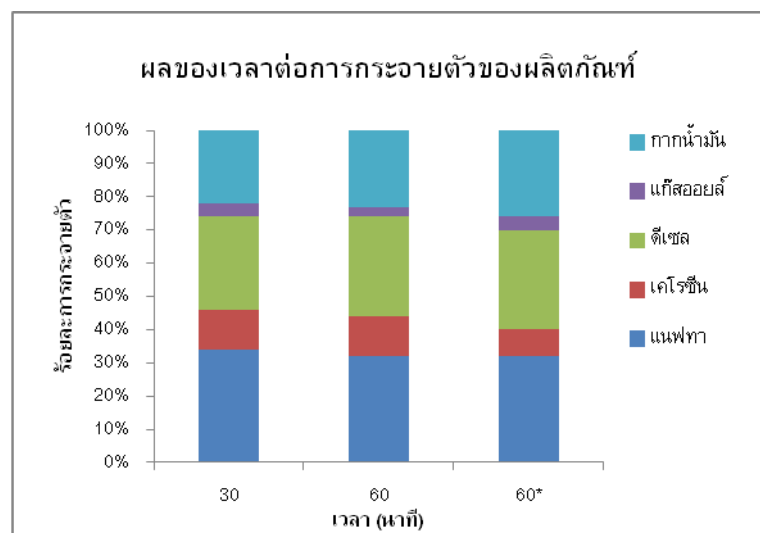
จากรูปที่ 3 และ 4 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นมีการแตกตัวโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเกิดมากขึ้น ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นสายโซ่ที่มีขนาดเล็กได้มากจึงส่งผลให้ได้อุณหภูมิของแก๊สไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส จะได้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวเป็น 60.46 ทั้งนี้เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยทำให้เกิดการแตกตัวเป็นแก๊สมากขึ้นทำให้ปริมาณของเหลวที่ลดลง องค์ประกอบของ

ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่พบ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ร้อยละผลิตภัณฑ์แนฟทาลดลง แต่จะเกิดเป็นร้อยละของดีเซลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิดแรดิเคิลที่ไม่เสถียร ทำให้เกิดการจับรวมตัวกันกลายเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเมื่อไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจะพบว่าเหลือสัดส่วนของกากน้ำมันปริมาณมากกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมด้วย โดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีบทบาทในการถ่ายโอนไฮโดรเจนและเกิดการแตกตัวของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนไปเป็นผลิตภัณฑ์

2.2 ผลของเวลา



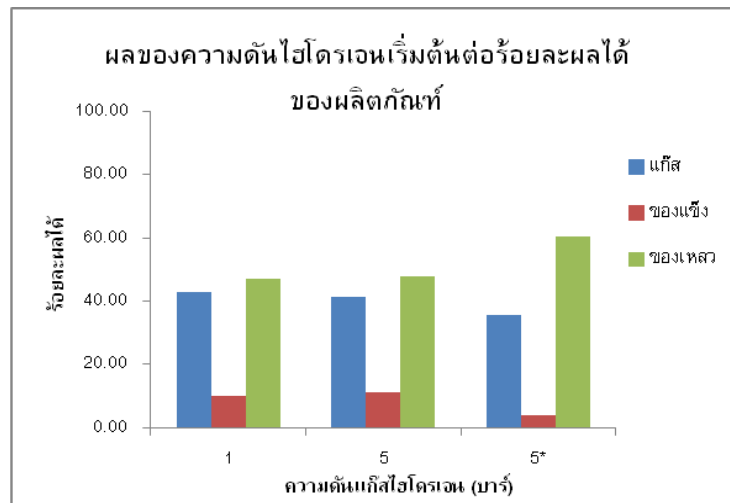
ภาพที่ 5 แสดงผลของเวลาช่วง 30-60 นาที ต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)



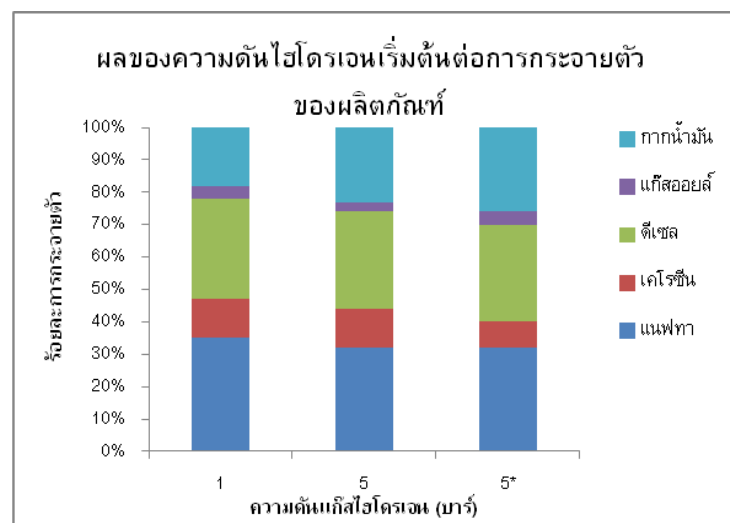
ภาพที่ 6 แสดงผลของเวลาช่วง 30-60 นาที ต่อร้อยละการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)

จากรูปที่ 5 และ 6 พบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละผลได้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวลดน้อยลง เนื่องจากเมื่อน้ำมันทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์เป็นเวลานานทำให้มีผลอย่างมากต่อการแตกตัวด้วยความร้อนกลายเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่พบ เมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แ่นพาลดลงเล็กน้อย แต่จะเกิดเป็นสัดส่วนของดีเซลเพิ่มขึ้น แสดงว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มาก สารไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลขนาดใหญ่เกิดการแยกสลายกลายเป็นโมเลกุลขนาดกลางและขนาดเล็กที่ดี เนื่องจากมีเวลามากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการแยกสลายได้อย่างทั่วถึง โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาเกิดขึ้นคือ ในขั้นแรกจะเกิดการแยกสลายตัวด้วยความร้อน อุณหภูมิจะมีอิทธิพลอย่างมากทำให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่มีลักษณะสายโซ่ยาวและซับซ้อนแตกตัวไปเป็นสายโซ่โมเลกุลขนาดกลาง เมื่อเวลาผ่านไปยังได้รับอิทธิพลจากความร้อนอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดเป็นโมเลกุลแก๊สไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น

2.3 ผลของความดันไฮโดรเจนเริ่มต้น



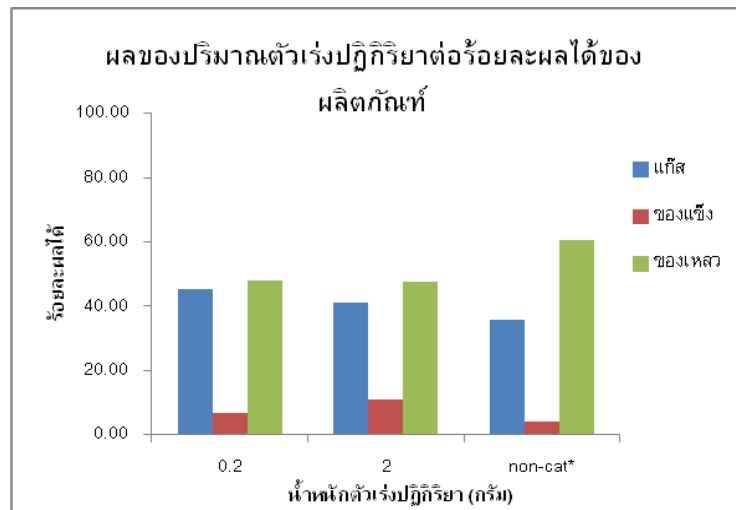
ภาพที่ 7 แสดงผลของความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นช่วง 1-5 บาร์ ต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, เวลา 60 นาที, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)



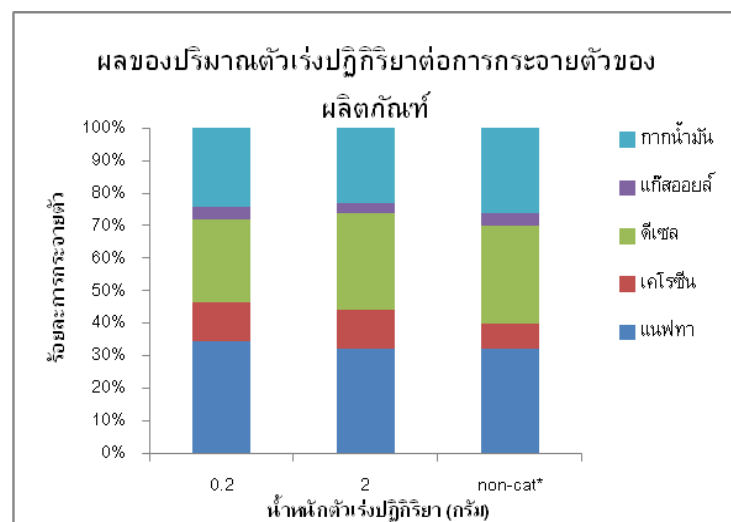
ภาพที่ 8 แสดงผลของความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นช่วง 1-5 บาร์ ต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, เวลา 60 นาที, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กรัม และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)

จากรูปที่ 7 และ 8 พบว่า เมื่อเพิ่มความดันไฮโดรเจนเริ่มต้นจาก 1 เป็น 5 บาร์ ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวพบว่า เมื่อความดันเพิ่มขึ้นจะได้อ้อยผลได้ของผลิตภัณฑ์แนฟทาสดลง การเพิ่มความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นเป็นการเพิ่มปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาการถ่ายโอนไฮโดรเจนเกิดได้ดีและเกิดการแตกตัวได้ดี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการส่งเสริมการแตกตัวด้วยไฮโดรเจน (hydrocracking) ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ทำให้เกิดความอิ่มตัวของแอโรมาติก ดังนั้นการเพิ่มความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นเป็น 5 บาร์ จึงส่งผลให้มีการแตกตัวของน้ำมันมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการทดลองที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะพบว่า สัดส่วนของกากน้ำมันที่เหลืออยู่มีจำนวนมากกว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำงานได้ดีเมื่อมีการใช้แก๊สไฮโดรเจนเข้าร่วมด้วย การเติมแก๊สไฮโดรเจนจะทำให้อนุมูลอิสระได้รับไฮโดรเจนและเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

2.4 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา



ภาพที่ 9 แสดงผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาช่วง 0.2-2 กรัม ต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, เวลา 60 นาที, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)



ภาพที่ 10 แสดงผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาช่วง 0.2-2 กรัม ต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส, เวลา 60 นาที, ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 5 บาร์และเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (*)

จากรูปที่ 9 และ 10 พบว่า เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ร้อยละผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลว ลดลงจาก 48.06 เป็น 47.76 และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวพบว่า เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยา แมกนีเซียมออกไซด์มากขึ้น จะส่งผลให้ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แอฟทาลดลง แต่จะเกิดเป็นสัดส่วนของดีเซล เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์แอฟทาและดีเซลจะไม่ขึ้นกับปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเท่าใดนัก เนื่องจากการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เหมาะสมจะมีพื้นที่ผิวหรือบริเวณเร่งปฏิกิริยาที่เพียงพอสำหรับ น้ำมันตั้งต้นแล้ว ดังนั้นการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินไปจะทำให้เป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองสามารถสรุปถึงภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการแตกตัวของน้ำมันเมล็ดเรพ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแมกนีเซียมออกไซด์ จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิค BET พบว่า แมกนีเซียมออกไซด์มีพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมดเท่ากับ 89 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุนเท่ากับ 0.076 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา และปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองเมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำมัน วิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแบบจำลองการกลั่นพบว่า เชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตได้จะให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แอฟทาลมากที่สุดเมื่อใช้ อุณหภูมิในการทดลอง 380 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 30 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม โดยจะพบสัดส่วนร้อยละแอฟทา เท่ากับ 49.00 และดีเซล 22.00 การทดลองที่ให้ร้อยละของดีเซลมากที่สุดเมื่อใช้ อุณหภูมิในการทดลอง 380 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้คือ 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 1 บาร์ และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม โดยจะพบสัดส่วนร้อยละแอฟทา เท่ากับ 33.00 และดีเซล 33.00

เอกสารอ้างอิง

- [1] Haruki,Tani; et al. (2010, November). Development of Direct Production Process of Diesel Fuel from Vegetable Oils. *Journal of Japan Institute of Energy*. 90: 466-470.
- [2] Google guru. (2551). น้ำมันเมล็ดเรพคืออะไร. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2554, จาก <http://guru.google.co.th/guru/thread?tid=18fea5616cf7ed4d>
- [3] Le, Thi Hoai Nam; et al. (2010, November). Preparation of bio-fuels by catalytic cracking reaction of vegetable oil sludge. *Fuel*. 90: 1069-1075.
- [4] Xu, Junming; et al. (2010, August). Production of hydrocarbon fuels from pyrolysis of soybean oils using a basic catalyst. *Bioresource Technology*. 101: 9803-9806.

SWU6-1059: การจำแนกแหล่งกำเนิดพลอยตระกูลคอร์นดัมในตลาดประเทศไทยด้วย เทคนิค PIXE

CLASSIFICATION OF THE ORIGIN OF CORUNDUM IN THE THAI MARKET BY USING PIXE TECHNIQUE

ธวัชชาติ จุฬापกรณ¹, เสวต อินทศิริ^{2,4}, ดวงแข บุตรกุล^{3,4}, สมสร สิงขรัตน์^{1,4}

Thawatchart Chulapakorn¹, Saweat Intarasiri^{2,4}, Duangkhae Bootkul^{3,4}, Somsorn Singkarat^{1,4}

¹ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹Plasma and Beam Physics Research Facility, Department of Physics and Materials Science, Faculty of
Science, Chiang Mai University, Thailand.

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Thailand.

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

⁴ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

⁴Thailand Center of Excellence in Physics, Thailand.

Corresponding author, E-Mail: wizmacho@gmail.com

บทคัดย่อ

พลอยตระกูลคอร์นดัม เป็นอัญมณีที่เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมาก พลอยในตลาดประเทศไทยนั้นมีแหล่งที่มาหลากหลาย เช่น ประเทศศรีลังกา ประเทศเมียนมาร์ ประเทศกัมพูชา ประเทศปากีสถาน ประเทศมาดากัสการ์ ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงประเทศไทยเอง การระบุแหล่งที่มาของพลอยในวงการตลาดพลอย มักจะใช้การพิจารณาด้วยสายตาเป็นหลัก ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญอย่างมากในการจำแนกพลอยแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามพลอยบางเม็ด มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก จนไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีมาตรฐานเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบปริมาณธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบ จะให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ในการนี้ เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยลำอนุภาคแบบ “particle-induced X-ray emission หรือ PIXE” จากลำอนุภาคโปรตอนพลังงาน 2 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งผลิตจากเครื่องเร่งอนุภาคแบบแทนเด็ม ขนาด 1.7 ล้านโวลต์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของธาตุองค์ประกอบในปริมาณที่ต่ำ (ระดับ ppm) ข้อมูลของปริมาณธาตุองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุองค์ประกอบในพลอย สามารถบ่งบอกถึงลักษณะการก่อกำเนิดของพลอย ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการระบุแหล่งที่มาของพลอยได้ ผลการทดลองเบื้องต้น พบว่า สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ (Basaltic deposit) ออกจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปร (Metamorphic deposit) ได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: คอร์นดัม ธาตุองค์ประกอบ เทคนิค PIXE

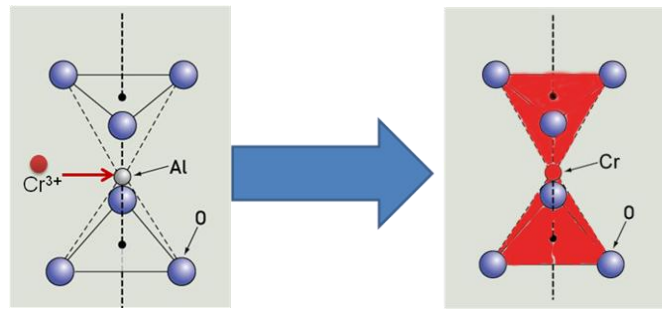
Abstract

Corundums, i.e. sapphires and rubies, are one of the most important exports of Thailand. They create a substantial influence to the country's economy. At the moment, corundums in the Thai market come from several countries such as Sri Lanka, Myanmar, Cambodia, Pakistan, Madagascar, the USA and Thailand. Identification of origins of gemstones in the market is commonly performed by naked eyes, which needs intensive experience and expert. However, some gems are complicated for naked eye and they require the advance technologies. Scientific process is essential for elemental concentration analysis and it can provide an acceptable and agreeable results. Ion beam analytical techniques, i.e. a particle-induced X-ray emission (PIXE), performed by a 2 MeV proton beam of a 1.7 MV tandem accelerator at Chiang Mai University, was used for quantitative analysis of trace elements in a few ppm level. Acquisition of trace element data on gemstones could be useful in scientific prospection and petrogenetic interpretation of the geological environment from which they occur. Preliminary results show a good distinguishing of geological deposits, e.g. basaltic and metamorphic deposits, which further helps in determining their origins.

Keywords: Corundum, trace element concentration, PIXE

บทนำ

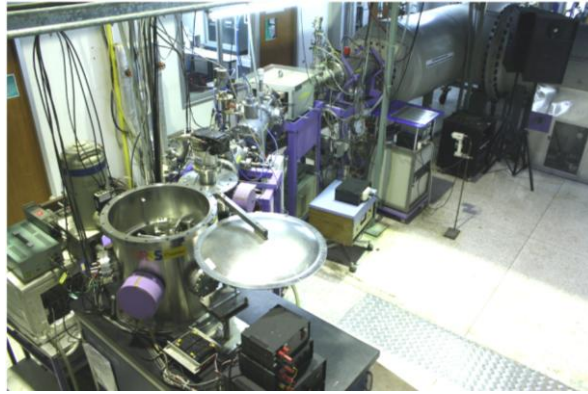
พลอยตระกูลคอรันดัมธรรมชาติถูกนำมาใช้เป็นเครื่องประดับมาอย่างยาวนาน ทั่วโลกต่างมีการทำเหมืองพลอยเพื่อนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ประเทศศรีลังกา ประเทศเมียนมาร์ ประเทศกัมพูชา ประเทศปากีสถาน ประเทศมาดากัสการ์ ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงประเทศไทยเองมีแหล่งกำเนิดพลอยที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดจันทบุรี ตราด และกาญจนบุรี อุตสาหกรรมการค้าพลอยตระกูลคอรันดัมในประเทศไทยเติบโตอย่างมาก จากข้อมูลของกรมการค้าต่างประเทศพบว่า อัญมณีเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญลำดับที่ 4 ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 และมีแนวโน้มการขยายตัวของการส่งออกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการค้าอัญมณีรวมถึงพลอยนั้น มีบทบาทในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ทั้งนี้คอรันดัมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของสี คือ ทับทิม (ruby) และ แซปไฟร์ (sapphire) กล่าวคือทับทิมจะเป็นคอรันดัมที่มีสีแดงสด ก่อนข้างหายาก มีราคาแพงและเป็นที่ต้องการของตลาดสูง ส่วนแซปไฟร์จะเป็นคอรันดัมสีอื่นๆ ราคารวมถึงความต้องการของตลาดแตกต่างกันไป ลักษณะทางกายภาพของคอรันดัมประกอบขึ้นจากสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นหลัก ซึ่งโดยปกติจะเป็นสีขาวใส แต่เมื่อมีธาตุองค์ประกอบอื่นๆ มาเจือปนในปริมาณไม่มากนัก (ระดับ ppm) จะทำให้คอรันดัมมีสีสนและความใสแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในภาพที่ 1 เช่น โครเมียมเป็นธาตุที่ให้สีแดงแก่ทับทิมและแซปไฟร์ เหล็ก (Fe^{2+}) เป็นธาตุที่ให้สีเหลืองแก่แซปไฟร์ เป็นต้น [2] นอกจากนี้คอรันดัมยังมีความแข็งตามระดับโมห์สเกลอยู่ที่ 9.0 เป็นอันดับสองรองจากเพชรเท่านั้น ทำให้เป็นอัญมณีที่ทนต่อการขีดข่วน กัดกร่อน หรือการแตกหักได้อย่างดี



ภาพที่ 1 Cr³⁺ แทนที่ Al ในโครงสร้างผลึก Al₂O₃ ทำให้เกิดสีแดงในคอรันดัม

แหล่งกำเนิดของคอรันดัมมีอยู่อย่างกระจัดกระจายไปทั่วโลก โดยเราสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดพลอยออกได้เป็น 2 ลักษณะ ใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำเหมือง คือ แหล่งกำเนิดปฐมภูมิ (Primary deposit) และแหล่งกำเนิดทุติยภูมิ (Secondary deposit) [3] โดยในแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท สามารถแบ่งย่อยไปถึงลักษณะการกำเนิดของพลอยที่สัมพันธ์กับหินต่างๆ ได้อีก 2 ชนิด กล่าวคือ ชนิดแรกเป็นแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ (Basaltic deposit) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกระบวนการเย็นตัวของหินหนืดที่ไหลออกมาบนเปลือกโลก เกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วเป็นหินบะซอลต์ ทั้งนี้หินหนืดดังกล่าวจะมีปริมาณของธาตุเหล็กอยู่ค่อนข้างสูง หากมีสภาวะเหมาะสม จะทำให้เกิดพลอยซึ่งมีปริมาณของธาตุเหล็กมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ (ยกเว้น Al) พลอยจากแหล่งกำเนิดแบบนี้มักมีสีค่อนข้างทึบ การทำเหมืองอาจเป็นแบบปฐมภูมิหรือทุติยภูมิก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ การทับถมของชั้นหิน ทางน้ำไหลบริเวณใกล้เคียง ฯลฯ และชนิดที่สองคือแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปร (Metamorphic deposit) เกิดจากกระบวนการแปรสภาพของหินที่ได้รับความร้อนจากหินหนืดใต้เปลือกโลก ความเค้นจากการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกทำให้มีการตกผลึกใหม่เกิดเป็นพลอย ซึ่งไม่ได้เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดโดยตรง ทำให้มีปริมาณของธาตุเหล็กน้อยกว่าพลอยชนิดแรก อย่างไรก็ตามพลอยจากแหล่งกำเนิดทั้งสองชนิดต่างประกอบด้วยธาตุองค์ประกอบปริมาณน้อยอื่นๆ ที่มีผลต่อการให้สีของคอรันดัมอีกด้วย การวัดและวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบเหล่านี้ค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากปริมาณที่น้อยและโอกาสในการตรวจพบที่ไม่มากนัก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีเครื่องเร่งอนุภาคแบบแทนเด็มพลังงาน 1.7 ล้านโวลต์ (แสดงในภาพที่ 2) ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคลำไอออนแบบไม่ทำลายเนื้อวัสดุ คือเทคนิค particle-induced X-ray emission; PIXE ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ไวต่อการตรวจวัดธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างปริมาณน้อยในระดับ ppm ได้เป็นอย่างดี [4-5] ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบโดยเทคนิค PIXE สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของคอรันดัมได้ [6-8] ในงานวิจัยนี้ จึงได้นำเทคนิค PIXE มาใช้ในการจำแนกแหล่งกำเนิดของพลอย เพื่อนำไปสู่การจัดทำฐานข้อมูลสำหรับระบุแหล่งที่มาของพลอยในตลาดเมืองไทย ซึ่งมักเป็นข้อมูลที่สำคัญอันหนึ่งที่ใช้ในการกำหนดราคาพลอยในตลาดเมืองไทย



ภาพที่ 2 เครื่องเร่งอนุภาคแบบแทนเด็ม 1.7 ล้านโวลต์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือ การตรวจวัดชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของคอร์ันดัม และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุองค์ประกอบของคอร์ันดัม เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการก่อกำเนิดของคอร์ันดัม อันจะนำไปสู่การระบุแหล่งที่มาของคอร์ันดัมด้วยวิธีมาตรฐานการตรวจวัดดังกล่าว

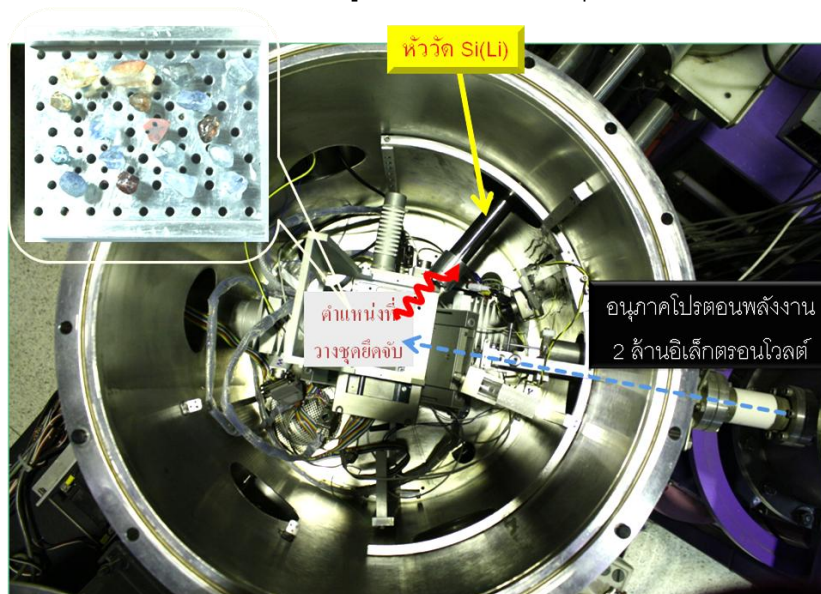
วิธีดำเนินการวิจัย

พลอยธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษานี้มาจากแหล่งต่างๆ ประกอบไปด้วย แชปไฟร์สีน้ำเงิน และแชปไฟร์สีขาวขุ่น จากประเทศศรีลังกา ทับทิมจากแหล่งโมกุก ประเทศพม่า ทับทิมจากแหล่งบ่อไร่ ประเทศไทย แชปไฟร์สีน้ำเงินแกมเขียว จากแหล่งบางกะจะ ประเทศไทย แชปไฟร์สีน้ำเงินเข้ม จากแหล่งโพลิน ประเทศกัมพูชา และแชปไฟร์สีเหลือง จากแหล่งมอนตানা ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวนรวมทั้งสิ้นประมาณ 100 ตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างพลอยก่อนนำไปวิเคราะห์นั้น จะต้องทำความสะอาดผิวของพลอย ขจัดคราบสกปรกหรืออนุภาคขนาดเล็ก โดยแช่ในอะซิโตนร่วมกับการสั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิก หลังจากนั้นตัวอย่างทุกชิ้นจะถูกบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ก่อนนำไปติดลงบนชุดยึดจับตัวอย่าง และนำเข้าไปวางในอุโมงค์วิเคราะห์สัญญาณภาพที่ 3 เทคนิค PIXE อาศัยลำอนุภาคโปรตอนพลังงาน 2 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ผลิตจากแหล่งกำเนิดไอออนแบบซีเซียมสปัตเตอร์ (Cs-sputter source) ผ่านการเร่งโดยเครื่องเร่งอนุภาคแบบแทนเด็มพลังงาน 1.7 ล้านโวลต์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อนุภาคโปรตอนพลังงานสูงนี้ จะทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อพลอยในระดับไม่เกิน 15 ไมโครเมตร ภายในอุโมงค์วิเคราะห์จะมีสภาพเป็นสุญญากาศประมาณ 10^{-6} torr. ในการทดลองจะมีการควบคุมให้กระแสไอออนเหมาะสมกับตัวอย่างแต่ละชนิด และใช้ปืนอิเล็กตรอน (พลังงานต่ำ) ยิงไปที่ตัวอย่างเพื่อไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ bremsstrahlung X-ray มากเกินไป อันจะทำให้การวิเคราะห์ปริมาณธาตุผิดพลาด เมื่ออนุภาคโปรตอนพลังงานสูงพุ่งเข้าชนตัวอย่าง จะทำให้อิเล็กตรอนชั้นในของธาตุต่างๆ ถูกชนหลุดออกไป ตามหลักอนุรักษ์พลังงาน ธาตุต่างๆ จะพยายามปรับตัวให้มีความเสถียรมากที่สุด ทำให้อิเล็กตรอนในชั้นวงนอกเปลี่ยนสถานะลงมาแทนที่อิเล็กตรอนที่หลุดออกไป พร้อมกับปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีลักษณะเฉพาะตัวในแต่ละธาตุออกมาในย่านเอกซ์เรย์ หัววัด Si(Li) ถูกวางไว้ในตำแหน่งที่ห่างออกมาจากผิวหน้าของพลอยประมาณ 87 มิลลิเมตร ทำมุม 120 องศากับแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคโปรตอน ดังรูปที่ 4. เพื่อแปลงสัญญาณของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าสู่ระบบอิเล็กทรอนิกส์ สเปกตรัมของเอกซ์เรย์จะถูกบันทึกโดย Multichannel analyzer card ซึ่งต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะถูกนำไปวิเคราะห์โดยโปรแกรม GUPIXWIN [9] เพื่อนำไปหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบต่อไป



ภาพที่ 3 ฟลอยถูกติดลงบนหัวฉีดในชุดยึดจับ



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายภายในอุโมงค์วิเคราะห์แสดงตำแหน่งของหัวฉีดและทิศทางที่อนุภาคพุ่งเข้าชนฟลอยแต่ละเม็ด

ปริมาณของธาตุองค์ประกอบในฟลอย และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของธาตุองค์ประกอบในฟลอยแต่ละชนิด จะนำไปเขียนเป็นกราฟ เพื่อหาวิธีบ่งบอกแหล่งกำเนิดและแหล่งที่มาของฟลอยต่อไป โดยเทียบเคียงกับรายงานการวิจัยของ วิลาวรรณย์ อติชาติและคณะ [10] ที่พบว่า คอรัลด์มจากประเทศศรีลังกา และพม่า มาจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปร ส่วนที่เหลือเป็นคอรัลด์มที่มาจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ในภาพรวมพบว่า ธาตุ Al เป็นธาตุองค์ประกอบหลักของคอรัลด์มจริง โดยพบปริมาณมากกว่า 99% โดยน้ำหนัก โดยที่ธาตุองค์ประกอบที่เจืออยู่ในคอรัลด์มซึ่งตรวจพบได้หลักๆ ประกอบไปด้วย TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 และ Ga_2O_3 ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้เราสามารถแบ่งกลุ่มแหล่งกำเนิดได้เป็นสองกลุ่มหลักๆ คือ คอรัลด์มจากประเทศศรีลังกา และพม่า โดยมีปริมาณของ TiO_2 เจลลี่มากกว่า 600 ppm และปริมาณของ Fe_2O_3 เจลลี่น้อยกว่า 2,000 ppm ทำให้เชื่อได้ว่าคอรัลด์มทั้ง 3 ชนิดมาจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปร ส่วนที่คอรัลด์มที่เหลือ มีปริมาณของ TiO_2 เจลลี่น้อยกว่า 400 ppm และปริมาณของ Fe_2O_3 เจลลี่

มากกว่า 5,000 ppm เป็นคอรัลด์มจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ วิลาวัณย์ อติชาติและคณะ [10] นอกจากนี้เรายังพบหลักฐานยืนยันธาตุเจือที่ให้เห็นในทับทิมจากการตรวจพบ Cr_2O_3 ของทับทิมทั้งสองแหล่งในปริมาณที่มากกว่าแซปไฟร์ชนิดอื่นๆ อย่างมาก สำหรับแซปไฟร์สีเหลืองจากแหล่งมอนตানা พบว่ามีปริมาณของ Fe_2O_3 สูงมาก เนื่องจาก Fe^{2+} เป็นตัวการในการให้สีเหลือง ทั้งนี้แซปไฟร์ที่มีสีน้ำเงินจากแหล่งไพลินและจากประเทศศรีลังกา หรือทับทิมจากแหล่งโมกุกและแหล่งบ่อไร่ ต่างมีปริมาณสัดส่วนของธาตุ TiO_2 และ Fe_2O_3 แตกต่างกัน อันเป็นการยืนยันได้ว่าคอรัลด์มที่มีสีเหมือนกัน ไม่จำเป็นต้องมาจากแหล่งเดียวกัน หากแต่สามารถจำแนกได้โดยการพิจารณาปริมาณของธาตุองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ยังคงสูงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณต่ำสุดที่วัดได้จากการวิเคราะห์ (Limit of detection ;LOD) มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละตัวอย่าง แม้ว่าจะเป็นคอรัลด์มจากแหล่งเดียวกัน แต่ลักษณะการกำเนิดอาจแปรเปลี่ยนไปได้เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการถือกำเนิดขึ้น รวมถึงปริมาณธาตุต่างๆ ที่เจือปนเข้ามาในเนื้อคอรัลด์มมีความผันผวนเนื่องมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นในระดับที่ค่อนข้างกว้างใหญ่ไพศาล [11]

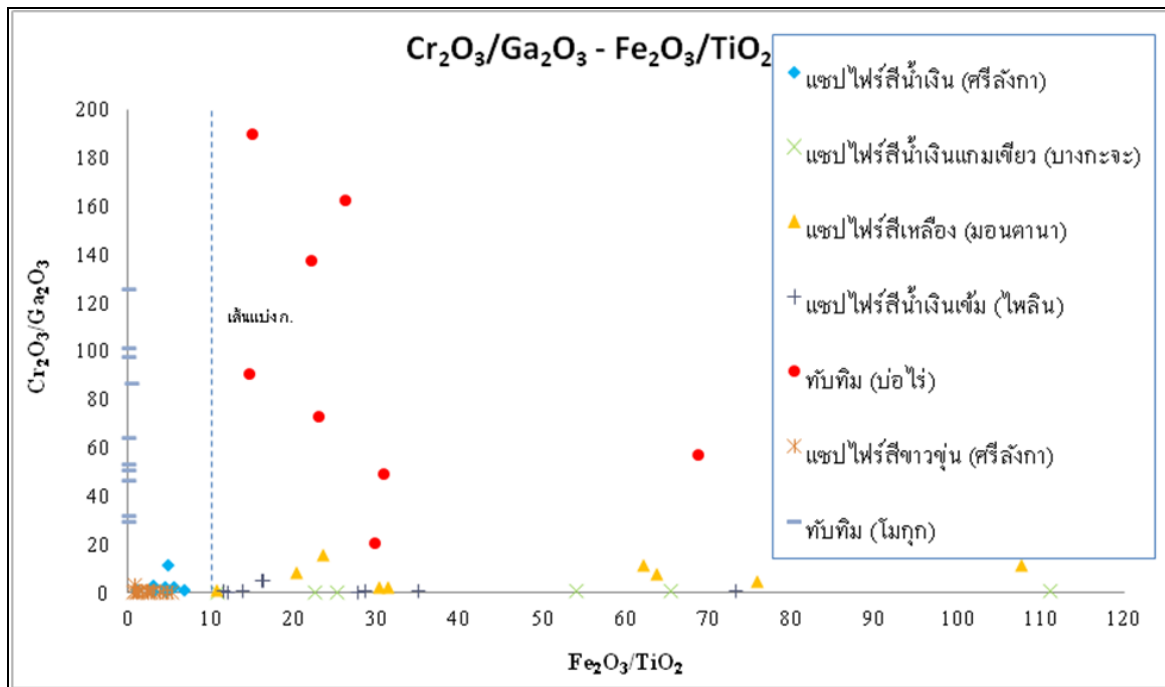
ตารางที่ 1 ปริมาณ TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 และ Ga_2O_3 ในคอรัลด์ม (หน่วย: ppm) โดยเทคนิค PIXE

ชนิดคอรัลด์ม	ปริมาณธาตุองค์ประกอบ (ppm)									
	TiO_2		V_2O_5		Cr_2O_3		Fe_2O_3		Ga_2O_3	
	ค่าเฉลี่ย	STD	ค่าเฉลี่ย	STD	ค่าเฉลี่ย	STD	ค่าเฉลี่ย	STD	ค่าเฉลี่ย	STD
(1)	238.30	117.93	31.33	15.83	2,822.70	935.49	5,551.40	1,481.24	39.75	22.33
(2)	224.00	184.27	25.88	16.23	233.30	260.52	8,824.90	4,835.83	207.00	93.53
(3)	368.00	373.45	17.33	18.38	130.90	93.68	5,955.00	3,414.70	131.50	117.75
(4)	350.50	274.72	19.38	34.35	457.00	304.00	14,521.20	12,003.34	84.80	48.65
(5)	621.10	510.69	16.43	10.37	114.10	140.58	1,931.78	1,015.59	60.70	27.72
(6)	750.11	889.86	25.88	23.61	42.21	31.94	1,572.11	1,339.74	92.16	59.06
(7)	1,381.50	992.64	268.30	87.31	3,963.30	1,971.59	72.10	59.04	57.90	12.18

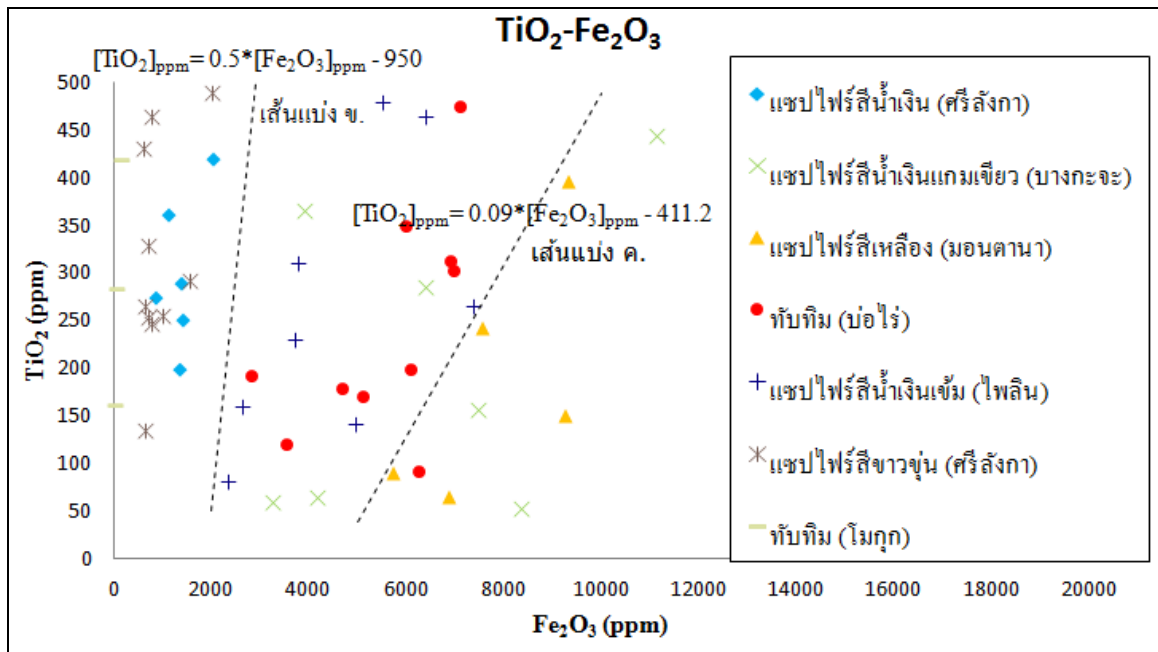
หมายเหตุ

- (1) เป็น ทับทิมจากแหล่งบ่อไร่ ประเทศไทย
- (2) เป็น แซปไฟร์สีน้ำเงินแกมเขียว จากแหล่งบางกะจะ ประเทศไทย
- (3) เป็น แซปไฟร์สีน้ำเงินเข้ม จากแหล่งไพลิน ประเทศกัมพูชา
- (4) เป็น แซปไฟร์สีเหลือง จากแหล่งมอนตানা ประเทศสหรัฐอเมริกา
- (5) เป็น แซปไฟร์สีน้ำเงิน จากประเทศศรีลังกา
- (6) เป็น แซปไฟร์สีขาวขุ่น จากประเทศศรีลังกา
- (7) เป็น ทับทิมจากแหล่งโมกุก ประเทศพม่า

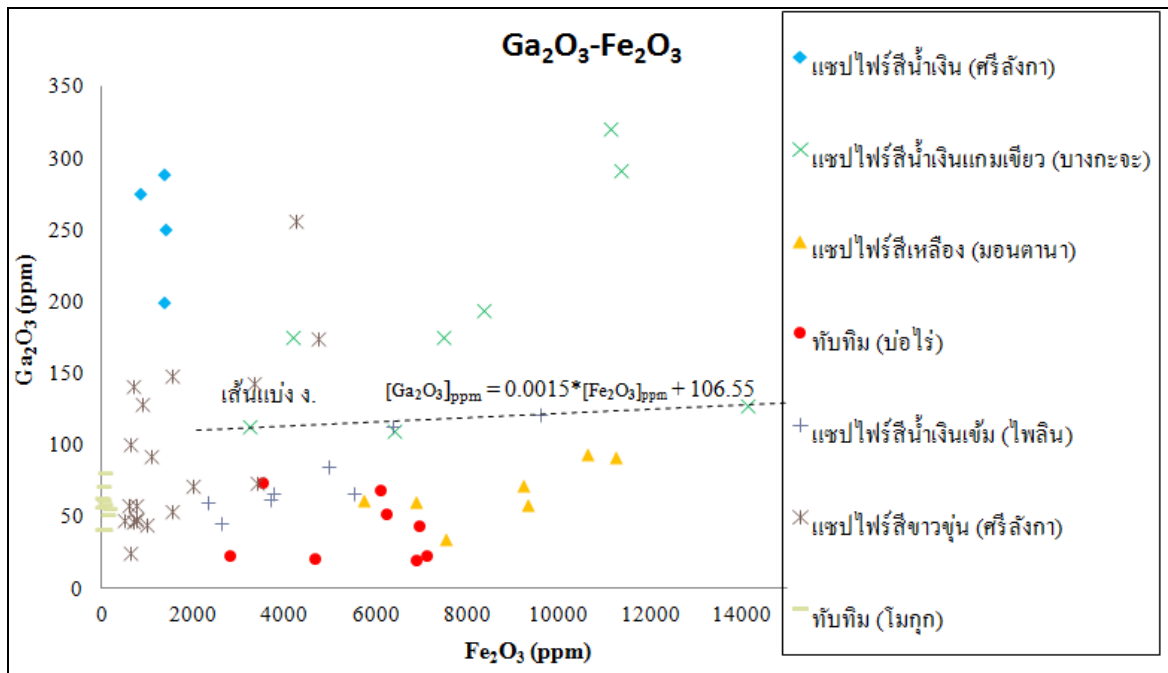
ในการวิเคราะห์ขั้นสูง ได้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของธาตุองค์ประกอบในพลอยแต่ละชนิด แล้วหาหลักการกระจายตัวของพลอยแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 5-8 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้



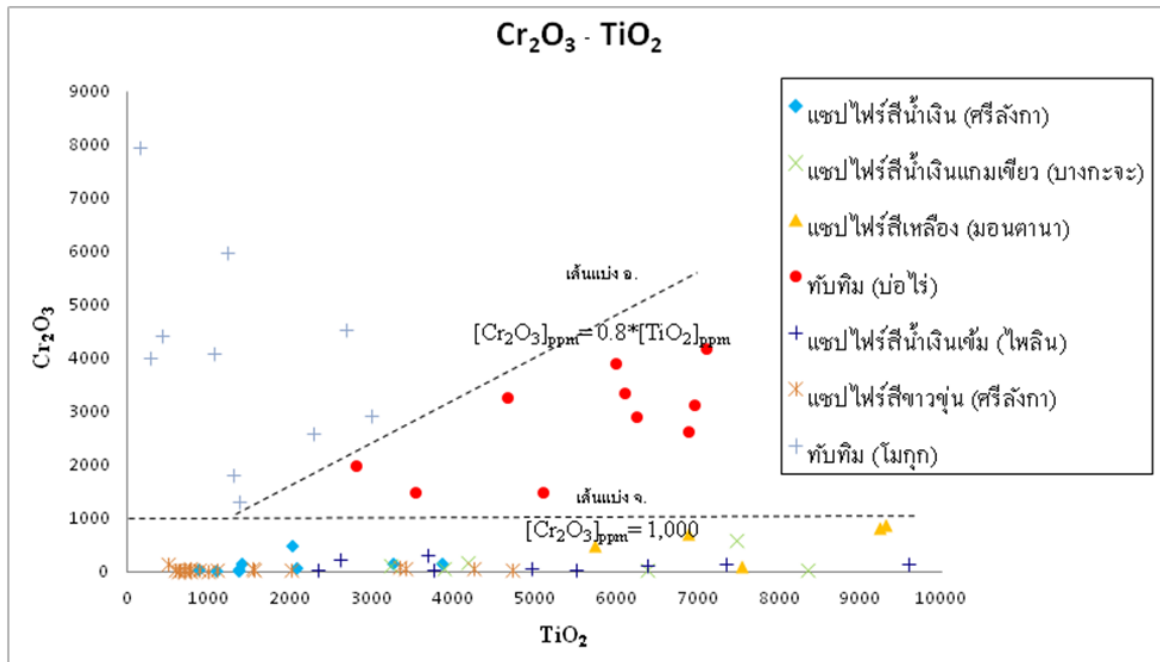
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนของ Cr_2O_3/Ga_2O_3 กับ Fe_2O_3/TiO_2



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ TiO_2 กับ Fe_2O_3



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Ga₂O₃ กับ Fe₂O₃



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Cr₂O₃ กับ TiO₂

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนของ Cr₂O₃/Ga₂O₃ และ Fe₂O₃/TiO₂ ในภาพที่ 5 พบว่า มีการกระจายตัวของคอร์เรลชันชนิดต่างๆ ตามปริมาณของธาตุองค์ประกอบภายใน อย่างไรก็ตามเราสามารถแบ่งกลุ่มของคอร์เรลชันออกมาได้เป็นสองกลุ่มตามเส้นแบ่ง ก. โดยแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ จะมีการกระจายตัวอยู่ทางขวาของเส้นแบ่ง ก. ส่วนแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปรจะมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านซ้าย

ของเส้นแบ่ง ก. ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่ยืนยันกับการจำแนกโดยการหาค่าเฉลี่ยกับตารางที่ 1 ได้เป็นอย่างดี

การจำแนกแหล่งพลอยจากประเทศต่างๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดประเภทเดียวกัน ต้องอาศัยความสัมพันธ์มากกว่าสองความสัมพันธ์ขึ้นไป โดยแชปไฟรส์สีเหลืองจากแหล่งมอนตานาสามารถจำแนกออกจาก ทับทิมบ่อไร่ และแชปไฟรส์สีน้ำเงินเข้มจากแหล่งไฟลินดังภาพที่ 6 (ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TiO_2 และ Fe_2O_3) ซึ่งจะมีการกระจายตัวอยู่ทางขวามือของเส้นแบ่ง ค. ในขณะที่ทับทิมบ่อไร่ และแชปไฟรส์สีน้ำเงินเข้มจากแหล่งไฟลิน จะเกาะกลุ่มกันอยู่ระหว่างเส้นแบ่ง ข. และเส้นแบ่ง ค. เนื่องจากแชปไฟรส์สีเหลืองจากแหล่งมอนตานามีปริมาณของธาตุเหล็กสูง สอดคล้องกับผลที่ได้ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้เรายังพบว่า คอรันดัมจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปรทั้งหมดยังคงแยกออกจากแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ โดยอยู่ทางซ้ายมือของเส้นแบ่ง ข. อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถแยกแชปไฟรส์สีเหลืองจากแหล่งมอนตานาออกจากแชปไฟรส์เขียวแกมน้ำเงินจากแหล่งบางกะจะ ได้ จึงต้องอาศัยความสัมพันธ์ในภาพที่ 7 (ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนของ Ga_2O_3 และ Fe_2O_3) โดยพบว่า แชปไฟรส์เขียวแกมน้ำเงินจากแหล่งบางกะ จะมีการวางตัวอยู่เหนือเส้นแบ่ง ง. แยกออกจากแชปไฟรส์สีเหลือง แหล่งมอนตานา, ทับทิมบ่อไร่ และแชปไฟรส์สีน้ำเงินเข้มแหล่งไฟลิน ซึ่งอยู่ใต้เส้นแบ่งดังกล่าวอย่างชัดเจน สำหรับทับทิมบ่อไร่และแชปไฟรส์สีน้ำเงินเข้มจากแหล่งไฟลิน สามารถจำแนกได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ในภาพที่ 8 (ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนของ Cr_2O_3 และ Ti_2O_3) โดยทับทิมบ่อไร่จะมีการกระจายตัวเหนือเส้น จ. และแชปไฟรส์สีน้ำเงินเข้มจากแหล่งไฟลินจะมีการกระจายตัวอยู่ด้านล่างเส้นดังกล่าว นอกจากนี้เราสามารถจำแนกทับทิมทั้งสองแหล่ง (โมกุกและบ่อไร่) ได้โดยอาศัยเส้นแบ่ง ฉ. โดยทับทิมบ่อไร่จะอยู่ด้านซ้ายของเส้น และทับทิมโมกุกจะอยู่ทางขวาของเส้น เนื่องจากปริมาณของธาตุ TiO_2 ของทับทิมจากแหล่งโมกุกมีมากกว่าแหล่งบ่อไร่

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค particle-induced X-ray emission หรือ PIXE ในการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุองค์ประกอบในคอรันดัม สำหรับการวิเคราะห์เพื่อจำแนกแหล่งที่มาของคอรันดัมแหล่งต่างๆ ที่มีขายอยู่ในตลาดประเทศไทย ผลที่ได้พบว่าเทคนิคดังกล่าวมีความเหมาะสมในการตรวจวัดธาตุปริมาณน้อยๆ ได้อย่างแม่นยำ สะดวก รวดเร็ว ในการวิเคราะห์สามารถจำแนกคอรันดัมออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ แหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินบะซอลต์ และ แหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับหินแปร เป็นการนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์มาตรฐานอีกแนวทางหนึ่ง ในการตรวจสอบอัญมณีซึ่งเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูง และจำเป็นต้องได้รับการรับรองถึงประวัติที่มาอย่างถูกต้อง อันเป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์และความน่าเชื่อถือแก่ประเทศไทย ในการวิเคราะห์และตรวจสอบอัญมณีที่สำคัญของโลก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนหลัก (รัชชาติ จุฬปากรณ์) ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) สำหรับทุนการศึกษา งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากทบวง การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) และศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ThEP Center) อนึ่ง ตัวอย่างพลอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (สาขาอัญมณีและเครื่องประดับ) คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และคุณสมหมาย ศรีศุภวัฒน์ จากภาคอุตสาหกรรมอัญมณี ที่ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคุณโฉม ทองเหลือง เจ้าหน้าที่เทคนิค สำหรับการเดินเครื่องเร่งอนุภาค

เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มพัฒนาและให้บริการสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงาน ปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2554). *สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรก*. สืบค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2555, จาก <http://www2.ops3.moc.go.th>
- [2] วรณิข ทังสุพานิช. (2541). *พลอยและแหล่งกำเนิดพลอย*. กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์.
- [3] Simonet, C.; Fritsch, E.; & Lasnier, B. (2008). A classification of gem corundum deposits aimed towards gem exploration. *Ore Geology Reviews*. 34: 127-133.
- [4] สมศร สิงขรัตน์; และ ชีรศักดิ์ คำวรรณะ. (2553). *คู่มือแนะนำเทคนิค RBS, RBS/Channeling, PIXE และ IL: 4 เทคนิควิเคราะห์ธาตุด้วยลำไอออนในระดับไมโครเมตรและนาโนเมตร*. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของลำอนุภาคและพลาสมา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] Kamwanna, T.; et al. (2010). The combined PIXE and IL investigations of gemstones. *Thai J. Phys*. 6.
- [6] Sun, T.T. et al. (2001). A preliminary study of sapphire from Myanmar (Burma). In *Proc. 28th Int. Gemmological Conf.* pp. 90-93. n.p.
- [7] Osipowicz, T.; et al. (1995). Nuclear microscopy of rubies: trace elements and inclusions. *Nucl. Instr. Meth. B*. 104: 592.
- [8] Tang, S.M.; et al. (1988). Analysis of Burmese and Thai Rubies by PIXE. *Appl. Spectr.* 42: 44-48.
- [9] *GUPIXWIN [computer program]*. (2005). Version SRIM-2008.04. Canada: University of Guelph.
- [10] วิลาวรรณย์ อติชาติ และคณะ. (2553). *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการข้อมูลแหล่งวัตถุโบราณคดีและการบ่งชี้แหล่งกำเนิดทางธรณีวิทยาที่คาบเกี่ยวกัน*. ม.ป.ท.: สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- [11] Calligaro, T.; Poirot, J.P.; & Querré, G. (1999). Trace element fingerprinting of jewellery rubies by external beam PIXE. *Nucl. Instr. Meth. B*. 150: 628-634.

SWU6-1073: การขึ้นรูปเบ้าหลอมโลหะใช้งานที่อุณหภูมิสูง

FABRICATION OF HIGH TEMPERATURE CRUCIBLES FOR MOLTEN METAL

ปัทมาศ บินทจิตต์^{1*}, ภาวดี อังค์วัฒน์²

Patamas Bintachitt^{1*}, Pavadee Aungkavattana²

¹ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Physics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

²National Metal and Materials Technology Center, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: patamas@swu.ac.th

บทคัดย่อ

เบ้าหลอมทนอุณหภูมิสูง (~1600°C) ถูกใช้อย่างมากในขั้นตอนการขึ้นรูปในอุตสาหกรรมโลหะ และเซรามิก โดยปกติเบ้าหลอมทนอุณหภูมิสูงจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นและศึกษาการผลิตเบ้าหลอมได้เองในประเทศและเปรียบเทียบกับเบ้าหลอมที่ใช้อยู่จริงในภาคอุตสาหกรรม เบ้าหลอมที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบของอลูมินา ดิน และสารช่วยกระจายตัว โดยใช้วิธีการหล่อแบบ (slip casting) ในการขึ้นรูป และมีการศึกษาการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของอลูมินาและดินเพื่อให้เบ้าหลอมสามารถขึ้นรูปและใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง (~1600°C) เบ้าหลอมสูตรที่ดีที่สุดในการศึกษานี้คือเบ้าหลอมที่มีสัดส่วน ของอลูมินา 92.64% และ ดิน 4.89% ขนาดของอนุภาคของเบ้าหลอมนี้คือ 0.91-6.34 μm ซึ่งสอดคล้องกับขนาดอนุภาคของตัวอย่างเบ้าหลอมจากภาคอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: เบ้าหลอมทนอุณหภูมิสูง เบ้าหลอมโลหะ เบ้าหลอมอลูมินา

Abstract

High temperature crucibles (~1600°C) are employed for molten metal and ceramic fabrication. At present, most of crucibles are imported resulting in high cost of raw materials. In this research, the fabrication of high temperature crucibles has been studied comparing to high temperature crucible practically used in the industry. Crucibles in this research were fabricated from alumina, clay, and dispersant by slip-casting process. The percentage by volume of alumina and clay were optimized so that the crucibles are able to fabricate and withstand as high temperature as 1600°C. The optimized high temperature crucible in this research consists of alumina and clay 92.64% and 4.89%, respectively. The particle sizes of crucible are in the range of 0.91 to 6.34 μm , which is relevant to the particle size of the high temperature crucibles used in industry.

Keywords: High temperature crucible, Molten crucible, Alumina crucible

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุอุปกรณ์ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็นสามประเภทใหญ่ๆ คือ โลหะ เซรามิก และพลาสติก หนึ่งในขั้นตอนการผลิตวัสดุดังกล่าวคือการผลิตขึ้นรูปวัสดุ โดยในขั้นตอนนี้เข้าหลอมถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากในการผลิตโลหะและเซรามิกบางประเภทซึ่งต้องใช้การเตรียมที่อุณหภูมิสูงมาก ($> 1500^{\circ}\text{C}$) ดังนั้นเข้าหลอมสำหรับวัสดุดังกล่าวขณะขึ้นรูปต้องสามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงและที่สำคัญต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการเตรียมและไม่เกิดการปนเปื้อน ในปัจจุบันต้องมีการนำเข้าเข้าหลอมสำหรับขึ้นรูปโลหะและเซรามิกซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาหาวัสดุที่ราคาไม่สูง เพื่อให้สามารถผลิตเข้าหลอมได้เองในประเทศ ในงานวิจัยการขึ้นรูปเข้าหลอมโลหะเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้เลือกวิธีการหล่อแบบ (slip casting) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพไม่ซับซ้อนและเหมาะสำหรับการเตรียมเข้าหลอม เพื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ จากการทบทวนวรรณกรรมสารสนเทศพบว่าวัสดุที่ใช้ทำเข้าหลอมต้องเป็นวัสดุ ที่ทนความร้อนได้สูง เช่น โมลิบดีนัม (Molybdenum, Mo) [1], โบรอนไนไตรด์ (Boron nitride, BN) [1], แมงกานีสออกไซด์ (Manganese oxide, MgO) [1-4], อลูมินา (Alumina, Al_2O_3) [2, 4-5], แทนทาลัมคาร์ไบด์ (Tantalum carbide, TaC) [2], กราไฟท์ (graphite, C) [2, 6-7], อลูมินาไนไตรด์ (Alumina nitride, AlN) [2], อลูมินา ไทแทนีย (Alumina Titania, AlTi) [2], อลูมินา เซอโคเนีย (Alumina Zirconia, AlZr) [2], ซิลิกา (Silica, SiO_2) [8], ซิลิกอนไนไตรด์ (Silicon Nitride, Si_3N_4) [9], และยูเรเนียมออกไซด์ (Uranium oxide, UO_2) [10]

โมลิบดีนัมนี้เป็นที่นิยมแต่ไม่เหมาะสมสำหรับการเตรียมตัวอย่างโลหะ เช่น เหล็กผสม เพราะโลหะผสมสามารถระเหย gas และทำปฏิกิริยากันได้ [1] Maruoka และคณะ ทำการวิจัยเข้าหลอมโดยใช้สาร BN และ MgO ในการทำเข้าหลอม และเปรียบเทียบกับเข้าหลอม ที่ทำจาก Mo ซึ่งใช้ในการเตรียมตัวอย่างโลหะที่อุณหภูมิระหว่าง 800°C ถึง 1800°C จากผลการทดลองที่ใช้ผลึก MgO ในการทำเข้าหลอมพบว่า MgO จะระเหยที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 1700°C ในสุญญากาศและทำปฏิกิริยากับสารแทนทาลัม (Tantalum, Ta) ที่ใช้เป็นส่วนประกอบด้านนอกของเข้าหลอม ดังนั้น MgO จึงไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นเข้าหลอมโลหะที่อุณหภูมิสูงกว่า 1700°C สำหรับเข้าที่ทำจาก BN สามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 3000°C ในสุญญากาศ และระเหย gas ออกมาในจำนวนที่น้อย ดังนั้นเข้าหลอมที่ทำจาก BN สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ [1] นอกจากนี้ Adachi และคณะ ใช้เข้าหลอมที่ทำจาก Al_2O_3 และ MgO ในการเตรียมสารตัวนำยิ่งยวด (superconductor) [4]

Duffar และคณะ ใช้เข้าหลอมสามประเภทคือ BN, SiO_2 , และ SiO_2 ที่ถูกเคลือบด้วยคาร์บอนที่ได้จากการแตกตัวของ benzene ในการเตรียมสาร GaSb และ Ge ผลการทดลองที่ได้คือเข้าหลอมแต่ละชนิดให้ grains ของสารที่เตรียมแตกต่างกันไป [8]

Schlesser และคณะ ทำการวิจัยโดยการเตรียม Aluminum nitride (AlN) ที่อุณหภูมิ $1800 - 2300^{\circ}\text{C}$ โดยใช้เข้าหลอมที่เตรียมจาก TaC การเตรียมแบบนี้ ไม่มีการใช้ตัวเชื่อม (binder) ระหว่างการเตรียม จากผลการทดลองพบว่า มีการปนเปื้อนของ Ta ที่ต่ำกว่า 1 ppm โดยน้ำหนักของ C และเข้าหลอม TaC สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหลายครั้งรวมเป็นเวลา 200 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $> 2000^{\circ}\text{C}$ [11]

นักวิจัยหลายท่านได้วิจัยโดยการเตรียมสารที่อุณหภูมิสูง โดยใช้เข้าหลอม ที่ทำจาก graphite, AlN, และ BN พบว่า มีการปนเปื้อนจากการเกิด oxidation และการแตกตัว (decomposition) ที่ไม่ต้องการ และพบว่า alumina มีความเป็นไปได้อย่างมาก ในการใช้ทำเข้าหลอมโลหะ สำหรับอุณหภูมิสูง ในการเตรียมเซรามิก AlN ความหนาแน่นสูง Chu และคณะ ได้ใช้เข้า Alumina ในการเตรียม ที่อุณหภูมิ $1650 - 1700^{\circ}\text{C}$ โดยสามารถลดต้นทุนได้ด้วย เนื่องจากไม่ต้องควบคุมความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนในบรรยากาศ [5]

ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของการผลิตผลึกซิลิกอน (Silicon, Si) ที่นิยมใช้เป็น substrate ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์คือ วิธีการ Czochralski (CZ) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการเตรียมผลึก Si เนื่องจากสามารถให้ความบริสุทธิ์ และควบคุมสิ่งเจือปนที่ต้องการ (doped Si) และคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลได้เป็นอย่างดี สำหรับการเตรียม Si นี้ Du และคณะ ได้ใช้เบ้าหลอมที่ทำจากกราไฟท์ [6-7] ในการเตรียมได้เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้สูงที่สุดที่ประมาณ 1000°C [6]

ในการขึ้นรูปอลูมิเนียมที่อุณหภูมิประมาณ 1150°C Santos และคณะ ใช้เบ้าหลอมทำจาก Si₃N₄ ซึ่งมีความทนต่อ oxidation, การกัดกร่อน และปฏิกิริยาทางเคมี ทั้งยังมีเสถียรภาพทางความร้อน และมีค่า thermal expansion ที่ต่ำ [9]

Patrick และคณะ [11] ได้เสนอวิธีการทำเบ้าหลอมโดยคำนึงถึง thermal stress ขณะที่มีการหลอมโลหะผสมสำหรับโลหะ TiAl (titanium aluminide) ซึ่งใช้ในการผลิต เครื่องยนต์เทอร์โบโบรโลหะผสมนี้สามารถประกอบไปด้วยวัสดุนำไฟฟ้า วัสดุไม่นำไฟฟ้า หรือการรวมกันของวัสดุทั้งสอง วัสดุดังกล่าวได้แก่ กราไฟท์, ซิลิกอนคาร์ไบด์, ออกไซด์ของเซอร์รามิกส์, ไนไตรต์ หรือการรวมกันของวัสดุดังกล่าว เบ้าหลอมที่ได้นี้สามารถใช้งานได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 23°C จนถึง 1400°C ทางคณะผู้วิจัยเสนอว่า เบ้าหลอมเซรามิกอาจแตกหรือเกิดการก่อตัวเป็น ออกไซด์ของโลหะ ในขณะที่เบ้าหลอมกราไฟท์จะละลายเป็นคาร์บอนในปริมาณที่มาก เกิดการเจือปนสู่โลหะผสมไทเทเนียม การเจือปนนี้ทำให้คุณสมบัติทางกลของโลหะผสมไทเทเนียมเปลี่ยนไป

Parent [12] ได้ศึกษาการทำเบ้าหลอมหลอมโลหะซึ่งผลิตจากอลูมินาที่สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนจากการเผาและการหลอมเหลวของโลหะ เบ้าหลอมนี้สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิประมาณ 1600-1700°C Eckert [13] ได้ทำการปรับปรุงเบ้าหลอม (crucible) สำหรับหลอมโลหะ โดยเบ้าหลอมจะต้องประกอบไปด้วย silicon carbide, silicon nitride, magnesium oxide, spinel, carbon และส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อใช้ในการหลอม aluminum โดยเบ้าหลอมนี้ทนอุณหภูมิได้ประมาณ 778-980°C Rahmane และคณะ [14] ได้ศึกษาการทำเบ้าหลอมสำหรับ titanium alloys โดยวัสดุที่ใช้ทำเบ้าหลอมต้องประกอบไปด้วย scandium oxide, yttrium oxide หรือ hafnium oxide โดยส่วนประกอบจะต้องมีออกไซด์ประมาณ 40% โดยน้ำหนัก และเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1800°C Shi และคณะ [15] ทำการวิจัยการเผาสารตัวนำยิ่งยวด ที่อุณหภูมิสูงในเบ้าหลอมที่ทำจาก BaZrO₃ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงและแตกง่าย ดังนั้นทางที่วิจัยได้เสนอและทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1500°C โดยใช้เบ้าหลอมที่ผลิตจากอลูมินาพบว่าสามารถใช้ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตเบ้าหลอมได้เองในประเทศไทยเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงและมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ใกล้เคียงกับวัสดุที่สั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง และการผลิตเบ้าหลอมได้เองนั้นยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตวัสดุในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนแรกได้ศึกษาหาตัวอย่างเบ้าหลอมโลหะจากภาคอุตสาหกรรมเตรียมโลหะ และเซรามิกอุณหภูมิสูง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกวัสดุที่จะผลิตเบ้าหลอมโลหะ และจากการทดสอบตัวอย่างเบ้าหลอม จากภาคอุตสาหกรรมแล้วนั้น ส่วนประกอบหลักของเบ้าหลอมนั้นคืออลูมินา รายละเอียดข้อมูลตัวอย่างเบ้าหลอมแสดงในส่วนของผลการวิจัย วิธีที่เลือกใช้ผลิตเบ้าหลอมโลหะในงานวิจัยนี้คือวิธีการหล่อแบบ (slip casting) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน และเป็นที่ยอมรับในการผลิตเบ้าหลอม

วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย ทดสอบ และ วิเคราะห์เบ้าหลอม

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานการหล่อแบบเพื่อผลิตเบ้าหลอมได้แก่ ผงอลูมินา ดิน สารช่วยกระจายตัว หม้ออบ หลุมกด กระบอกตวง เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ที่คั้นน้ำหล่อ ตะแกรงกรองน้ำหล่อออกจากหลุมกด (mesh) และอุปกรณ์ต่างๆ ไปสำหรับการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ผลิตเบ้าหลอม ได้แก่ รางกด เตาอบไล่ความชื้น และ เตาอบอุณหภูมิสูงเพื่อทดสอบเบ้าหลอมที่ผลิตได้ เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้คือ X-Ray Fluorescence (XRF) เพื่อใช้วิเคราะห์ส่วนประกอบเบ้าหลอมตัวอย่างที่ได้จากภาคอุตสาหกรรม และ Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อใช้วิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของเบ้าหลอมตัวอย่างจากภาคอุตสาหกรรม และเบ้าหลอมที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้

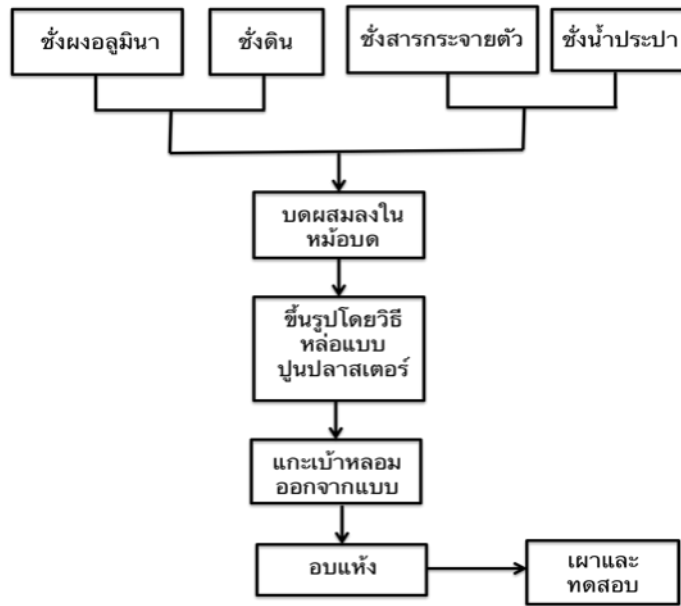
การดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหล่อแบบ (slip casting) ซึ่งเริ่มจากส่วนที่ 1 คือ การนำผงอลูมินา และ ดินมาผสมกันตามสัดส่วนที่กำหนด และส่วนที่ 2 คือ การนำน้ำและสารช่วยกระจายตัวมาผสมกัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ 1 และที่ 2 เทลงในหม้ออบโดยใส่หลุมกดทำจากอลูมินาสำหรับช่วยในการผสมผสม นำหม้ออบนี้ไปวางบนรางกดเพื่อให้วัตถุดิบผสมผสมเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำ slip ที่ได้จะรวมเป็นเนื้อเดียวกันในหม้ออบที่มีหลุมกดป่นอยู่ ให้นำน้ำ slip มาแยกหลุมกดออกโดยใช้ mesh ในการกรองแยก เพื่อนำน้ำ slip ออกมาสำหรับเทแบบ ในขั้นตอนนี้จะวัดความหนาแน่นของน้ำ slip โดยคำนวณจากสูตร

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (g/cm^3)$$

โดย m = มวลของน้ำ slip (g) และ V = ปริมาตรของน้ำ slip (cm³)

ขั้นตอนต่อไปคือ วิธีการขึ้นรูป นำน้ำ slip ที่ได้เทลงในแบบหล่อซึ่งเมื่อเทเสร็จแล้วแบบหล่อจะดูดน้ำ slip ไปบางส่วน จะต้องเทน้ำ slip เพิ่มจนกว่าแบบหล่อจะหยุดการดูดน้ำ slip หลังจากนั้นให้เทน้ำ slip ออกจากแบบ ได้เบ้าหลอมติดอยู่กับแบบทิ้งไว้ประมาณ 2 วันเพื่อให้เบ้าหลอมแห้งพร้อมแกะออกจากแบบ หลังจากนั้นแกะเบ้าหลอมออกจากแบบแล้วไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 50°C เป็นเวลา อย่างน้อย 12 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกก่อนการเผา นำเบ้าหลอมที่ไล่ความชื้นแล้วนั้นไปเผาและทดสอบการใช้งานที่ 1600°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขั้นตอนโดยรวมของการหล่อแบบแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการหล่อแบบ (Slip Casting)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนสูตรการทำเบ้าหลอมโดยการเปลี่ยนอัตราส่วนของผงอลูมินาและดิน และดูผลหลังการเผาและทดสอบที่ 1600°C แล้วนั้น เบ้าหลอมยังคงสภาพอยู่ได้หรือไม่

ผลการวิจัย

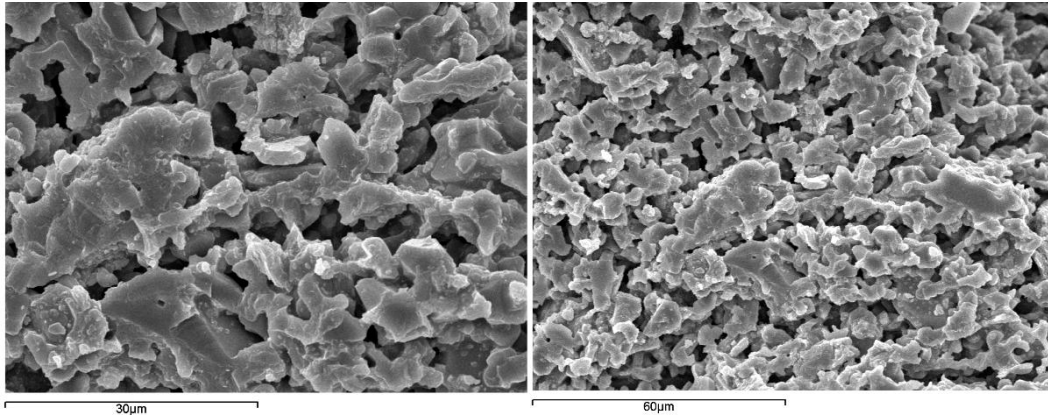
วิเคราะห์ตัวอย่างเบ้าหลอมจากภาคอุตสาหกรรม

ในขั้นตอนแรกคือ การวิเคราะห์ส่วนประกอบตัวอย่างเบ้าหลอมจากภาคอุตสาหกรรมจำนวน 3 ตัวอย่างด้วยเทคนิค X-Ray Fluorescence ส่วนประกอบหลักของทั้งสามเบ้าหลอมโลหะคือ อลูมินา (Al_2O_3) และส่วนประกอบถัดมาคือ SiO_2 ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะผลิตเบ้าหลอมเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงโดยมีส่วนประกอบจากอลูมินาและดินเป็นหลัก และจะทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของอลูมินาและดิน และดูผลหลังจากการเผาเบ้าหลอมว่าเป็นอย่างไร

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์เบ้าหลอมโลหะอุณหภูมิสูงจากภาคอุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)	
	Al_2O_3	SiO_2
1	97.85	1.29
2	85.63	13.56
3	96.45	1.89

การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างเบ้าหลอมโลหะโดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) แสดงในภาพที่ 2 ขนาดของอนุภาคในการทำภาชนะสำหรับหล่อโลหะ ที่ภาคอุตสาหกรรมใช้งานมีขนาดอยู่ในช่วง 2.01-7.36 μm



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางจุลภาคของเบ้าหลอมที่ได้รับมาจากภาคอุตสาหกรรม

เบ้าหลอมทนอุณหภูมิสูงที่ผลิตได้เอง

ในการผลิตเบ้าหลอมนี้ ได้มีการปรับเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์ปริมาณของธาตุโดยน้ำหนักของอลูมินา (Al_2O_3) ดิน และสารช่วยกระจายตัว รวมทั้งได้วัดความหนาแน่นของน้ำ slip หลังจากที่ผ่านมาการ ball mill เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของอลูมินาที่ใช้คือตั้งแต่ 79.23% ถึง 97.44% ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองและผลทดสอบของเบ้าหลอมที่อุณหภูมิสูง ($\sim 1600^\circ\text{C}$) ในแต่ละสูตรซึ่งได้ผลสรุปดังนี้

- สูตรที่ 1 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์อลูมินามากที่สุด (97.44%) ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ สามารถขึ้นรูปได้ ผ่านการทดสอบที่อุณหภูมิสูง ($\sim 1600^\circ\text{C}$) ได้ แต่มีความยากในการนำชิ้นงานออกจากแบบ ซึ่งความยากในการนำเบ้าหลอมออกจากแบบอาจเป็นเพราะการมีเปอร์เซ็นต์อลูมินามาก ทำให้เบ้าหลอมติดกับแบบแน่นจนเกินไป

- สูตรที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์อลูมินา 95.06% โดยมีดินเป็นส่วนประกอบประมาณ 2.47% สามารถขึ้นรูปได้ แต่มีความยากในการนำชิ้นงานออกจากแบบ และมีความเสียหายเกิดขึ้นบ้างขณะที่นำชิ้นงานออกจากแบบ อาจเนื่องจากสาเหตุที่มีเปอร์เซ็นต์อลูมินายังคงมากอยู่ ซึ่งทำให้น้ำเบ้าหลอม ออกจากแบบยาก และเริ่มมีดินเป็นส่วนประกอบ 2.47% เลยอาจทำให้เบ้าหลอม ไม่มีความแข็งแรงพอ ดังนั้นเมื่อเวลาแกะแบบจึงมีความเสียหายเกิดขึ้น ในสูตรนี้เบ้าหลอมไม่ผ่านการทดสอบ ที่อุณหภูมิสูง

- สูตรที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์อลูมินาลดลงมาที่ 92.64% และมีดินเป็นส่วนประกอบประมาณ 4.89% สามารถขึ้นรูปได้และนำเบ้าหลอมออกจากแบบได้โดยเบ้าหลอมยังมีความสมบูรณ์อยู่ รวมถึงเบ้าหลอมนี้สามารถผ่านการทดสอบที่อุณหภูมิสูงได้ ซึ่งสูตรนี้ถือว่าประสบความสำเร็จในการทำเบ้าหลอมทนอุณหภูมิสูง

- สูตรที่ 4 ถึง สูตรที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์อลูมินาลดลงมาที่ 90.13% 87.65% 85.18% และ 81.81% และมีดินเป็นส่วนประกอบประมาณ 7.4% 9.87% 12.35% และ 15.58% ตามลำดับ สามารถขึ้นรูปได้ แต่ไม่ผ่านการทดสอบที่อุณหภูมิสูง

- สูตรที่ 8 มีเปอร์เซ็นต์อลูมินาลดลงมาที่ 79.23% และมีปริมาณดิน 18.17% ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ก่อนนำไปทดสอบที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นที่เปอร์เซ็นต์อลูมินาที่ประมาณ 79.23% คือ ขีดจำกัดของการเตรียมเบ้าหลอม ที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้แล้วก่อนการนำไปทดสอบ

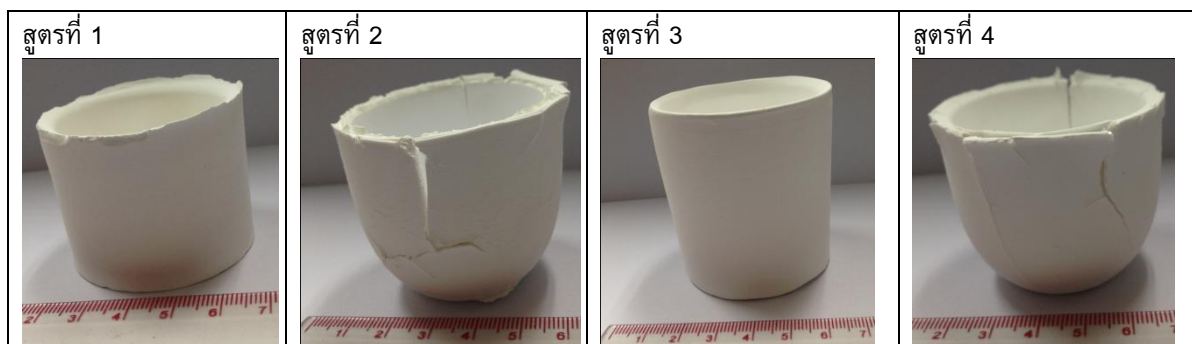
ตารางที่ 1 สูตรเบ้าหลอมต่างๆที่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณอลูมินา ความหนาแน่น ผลการขึ้นรูป และผลการทดสอบรวมถึงหมายเหตุจากการเตรียมเบ้าหลอม

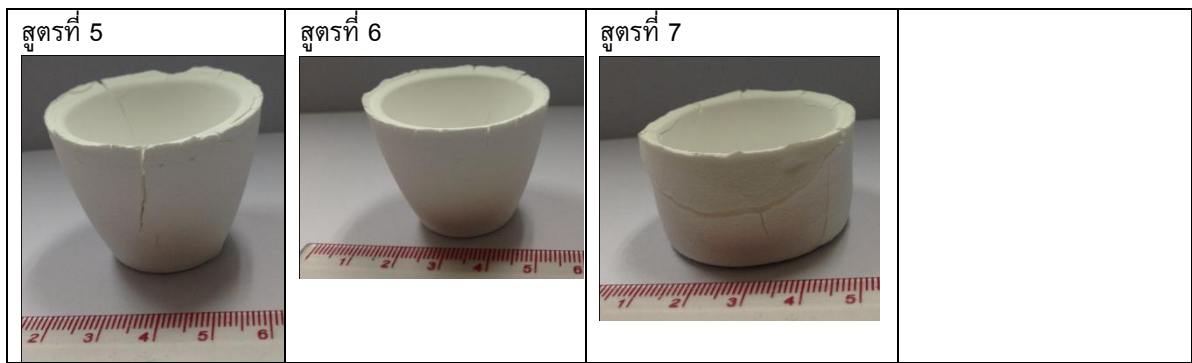
สูตรที่	ปริมาณธาตุ (% โดยน้ำหนัก)			ความหนาแน่น	การขึ้นรูป	การทดสอบ	หมายเหตุ
	Al ₂ O ₃	ดิน	สารช่วยกระจายตัว	น้ำ slip			
1	97.44	0	2.56	1.46	ขึ้นรูปได้	ผ่าน	นำชิ้นงานออกจากแบบยาก
2	95.06	2.47	2.47	1.46	ขึ้นรูปได้	ไม่ผ่าน	นำชิ้นงานออกจากแบบยาก และมีความเสียหาย
3	92.64	4.89	2.47	1.44	ขึ้นรูปได้	ผ่าน	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์และแกะออกจากแบบได้ โดยไม่มีความเสียหาย
4	90.13	7.4	2.47	1.43	ขึ้นรูปได้	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานเกิดรอยร้าวหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง
5	87.65	9.87	2.47	1.44	ขึ้นรูปได้	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานเกิดรอยร้าวหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง
6	85.18	12.35	2.47	1.42	ขึ้นรูปได้	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานเกิดรอยร้าวหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง
7	81.81	15.58	2.6	1.4	ขึ้นรูปได้	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานเกิดรอยร้าวหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง
8	79.23	18.17	2.6	1.39	ขึ้นรูปไม่ได้	-	-

ผลเบ้าหลอมหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 3 แสดงรูปของเบ้าหลอมสูตรต่างๆ ที่ผ่านการทดสอบเบ้าหลอมที่อุณหภูมิสูงแล้ว

ตารางที่ 2 รูปแสดงเบ้าหลอมหลังผ่านการทดสอบที่อุณหภูมิสูง (~1600°C)

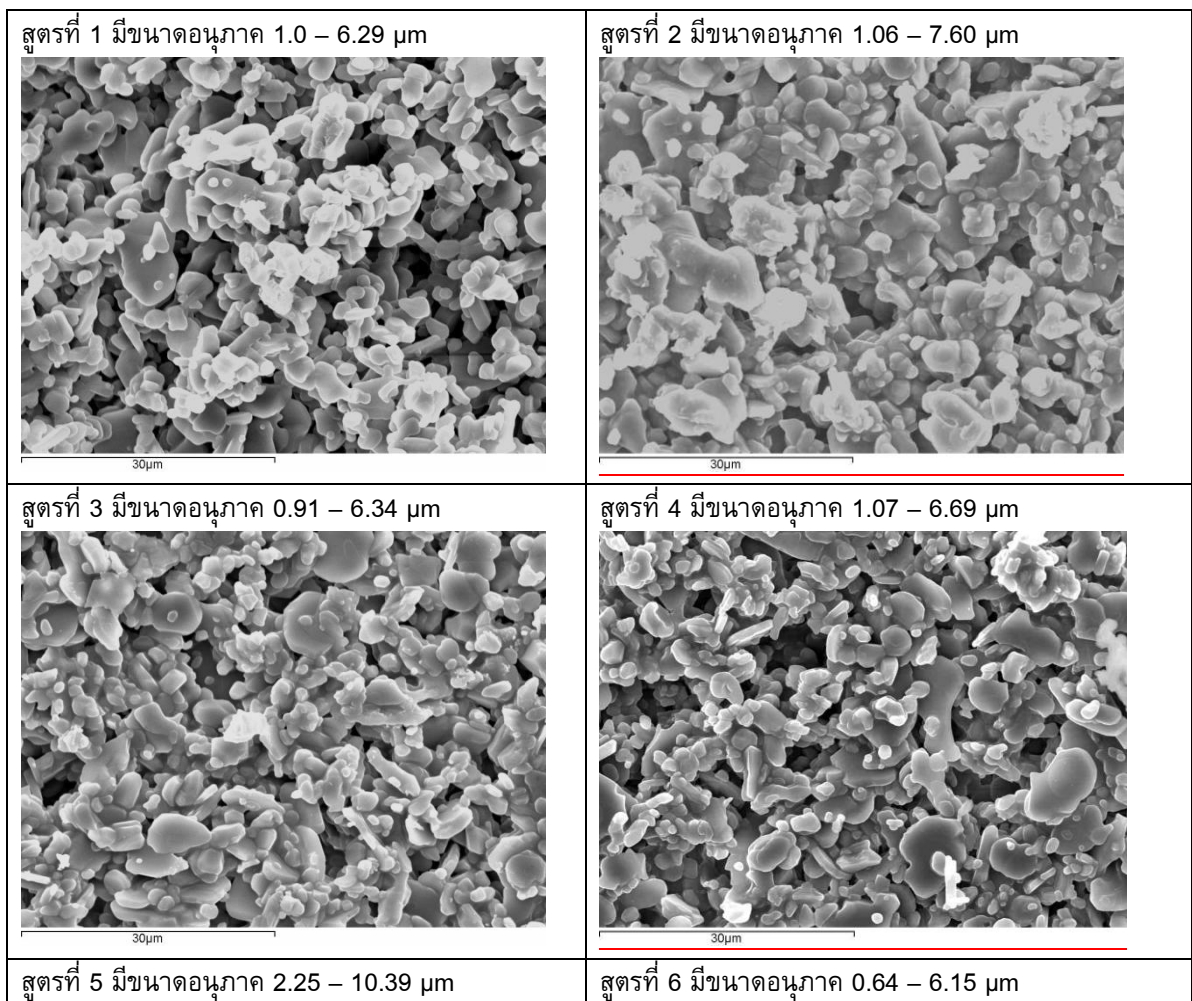


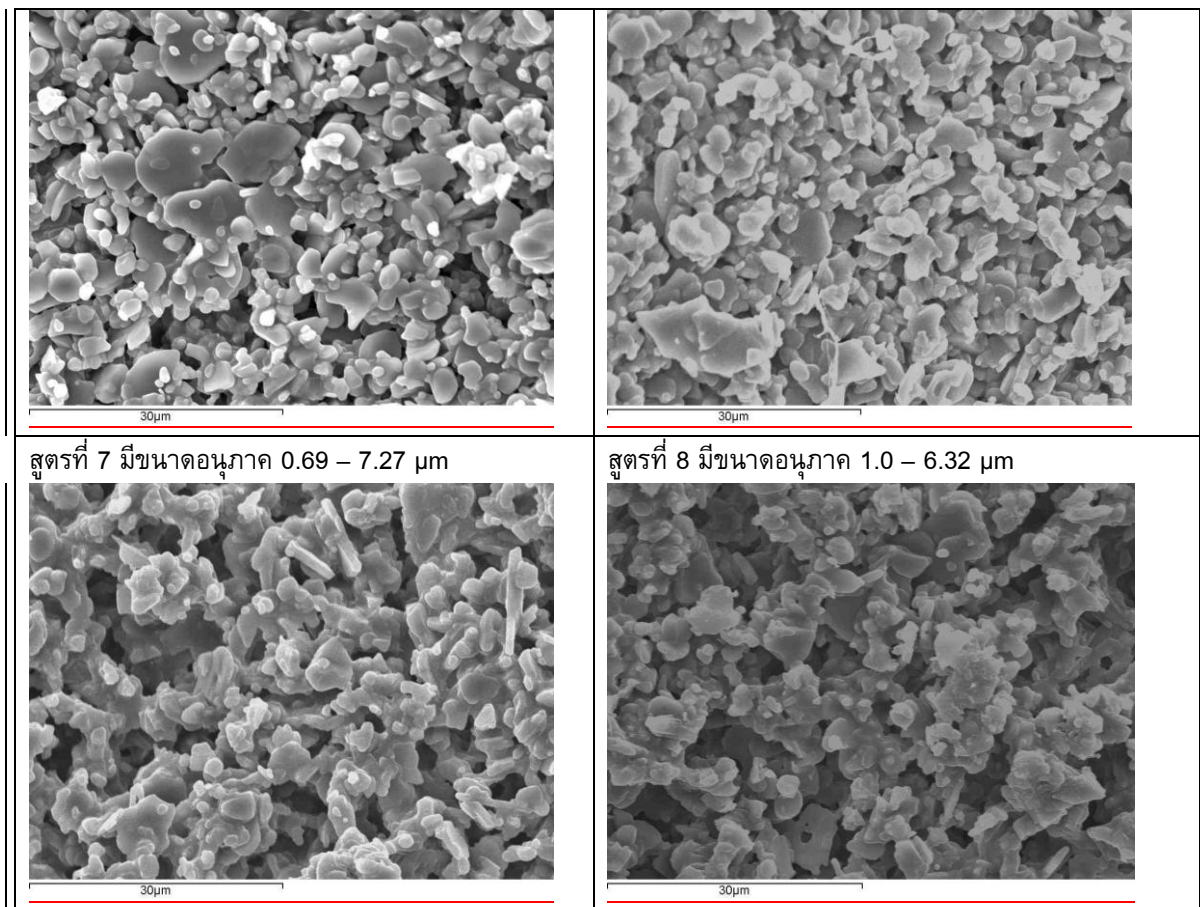


โครงสร้างทางจุลภาคหลังจากทดสอบเบ้าหลอม

ตารางที่ 4 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) ขนาดอนุภาคที่ได้อยู่ในช่วงประมาณ 1.0 μm ถึง 10 μm ซึ่งสอดคล้องกับขนาดอนุภาคของตัวอย่างเบ้าหลอมจากภาคอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3 โครงสร้างทางจุลภาคของเบ้าหลอมรวมถึงขนาดอนุภาคของเบ้าหลอมในแต่ละสูตร





สรุปและอภิปรายผล

เบ้าหลอมที่สามารถผลิตได้นั้นมีส่วนประกอบจากอลูมินา ดิน และสารช่วยกระจายตัว โดยมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของอลูมินาและดินโดยกำหนดให้ปริมาณสารช่วยกระจายตัวคงที่ เบ้าหลอมที่ได้ผลสำเร็จในการขึ้นรูปและสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงคือ เบ้าหลอมที่มีสัดส่วนอลูมินา/ดินที่ 97.44% / 0% และ 92.64% / 4.89% แต่เบ้าหลอมที่ไม่มีส่วนประกอบของดินเลยจะมีความยากในการเอาเบ้าหลอมออกจากแบบ ส่วนเบ้าหลอมที่ประสบผลสำเร็จคือ เบ้าหลอมที่มีส่วนประกอบของอลูมินาและดินที่ 92.64% และ 4.89% ตามลำดับ ดังนั้น สัดส่วนของอลูมินาและดินเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการผลิตเบ้าหลอม โดยต้องมีสัดส่วนของอลูมินาและดินที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเซรามิกส์ประยุกต์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติที่เอื้อเพื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณนิสิตปี 4 น.ส. จันทร์ปรียา ไชยวาลย์ น.ส. ชญานิษฐ์ สมเคราะห์ และ น.ส. ชยานันท์ คำป้อม ที่ร่วมทำการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากทุนรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Maruoka, T.; & Matsuda, J. (2001). New crucible for noble gas extraction. *Chemical Geology*. 175: 751-756.
- [2] *High temperature crucibles*. (2010). from <http://www.advtechind.com/accumet/crucibles.htm>
- [3] *Crucibles*. (2010). from <http://www.zircoa.com>
- [4] Adachi, S.; et al. (2007). Bi₂Sr₂CaCu₂O_y single crystals grown using various crucibles. *Physica C*. 463-465: 449-451.
- [5] Chu, C.; et al. (2009). Sintering of aluminum nitride by using alumina crucible and MoSi₂ heating element at temperatures of 1650°C and 1700°C. *Ceramics International*. 35:3455-3461.
- [6] Du, D.; & Munakata, T. (2005). Temperature distribution in an inductively heated CZ crucibles. *Journal of Crystal Growth*. 283: 563-575.
- [7] Pourabdoli, M.; et al. (2006). Production of high titania slag by electro-slag crucible melting (ESCM) process. *International of Mineral Processing*. 78: 175-181.
- [8] Duffar, T.; et al. (1999). Effect of crucible-sample adhesion on grain germination. *Journal of Crystal Growth*. 198/199: 374-378.
- [9] Santos, C.; et al. (2008). Highly dense Si₃N₄ crucibles used for Al casting: An investigation of the aluminum–ceramic interface at high temperatures. *Journal of Materials Processing Technology*. 184: 108-114.
- [10] Veshchunov, M.; Hofmann, P.; & Berdyshev, A. (1996). Critical evaluation of uranium oxide dissolution by molten zircaloy in different crucibles tests. *Journal of Nuclear Materials*. 231:1-19.
- [11] Bewley, B.P.; et al. (2010). Methods for making refractory crucibles. *United States Patent 7761969*.
- [12] Parent, E.D. (1975). Method of making refractory metal-ceramic crucible. *United States Patent Number 572, 369*.
- [13] Eckert, E.C. (2004). Crucibles for molten aluminum. *United States Patent Number 6680023*.
- [14] Rahmane, M.; et al. (2008). Crucibles for melting titanium alloys. *United State Patent Number 266275*.
- [15] Shi, J.; Berger, J.E.; & Ling, X.S. (1998). Growth of YBa₂Cu₃O₇-crystals with BaZrO₃-coated alumina crucibles. *Physica C*. 301.

SWU6-1082: การพยากรณ์แรงกดอ้างอิงสำหรับเครื่องรีดละเอียดในการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดมันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

HOT STRIP ROLLING FORCE SETUP PREDICTION USING BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK

พจมาลย์ พัฒน์มะณี*, สมชาย ปรากฏาจารย์

Potjaman Patmanee*, Somchai Prakan-charoen

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Department of Computer and Information Science, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: Potjamanp@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์แรงกดอ้างอิงสำหรับเครื่องรีดละเอียด (Finishing Mill Rolling Force Setup) ในกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดมัน การวิจัยใช้ตัวอย่างข้อมูลจากประวัติการรีดกลุ่มผลิตภัณฑ์ความกว้าง 1,219 มิลลิเมตร รวมทั้งสิ้น 1,845 รายการ ใช้ตัวชี้วัด 7 ตัว และมีตัวแปรตามเป็นค่าแรงกดที่วัดได้จริงหลังรีด นำข้อมูลมาศึกษาความมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) และเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวชี้วัดที่มีต่อแรงกดก่อนนำไปประมวลผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมประเภทโครงข่ายหลายชั้นแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Multilayer Feed-forward Back-propagation Network: BPN) ซึ่งพบว่า การใช้ BPN นั้นมีความน่าเชื่อถือกว่าสมการถดถอยเชิงพหุในการพยากรณ์ของทุกแท่นรีด ซึ่งวิธี BPN จะให้ค่า R^2 มากกว่าการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุในแท่นรีดที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เท่ากับ 8.32%, 4.55%, 3.06%, 3.81%, 5.62%, 6.30% และ 11.13% ตามลำดับ อีกทั้งได้ทำการวิจัยด้วยการแปลงข้อมูล (Normalization transformation) ให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน Z-Score, T-Score, Min-Max และข้อมูลดิบเพื่อทดสอบดูว่ามีผลต่อการพยากรณ์หรือไม่ ซึ่งพบว่า การแปลงข้อมูลนั้นมีผลต่อการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียมแต่ต่างกันในระดับน้อย และพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ด้วยวิธี Mean Absolute Percent Error (MAPE) ของข้อมูลที่ไม่มีการแปลงเป็นรูปคะแนนมาตรฐานใดๆ จะให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดตามด้วยข้อมูลที่แปลงเป็น T-Score, Min-Max ตามลำดับ ส่วนข้อมูลที่อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐาน Z-Score พบว่า ค่า MAPE มีค่าติดลบและมากกว่าหนึ่งร้อย แสดงให้เห็นว่า การแปลงค่าแบบ Z-Score อาจบิดเบือนข้อมูลดิบและอาจเพิ่มความผิดพลาดให้เกิดขึ้นได้กับข้อมูลกรณีศึกษา และจากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุจะสะท้อนให้เห็นว่าทุก ๆ แท่นรีด ตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุดคือ ค่าความหนาของชิ้นงานก่อนเข้าแท่นรีด (Thickness input) และค่าความหนาของชิ้นงานหลังออกจากแท่นรีด (Thickness output) ตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดคือ ค่าความกว้างของชิ้นงาน (Width strip) สำหรับแท่นรีดที่ 7 นั้นพบว่า มีค่า R^2 น้อยที่สุดทั้งวิธีการทดลองทั้งสองแบบ เป็นไปได้ว่าในแท่นรีดที่ 7 น่าจะมีตัวชี้วัดอื่นๆ ที่มีอิทธิพลนอกเหนือจากตัวชี้วัดที่นำมาทำการวิจัยซึ่งอาจนำไปศึกษาและทำการวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: เหล็กรีดร้อนชนิดมัน โครงข่ายประสาทเทียม สมการถดถอยเชิงพหุตัวแปร การแปลงข้อมูลในรูปแบบปกติ

Abstract

The objective of this research was to predict finishing mill force setup of hot strip mill process using Artificial Neural Network: ANN with Multi layer Feed-forward Back-propagation Network: BPN. Seven indicators were picked up from related research and using multiple regression analysis to compare the influence of indicators. The experimental data of the samples from the production of hot rolled coils. In product, width 1219 mm. total production of 1,845 records. All indicators were studied results are statistically significant before to processing using BPN which found that the BPN, it is more reliable than multiple regression analysis in all finishing mill rolling stand. This research was conducted to convert the data (Normalization transformation) to any standardized Z-Score, T-Score, Min-Max that affect to prediction or not. It was found that the data transformation affects the processing of neural networks. R^2 of BPN method more than Multiple regression of rolling stand 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 was 8.32%, 4.55%, 3.06%, 3.81%, 5.62%, 6.30% and 11.13% respectively, and found that the Mean Absolute Percent Error (MAPE) of raw data with minimal error and followed by T-Score and Min-Max. For MAPE of Z-Score are uncommon. Z-Score transformations may distort the information inherent in the raw data and may increase random error with sample data in this research. Multiple regression analysis to reflect indicators that influence the dependent variable of all rolling stand. Thickness input and thickness output variable are significant to force setup prediction more than any indicators. For rolling stand7, it was found that R^2 is minimal. It is possible that there are other indicators that affect the prediction of force setup.

Keywords: Hot rolling mill, Artificial Neural network, Multiple regression analysis, Normalization transformation

บทนำ

กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนคือการนำเหล็กแท่งแบน หรือ Slab มาให้ความร้อนแล้วทำการรีดในสายการผลิตต่อเนื่อง (Continuous Process) ระบบควบคุมกระบวนการผลิต (Process Control System) จะต้องควบคุมการผลิตให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามที่ลูกค้าต้องการในเรื่องต่างๆ ได้แก่ ความหนา (Thickness), ความกว้าง (Width) และอุณหภูมิในระหว่างทำการผลิต (Rolling Temperature) ในกระบวนการข้างต้นจะพบปัญหาต่างๆ ในการควบคุมการผลิตขึ้นงาน ได้แก่ ปัญหาการควบคุมความหนา (Thickness Control) ซึ่งจะถูกรับควบคุมในขั้นตอนกระบวนการรีดละเอียด (Finishing Mill Process) ซึ่งมีฟังก์ชันกำหนดแรงกดอ้างอิง (Rolling Force Setup) ของเครื่องรีดละเอียด (Finishing Mill Stand) ที่จะสั่งเครื่องรีดซึ่งเป็นลูกรีดเหล็ก (Roll) กดทับขึ้นงานให้มีความหนาตามค่าที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมการรีดเหล็กชิ้นนั้น โดยกระบวนการดังกล่าวมีโมเดลคณิตศาสตร์ซึ่งทำหน้าที่คำนวณแรงกดอ้างอิงให้กับเครื่องจักรโดยการปรับค่าพารามิเตอร์จะอาศัยข้อมูลจากขึ้นงานก่อนหน้าที่เพิ่งรีดเสร็จไป ซึ่งพบว่า มีปัญหาการคำนวณ Rolling Force Setup ยังไม่แม่นยำโดยเฉพาะกรณีวัตถุดิบที่ใช้ผลิตขึ้นงานนั้นมีแตกต่างกันมากๆ ระหว่างขึ้นงานก่อนหน้ากับขึ้นที่กำลังจะเข้ารีด หรือกรณีขึ้นงานที่ต้องผลิตมีความต้องการที่หลากหลายของลูกค้าและจำเป็นต้องรีดต่อเนื่องกัน เช่น ความหนาที่ต้องการ, อุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการ เป็นต้น เรียกปัญหาเหล่านี้ว่า “ปัญหา Product change” ส่งผลกระทบต่างๆ สรุปได้คือเกิดปัญหาความหนาเกินกว่าค่าควบคุมที่ลูกค้าต้องการ สินค้าไม่เป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนดทำให้ไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นไปขายให้กับลูกค้าได้และอาจจะต้องนำไปขายเป็นสินค้าในเกรดที่ต่ำลงมาทำให้สูญเสียกำไร เกิด

ปัญหาชิ้นงานเสียหาย (Scrap) จนเป็นเหตุให้เครื่องจักรหยุดผลิต (Breakdown) ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเครื่องจักร สร้างความเสียหายหลายล้านบาทต่อปี

ผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจจัดทำการศึกษาวิจัยนี้ขึ้นโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมช่วยพยากรณ์แรงกดอ้างอิงสำหรับเครื่องรีดละเอียดนี้ให้แม่นยำมากขึ้นเพื่อควบคุมความหนาของชิ้นงานให้ได้ตามความต้องการมากยิ่งขึ้นและลดปัญหาตั้งที่กล่าวไว้ข้างต้นนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวชี้วัดที่มีต่อแรงกดอ้างอิงของเครื่องรีดละเอียด (Finishing mill rolling force setup)
2. เพื่อศึกษาการพยากรณ์แรงกดอ้างอิงสำหรับเครื่องรีดละเอียดในสายการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนด้วยการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียมระหว่างข้อมูลตัวชี้วัดที่ผ่านการแปลงข้อมูลเป็นคะแนนมาตรฐานแบบต่างๆ กับข้อมูลดิบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การพยากรณ์แรงกดสำหรับเครื่องรีดละเอียดในการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมตัวชี้วัดที่ใช้ในการคำนวณแรงกดตามทฤษฎีการรีดเหล็ก [1] และรวบรวมตัวอย่างข้อมูลจากประวัติการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนของบริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรีจำกัด (มหาชน) โดยสนใจเฉพาะกลุ่มข้อมูลผลิตภัณฑ์ลูกค้ำประเภทลำผิวและเคลือบน้ำมัน ความกว้างผลิตภัณฑ์มีขนาดเท่ากับ 1,219 มิลลิเมตร และเป็นข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2554 ทั้งหมด 7 แท่นรีดละเอียด (Finishing mill stand) จำนวน 3,126 ข้อมูล ตัวชี้วัดที่รวบรวมมาเป็นตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลตามทฤษฎีการรีดเหล็ก [1-2] แสดงตามตารางที่ 1 และตัวแปรตามที่ต้องการ หรือตัวแปรเป้าหมายคือแรงกดที่วัดได้จริง (Force actual) หลังจากจบการรีดชิ้นงานนั้นๆ

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดที่ใช้ในการพยากรณ์แรงกดอ้างอิง

ตัวชี้วัด	ความหมาย	หน่วย
Thickness input	ความหนาของชิ้นงานก่อนเข้าแท่นรีด	mm.
Thickness output	ความหนาของชิ้นงานออกจากแท่นรีด	mm.
Temperature	อุณหภูมิของชิ้นงานออกจากแท่นรีด	°C
Width Strip	ความกว้างของชิ้นงาน	mm.
Mass flow	ปริมาณของเนื้อเหล็กที่ไหลเข้าและออกจากแท่นรีด	m ³ /s
Hardness	สัดส่วนระหว่างแรงกดที่วัดได้จริง กับแรงกดคำนวณ	ไม่มี
Yield Stress	ค่าที่ใช้แทนความแข็งแรงของเหล็กในแต่ละแท่นรีด	N/m ²

2. ศึกษาเทคนิควิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุตัวแปร (Multiple Regression Analysis) [3] เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป โดยตัวแปรตามต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว ตัว

แปรอิสระทุกประเภทอย่างน้อย 2 ตัว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination: R^2) เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามได้ นั่นคือใช้ R^2 เป็นเครื่องชี้ความสำคัญของ X ที่มีต่อ Y ซึ่งนิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ และนอกจากนี้ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน หรือ Beta มาก (อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้) แสดงว่าตัวแปรอิสระนั้นมีอิทธิพลหรือความสำคัญกับตัวแปรตามมากด้วย และ ค่า Sig. หรือ P คือระดับนัยสำคัญที่กำหนด (มักใช้เป็น 0.05)

3. การแปลงข้อมูลเป็นคะแนนมาตรฐาน ในส่วนนี้จะทำการในการเปรียบเทียบข้อมูล โดยวิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายของข้อมูล ซึ่งข้อมูลแต่ละตัวแปรมีหน่วยที่ไม่เหมือนกัน มีผลทำให้เปรียบเทียบกันโดยตรงไม่ได้ ควรต้องมีการเปลี่ยนรูปให้มีหน่วยเดียวกัน ซึ่งทางสถิติสามารถทำได้โดยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง [4-5] มีขั้นตอน ดังนี้

3.1 นำกลุ่มตัวอย่างข้อมูลทั้ง 3,126 ข้อมูลมาทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยพิจารณาค่า Skewness ต้องอยู่ระหว่าง -1 และ 1 และกำจัดข้อมูลที่ผิดปกติด้วยวิธี Boxplot [3] ทำให้ได้กลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่เหลือทั้งสิ้น 1,845 ข้อมูลเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

3.2 นำข้อมูลตัวชี้วัดจากตารางที่ 1 และตัวแปรตามคือค่าแรงกดที่วัดได้จริงของแท่นรีดที่ 1-7 มาแปลงเป็นค่าคะแนนมาตรฐานแบบ Z-Score ซึ่งเป็นการปรับการกระจายของข้อมูลให้มีค่าเท่ากับ 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 [6]

$$Z - Score = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

- เมื่อ Z คือ คะแนนมาตรฐานของ X
X คือ ค่าที่ต้องการเปลี่ยนให้เป็นคะแนนมาตรฐาน
 μ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมด
 σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าทั้งหมด

3.3 นำข้อมูลตัวแปรอิสระซึ่งใช้ข้อมูลตัวชี้วัดจากตารางที่ 1 และตัวแปรตามคือค่าแรงกดที่วัดได้จริงของแท่นรีดที่ 1-7 มาแปลงเป็นค่าคะแนนมาตรฐานแบบ T-Score สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 [7]

$$T - Score = Z - Score * 10 + 5 \quad (2)$$

3.4 นำข้อมูลตัวแปรอิสระซึ่งใช้ข้อมูลตัวชี้วัดจากตารางที่ 1 และตัวแปรตามคือค่าแรงกดที่วัดได้จริงของแท่นรีดที่ 1-7 มาแปลงเป็นค่าคะแนนมาตรฐานแบบ Min-Max เป็นการแปลงข้อมูลเชิงเส้นจากช่วงที่เป็นไปได้เดิมของค่าอินพุต ให้เป็นช่วงข้อมูลใหม่ที่กำหนด ปกติ ช่วง 0-1 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 [4]

$$v' = \frac{v - \min_A}{\max_A - \min_A} (new_max_A - new_min_A) + new_min_A \quad (3)$$

3.5 นำข้อมูลตัวชี้วัดและตัวแปรตามของแท่นรีดที่ 1-7 ซึ่งผ่านการแปลงค่าคะแนนมาตรฐานเป็น Z-Score, T-Score, v' ที่ได้มาวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธีการนำทุกๆ ตัวชี้วัดเข้าสมการถดถอยพร้อมกัน (Enter method) [4] บันทึกค่า R^2 , ค่า Beta และ ค่า P

3.6 ตรวจสอบค่า P ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอย และเลือกตัวชี้วัดที่มีค่า $P < 0.05$ นำเข้าทดลองในขั้นตอนประมวลผลผ่านโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

4. ศึกษาการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Multilayer Feed-forward Back-propagation Network: BPN) [8] และนำมาพยากรณ์แรงกดแท่นรีดทั้ง 7 แท่นรีด โดยใช้ค่าแรงกดที่วัดได้จริง (Force actual) เป็นค่าเป้าหมาย ส่วนตัวแปรนำเข้าเป็นค่าตัวชี้วัดที่ผ่านการแปลงเป็นคะแนนมาตรฐานแบบต่าง ๆ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยมาแล้ว การแบ่งกลุ่มกำหนดเป็น Training : Testing : Validation เป็นสัดส่วน 0.7 : 0.15 : 0.15 [9] ใช้อัลกอริทึมในการ Training ให้โครงข่ายเป็นแบบ Levenberg-Marquardt backpropagation: trianlm ส่วนทรานเฟอร์ฟังก์ชันใช้ฟังก์ชัน tansig และ purelin การปรับน้ำหนักที่เหมาะสมใช้วิธีการ Gradient descent ส่วน Performance function เป็น Mean square error: mse จากนั้นเก็บผลการทดลองโดยพิจารณาความน่าเชื่อถือของโมเดลจากค่า R^2 การประมวลผลจะถูกทำซ้ำซึ่งในแต่ละรอบได้กำหนดจำนวนเลเยอร์แฝงเท่ากับ 30 และใช้การดำเนินการทดลองด้วยวิธีนี้กับข้อมูลแท่นรีดที่ 1-7 และกับทุกรูปแบบข้อมูลจากนั้นบันทึกผลค่า R^2 และค่าพยากรณ์ที่ได้

5. การเปรียบเทียบความแม่นยำในงานวิจัยอาศัยค่า Mean Absolute Percent Error (MAPE) [10] โดยอาศัยการคำนวณจากสมการที่ 4 ดังนี้

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \quad (4)$$

เมื่อ A_i คือ จำนวนจริงหรือเป้าหมาย
 F_i คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบการแจกแจงปกติและการกำจัดข้อมูลที่ผิดปกติจากข้อมูลตัวอย่าง 3,126 ข้อมูล ทำให้ได้ข้อมูลตัวอย่างที่จะนำไปทดลองเป็น 1,845 ข้อมูล แต่ละข้อมูลเป็นข้อมูลการคำนวณค่าแรงกดอ้างอิงของทั้ง 7 แท่นรีดละเอียด

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุตัวแปรกับกลุ่มข้อมูลตัวอย่างซึ่งได้แปลงเป็นคะแนนมาตรฐานแต่ละแบบซึ่งได้แก่ Z-Score, T-Score, Min-Max รวมถึงข้อมูลดิบที่ยังไม่ทำการแปลงนั้นจะได้ค่า R^2 , Beta, P ที่เท่ากัน ผลการทดลองแสดงค่า R^2 ตามตารางที่ 2, ค่า Beta ตามตารางที่ 3 และ ค่า P ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ค่า R^2 จากสมการถดถอยเชิงเส้นของตัวชี้วัดแทนรีดที่ 1-7

แทนรีด	R^2	Std. Error of the Estimate			
		Non- transformation	Z-Score	T-Score	Min-Max
1	73.9%	89.688	0.511	5.115	0.079
2	88.8%	68.137	0.335	3.349	0.053
3	88.9%	62.631	0.333	3.334	0.058
4	87.3%	61.396	0.357	3.568	0.067
5	76.6%	68.359	0.485	4.851	0.081
6	70.0%	83.343	0.549	5.491	0.101
7	53.5%	80.822	0.683	6.830	0.124

ตารางที่ 3 ค่า Standardized Coefficients: Beta จากสมการถดถอยเชิงเส้นของตัวชี้วัดแทนรีดที่ 1-7

ตัวชี้วัด	Standardized Coefficients : Beta						
	แทนรีด 1	แทนรีด 2	แทนรีด 3	แทนรีด 4	แทนรีด 5	แทนรีด 6	แทนรีด 7
Width Strip	0.016	0.023	0.041	0.029	0.029	0.007	0.046
Hardness	0.412	0.402	0.428	0.424	0.485	0.446	0.274
Mass flow	-0.253	-0.245	-0.225	-0.429	-0.488	-0.577	-0.642
Thickness input	0.392	1.187	1.847	3.424	5.132	6.434	8.52
Temperature	-0.294	-0.174	-0.157	-0.151	-0.164	-0.133	-0.064
Thickness output	-0.985	-1.699	-2.378	-3.673	-5.217	-6.317	-8.207
Yield Stress	0.341	0.182	0.207	0.276	0.339	0.294	0.384

ตารางที่ 4 ค่า Sig. (P) จากสมการถดถอยเชิงพหุตัวแปรของตัวชี้วัดแทนรีดที่ 1-7

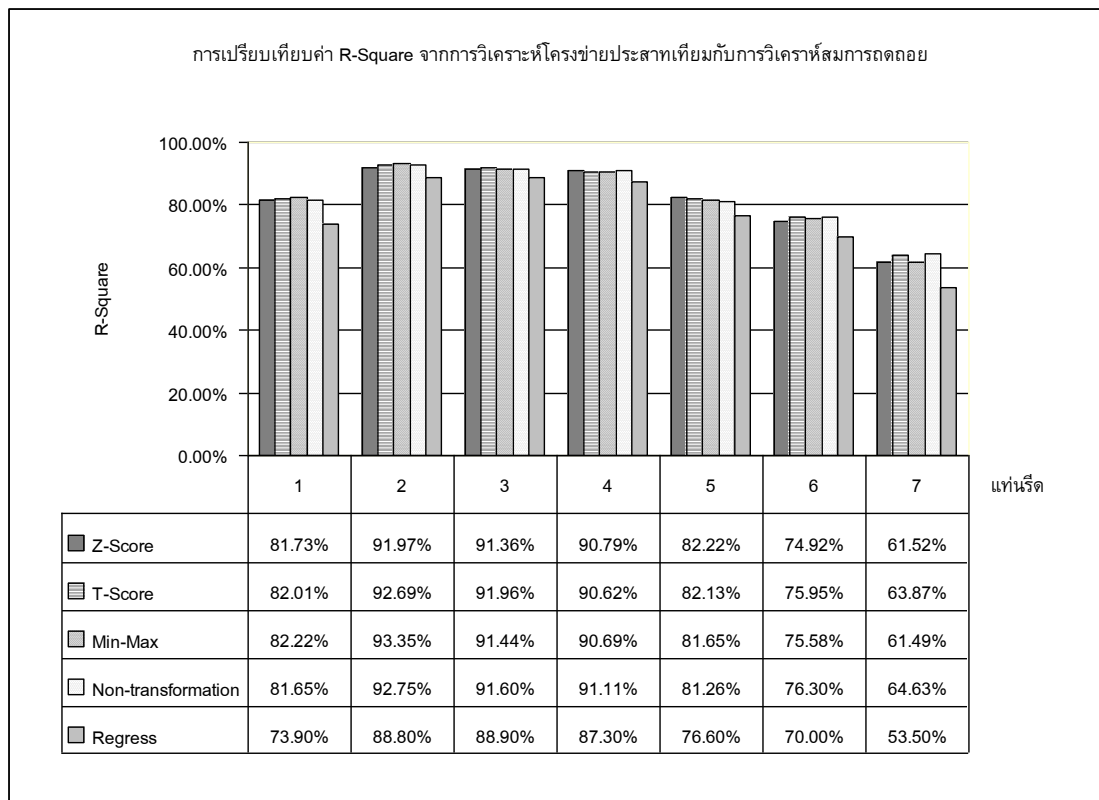
ตัวชี้วัด	Sig. (P)						
	แทนรีด 1	แทนรีด 2	แทนรีด 3	แทนรีด 4	แทนรีด 5	แทนรีด 6	แทนรีด 7
Thickness input	0.210	0.005	0.000	0.001	0.015	0.604	0.006
Thickness output	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Temperature	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Width Strip	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass flow	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hardness	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Yield Stress	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

จากผลการทดลอง ค่า R^2 ของแท่นรีดที่ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 88.8%, 88.9%, และ 87.3% แสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุตัวแปรมีความน่าเชื่อถือ และแสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดนี้มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามคือค่าแรงกดที่วัดได้จริง ส่วน R^2 ของแท่นรีดที่ 1, 5 และ 6 เท่ากับ 73.9%, 76.6%, และ 70.0% แสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือในระดับพอใช้ และ R^2 ของแท่นรีดที่ 7 เท่ากับ 53.5% แสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือในระดับน้อย

ค่า Beta จากการวิเคราะห์สมการถดถอยจะบอกได้ว่าตัวชี้วัดใดมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตามมากหรือน้อย ซึ่งจากการผลการทดลองทำให้ทราบได้ว่าตัวชี้วัดที่มีนัยสำคัญมากในทุกๆ แท่นรีด ได้แก่ Thickness output และ Thickness input ตัวชี้วัดที่มีนัยสำคัญรองลงมาในทุกๆ แท่นรีดคือ Mass flow, Hardness และ Yield Stress และตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลน้อยมากคือ Width Strip และพบว่า ไม่มีนัยสำคัญต่อการพยากรณ์แรงกดในแท่นรีดที่ 1 และ 6

3. จากผลการทดลองได้พิจารณาค่าทางสถิติคือ Sig. หรือ P ที่น้อยกว่า 0.05 ได้ตัวแปรที่นำเข้าวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม ดังนี้ แท่นรีดที่ 2, 3, 4, 5, 7 ได้ตัวชี้วัดที่เป็นตัวแปรนำเข้า 7 ตัว ได้แก่ Thickness input, Thickness output, Temperature, Width Strip, Mass flow, Hardness และ Yield Stress สำหรับแท่นรีดที่ 1 และ 6 ได้ตัวชี้วัดที่เป็นตัวแปรนำเข้า 6 ตัว ได้แก่ Thickness input, Thickness output, Temperature, Mass flow, Hardness และ Yield Stress

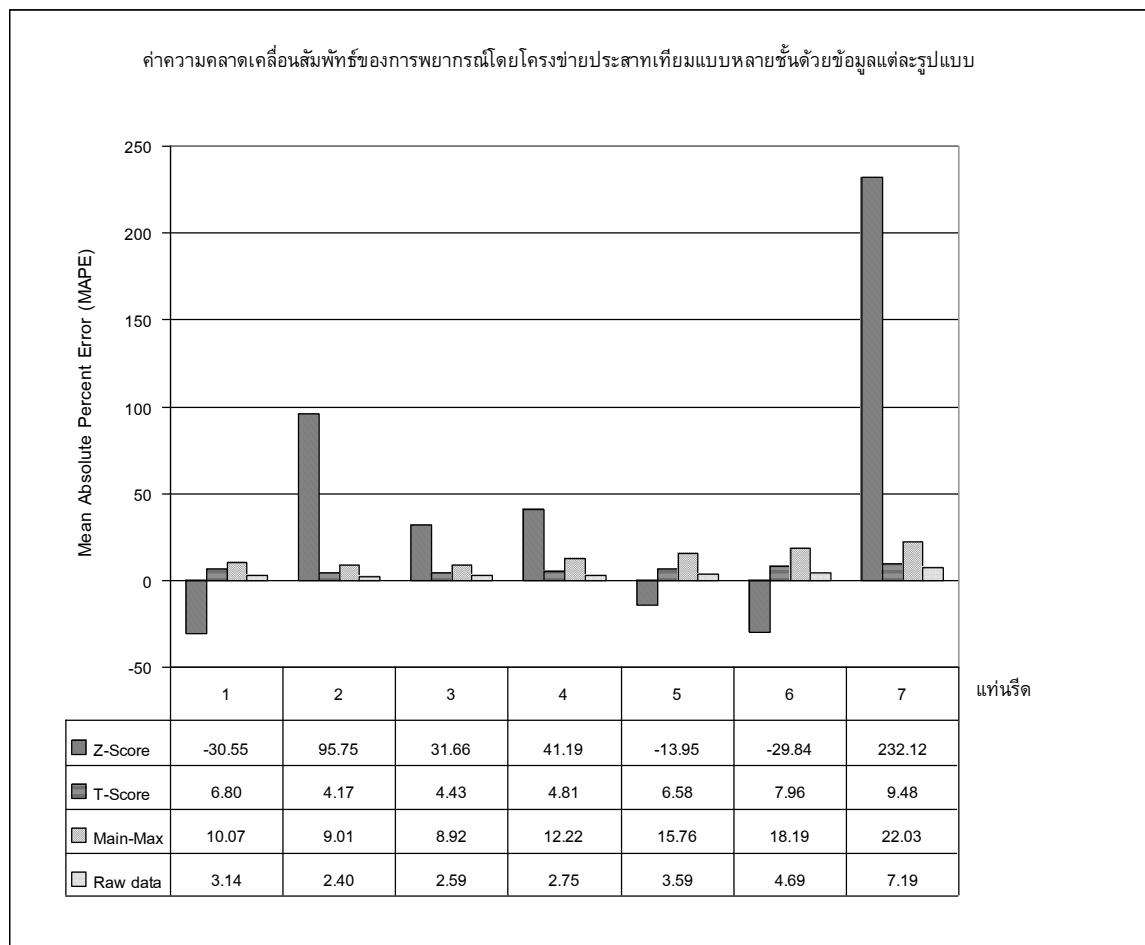
4. ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Feed-forward Back-propagation Network: BPN) ของตัวชี้วัดทั้ง 4 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่แปลงเป็น Z-Score, T-Score, Min-Max รวมถึงข้อมูลดิบที่ไม่ได้ทำ Normalization transformation ให้ผลการทดลองเป็นค่า R^2 ที่แตกต่างกัน โดยในแต่ละแบบจะทำการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมซ้ำ 3 รอบ และบันทึกค่าที่ดีที่สุดไว้แสดงตามกราฟในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบค่า R-Square จากการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมกับการวิเคราะห์สมการถดถอย

จากการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น จะเห็นว่าข้อมูลดิบและข้อมูลที่ผ่านการแปลงในแต่ละรูปแบบให้ค่า R^2 ที่แตกต่างกันแต่อยู่ในระดับต่างกันไม่มาก แต่จะมากกว่าผลการวิเคราะห์สมการถดถอยมาก และเมื่อพิจารณาค่า R^2 ของการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมด้วยข้อมูลทั้ง 4 รูปแบบที่ให้ค่าที่ดีที่สุดในแต่ละรีดที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีค่าเท่ากับ 8.32%, 4.55%, 3.06%, 3.81%, 5.62%, 6.30% และ 11.13% ตามลำดับ

5. คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของการพยากรณ์จากการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น แสดงได้ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

สรุปและอภิปรายผล

จากผลทดลองสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ว่าการพยากรณ์แรงกดสำหรับเครื่องรีดละเอียดในกระบวนการรีดเหล็กชนิดม้วนของบริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรีจำกัด (มหาชน) ด้วยการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นวิธี Multilayer Feed-forward Back-propagation Network มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย และการแปลงข้อมูลตัวชี้วัดและตัวแปรตามก่อนนำเข้าประมวลผล ให้อยู่ในรูปแบบ Z-Score, T-Score, Min-Max รวมถึงใช้ข้อมูลดิบนั้นพบว่าจะให้ค่า R^2 ที่แตกต่างกันในระดับที่น้อยมาก และจาก

การหาค่าประมาณความผิดพลาดหรือค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์พบว่า ข้อมูลที่ไม่มีการแปลงเป็นรูปมาตรฐานจะให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ตามด้วยข้อมูลที่แปลงเป็น T-Score, Min-Max ตามลำดับ ส่วนข้อมูลดิบที่แปลงให้อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐาน Z-Score พบว่า ค่า MAPE มีค่าติดลบและมากกว่าหนึ่งร้อย แสดงให้เห็นว่า การแปลงค่าแบบ Z-Score อาจบิดเบือนข้อมูลในตัวข้อมูลดิบและอาจเพิ่มความผิดพลาดให้เกิดขึ้นได้กับข้อมูลกรณีศึกษา [5] และจากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุจะสะท้อนให้เห็นว่า ตัวชี้วัดได้มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุดซึ่งพบว่า ตัวชี้วัด Thickness output และ Thickness input มีอิทธิพลต่อการคำนวณแรงกดมากที่สุด จากตัวชี้วัดทั้ง 7 ตัว สำหรับทุกๆ แท่นรีด และตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดคือ ค่า Width strip และพบว่า ไม่มีนัยสำคัญต่อการคำนวณแรงกดอ้างอิงในแท่นรีดที่ 1 และ 6 ทั้งๆ ที่ตัวแปรนี้ถูกนำไปคำนวณค่าแรงกดอ้างอิงในโมเดลการผลิต ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าตัวแปรนี้อาจจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระด้วยตัวเอง สำหรับแท่นรีดที่ 7 นั้นพบว่าค่า R^2 น้อยที่สุดซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าในแท่นรีดที่ 7 จะต้องมีส่วนตัวชี้วัดอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการคำนวณแรงกดอ้างอิงอีกหลายตัวซึ่งอาจจะนำประเด็นนี้ไปทำการวิจัยต่อไปอีก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ginzburg, Vladimir B. (1989). *Steel Rolling Technology*. New York: Marcel Dekker.
- [2] Moussaoui, A.; Selaimia, Y.; & Abbassi, H. Ahmed. (2006). Hybrid Hot Strip Rolling Force Prediction using a Bayesian Trained Artificial Neural Network and Analytical Models. *American Journal of Applied Sciences*. 3(6): 1885-1889.
- [3] กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] Jayalakshmi, T.; & Santhakumaran, A. (2011). Statistical Normalization and Back Propagation for Classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 3: 1793-8201.
- [5] Barbaree, H.E.; & Mewhort, D.J.K. (2002). *The effects of the z-score transformation on measures of relative erectile response strength: A re-appraisal*. Kingston: Queen's University. Retrieved March 16, 2012, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005796794901449>
- [6] ดาวใจ คำไสย์. (2550). *การประมาณค่าใช้จ่ายในการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม*. สารนิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [7] Donald, Ary.; et al. (2009). *Introduction to Research in Education*. 9th ed. n.p.
- [8] บุษรา ลีพิมพ์พัฒนากูร. (2549). *การพยากรณ์โอกาสการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา โดยใช้เน็ตเวิร์กอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ เปรียบเทียบกับวิธีทางระบบโครงข่ายประสาทเทียม*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [9] สุชาติ รัตนคงเนตร. (2554). *การพยากรณ์ระดับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์แบบโครงข่ายโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม*. ใน *เอกสารการประชุมทางวิชาการด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศประยุกต์ระดับชาติ ครั้งที่ 2*. หน้า 35-39. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพฯ.
- [10] อนุรักษ์ โชติดีติก. (2552). *SPSS for Windows 10.0 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SWU6-1084: การศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุคอมโพสิตจากเถ้าแกลบขาวและพีวีซีเพื่อผลิตฝ้าเพดาน

A STUDY OF WHITE RICE HUSK ASH AS POTENTIAL FILLER IN PVC FOR CEILING BOARD COMPOSITE

ดวงแข บุตรกุล

Duangkhae Bootkul

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: mo_duangkhae@hotmail.com

บทคัดย่อ

แกลบเป็นส่วนเปลือกนอกทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวคิดเป็นน้ำหนักถึง 20-25% ของข้าวเปลือก โดยทั่วไปแกลบส่วนหนึ่งถูกนำมาใช้เผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงหรือแปรรูปเป็นพลังงานได้เฉพาะเหลือทิ้งเป็นเถ้าแกลบ ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนเปิดค่อนข้างมาก มีองค์ประกอบเป็นซิลิกามากถึง 85% คาร์บอน 1-12% สารซิลิกาถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์วัสดุต่างๆ ที่ต้องการความแข็งแรงสูงน้ำหนักเบา ทนต่อการกัดกร่อนและใช้เป็นสารเติม (filler) ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานอุณหภูมิสูงๆ ได้ แกลบที่ผ่านกระบวนการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะได้เถ้าแกลบสีขาว ที่มีปริมาณซิลิกามากกว่า 90% และมีปริมาณคาร์บอนน้อยมาก และเป็นฉนวนทางความร้อนที่มีประสิทธิภาพมาก การศึกษานี้เพื่อสังเคราะห์วัสดุคอมโพสิตจากเถ้าแกลบขาวในรูปของวัสดุเสริมแข็งแรง น้ำหนักเบา ทนการขีดขีด และเพิ่มความทนทานต่ออุณหภูมิสูง ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นวัสดุโครงสร้าง เช่น ฝ้าเพดาน เนื่องจากพีวีซีพอลิเมอร์มีราคาถูก ขึ้นรูปง่าย แต่ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง โดยการอัดขึ้นรูปที่มีพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมพลาสติกไซเซออร์ทำหน้าที่ยึดประสาน จากการศึกษาพบว่า สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมคือ คิดเป็นน้ำหนักของเถ้าแกลบขาวต่อพีวีซีและพลาสติกไซเซออร์ เป็นร้อยละ 30/65/5 ได้วัสดุคอมโพสิตที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดี เช่น มีน้ำหนักเบาคิดจากผลของความหนาแน่นต่ำ การดูดซึมน้ำต่ำ สมบัติเชิงกลที่ดี เช่น สมบัติการทนต่ออุณหภูมิสูง การไม่ติดไฟ และไม่ลามไฟ

คำสำคัญ: เถ้าแกลบขาว วัสดุคอมโพสิต วัสดุน้ำหนักเบา วัสดุทนอุณหภูมิสูง พอลิไวนิลคลอไรด์

Abstract

Rice husk (RH) is the outer covering which surrounds the paddy grain. Consequently, RH is produced as agricultural waste in huge quantity as a part of rice milling and accounts for 20–25% of its weight. It is generally used as a fuel for heating which results in the production of rice husk ash, the high ash content due to combustion of rice husk leads to poor efficiency of carbon conversion. The present investigation has been focused on the utilization of abundantly available agricultural waste rice husk-ash in useful manner by dispersing it into polymer to produce composites by compression molding method. As the results show a good interfacial interaction between rice husk and polyvinylchloride has been achieved by modifying the surface using diisononyl phthalate (DINP) as a compatibilizing agent. The

positive effect of rice husk reinforcement improved mechanical properties of the resulting PVC-based composite. High filler concentration of rice husk, i.e. 40 wt% is proved to be the optimum concentration to achieve maximum strength as well as thermal properties. Particularly, the possibility of producing ceiling board from rice husks has been pursued. The mechanical properties of the 30/65/5 of WRHA/PVC/DINP blend were investigated over a range of WRHA loadings (0 to 45%). The WRHA filled PVC/DINP blend was prepared by using a twin roll at 150°C mixing temperature 50 rpm rotor speed for 30 minutes. Changes in WRHA loadings were investigated with tensile strength (Ts), flexural modulus and hardness. The results revealed that the tensile strength (Ts) and hardness increased with the WRHA loading while the flexural modulus decreased. Additional, the water absorption and fire resistance provides evidence for the good adhesion between the WRHA and the blend matrix.

Keywords: White rice husk ash (WRHA), Composite materials, Elevate resistance temperature, Polyvinyl chloride (PVC)

Introduction

Rice is one of the most popular and largest grown agriculture crops in Thailand. Rice husks are an agricultural residues material abundantly available in rice production. As per the annual generation of rice husk in Thailand is nearly 5 million tons and hence its efficient utilization is urgently needed to avoid environmental pollution. This husk contains about 75% organic volatile matter and the balance 25% of the weight of this husk is converted into ash during the firing process which is known as rice husk ash (RHA). Formation of the application of rice husk as (RHA) fuel in power plant is increasing due to its high calorific power. In some areas, a large amount of RHA is treated as waste and disposed at landfill site, RHA usually has a light weight; thus produced also contributes to air pollution and water pollution. The disposal of bulky RHA could be a problem therefore; the airborne particles have been linked to respiratory disease in humans [1]. Recently, efforts are being made not only to overcome the pollution but also to find value addition to these wastes by using them as secondary resource materials. RHA usually contains over 60% silica, 10-40% carbon and minor other mineral composition. Due to RHA can be an economically viable raw material for the production of silicates and silica in recent years [2]. The white rice husk ash (WRHA) obtained from the combustion of RHA at moderate temperature contains 87±97% high silica in an amorphous form and some amount of metallic impurities [3]. Polymer matrix composites (PMCs) possess significantly improved properties including high specific strength; specific modulus and good wear resistance compared to unreinforced polymers. In recent years, Natural reinforced fillers have been widely used as reinforcing in thermoplastic polymer composites. Using cellulose and lignocellulose materials as fillers have several advantages, such as their low cost, low density, renewability, biodegradability and absence of associated health hazards [4]. Flammability is an important criterion in material selection for building and consumer product applications. In general, synthetic polymers are highly flammable due to their petroleum origin. Particularly important natural resource are lighter, cheaper and provide much higher strength per unit mass than most inorganic fillers such as carbon black, calcium carbonate, talc and zinc oxide [5-6]. Especially silica has been shown to

be a good material for the synthesis of very pure silicon, silicon nitride, silicon carbide and magnesium silicate [1, 7]. In this study, Polyvinyl chloride (PVC) is a versatile thermoplastic which has a range of applications in domestic as well as industrial uses by virtue of its high abrasion and solvent resistance. However, the cost of the products based on PVC can be significantly reduced if weight reducing filler (or plasticized PVC) can be used which will make the composite lighter and will not be detrimental to the mechanical or physical properties of polyvinylchloride as polymer matrix. Rich silica of White rice husk ash (WRHA) has been investigated the fire resistance with different compositions.

Objectives

The thermoplastic polymer PVC with constant plasticizer and WRHA filler composites has been evaluate the physical properties, the thermal stability, mechanical properties. Also to examine the effect of WRHA content on degradation temperature for the potential to ceiling board pursue.

Methods

Materials preparations

Rice husk was procured from local sources in Khonkhean province (Thailand) and was thoroughly washed with water to remove the dust and dried at room temperature for 1 day. Washed rice husk was then heated to 200°C for 1 h in order to remove the moisture and organic matter as shown in figure 1 (a). During this operation, figure 1 (b) the color of the husk changed from yellowish to black because of charring of organic matter. It was then heated to 600°C for 12 hrs to remove the carbonaceous material. After this operation, the color changed from black to grayish white. Thus, the silica-rich ash gave the amount of Si-OH left and Si-O groups undestroyed firing. WRHA was generally 1-5 mm long was grinding closed system to fine powder. Ground WRHA powder was sieved through screen sizes to get 300-400 um uniform particle size as shown in figure 1 (c).



Figure 1 (a) Rice Husk (RA) (b) Rice Husk Ash (RHA) (c) White Rice Husk Ash (WRHA)

Formulations

The recipes used to prepare the composites are given in Table 1. The WRHA filled PVC/DINP blends were prepared by mixing 5% constant of DINP with PVC polymer.

Table 1 Recipes used to prepare WRHA filled PVC/DINP blends.

Materials	Weight percentages									
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DINP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PVC	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
WRHA	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

Compounding process

PVC suspension powder for general rigid applications purpose and the 5% weight constant DINP stabilizer were premixed at room temperature. WRHA was carried out added into PVC/DINP at 150°C and 50 rpm rotor speed in a two roll mill mixer for 30 minutes.



Figure 2 (a) Two roll mill (b) Two roll mill operation of PVC/DINP/WRHA (c) Stainless steel mold

Molding process

PVC/DINP/WRHA blends were molded and subsequently compressed at about 150°C in an electrically heated hydraulic into sheets of 5 mm thickness under a pressure of 14.7 MPa at 180°C continuously pressed for 30 minutes. The sheets were immediately cooled between two plates of a cold press at 25°C.

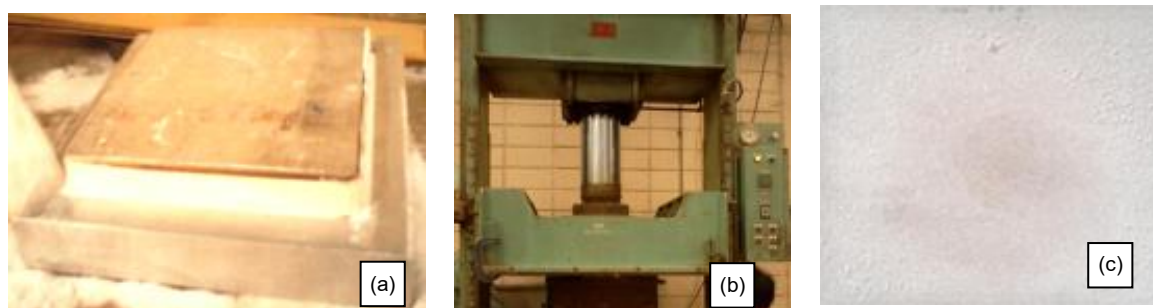


Figure 3 (a) Molding of PVC/DINP/WRHA (b) An electrically heated hydraulic (c) PVC/DINP/WRHA composite

Results

Bulk density

Density measurements were carried out on the samples using Archimedes’s principle. The buoyant force on a submerged object is equal to the weight of the fluid displaced. This principle is useful for determining the volume and therefore the density of an irregularly shaped object by measuring its mass in air and its effective mass when submerged in water (density = 1 gram/cm³). This effective mass under water will be its actual mass minus the mass of the fluid displaced. The difference between the real and effective mass therefore gives the mass of water displaced and allows the calculation of the volume of the irregularly shaped object. The mass divided by the volume thus determined gives a measure of the average density of the object. The results reveal in Fig.4 that an increase in the percentage of WRHA particulates in PVC decreases the composite material density, this is due to fact WRHA particles density (0.80-1.10 g/cm³) are lesser denser than PVC (1.35-1.55 g/cm³).

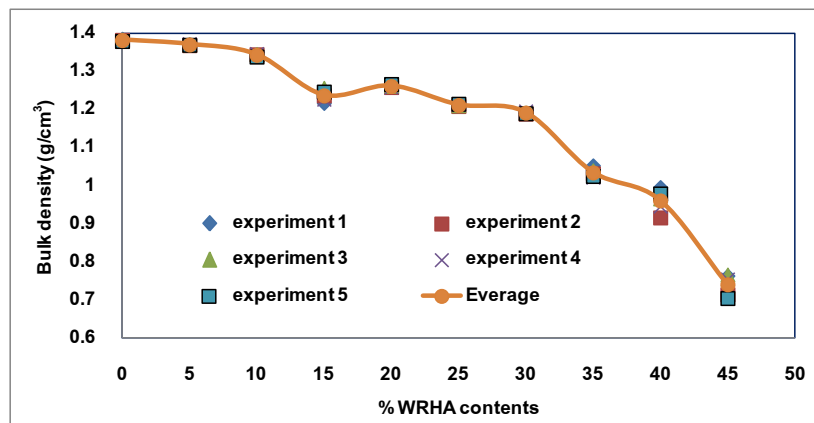


Figure 4 The results of density measurement on the base PVC/DINP and % WRHA contents reinforced.

Water Adsorption

The water adsorption measurements were performed according to ASTM standard method D 570-99 (ASTM 1999). From each sample, five 3 x 12 x 50 mm³ samples were cut. The samples were subjected to heat treatment in an oven at 50°C for about 24 hrs, then immediately weighed (W₀). To measure water absorption of composite materials, all of the samples were then immersed in distilled water at ambient temperature for 240 hrs, and then taken out weighted every 48 hrs (W_f). The percent weight gain (PWG) was calculated as:

$$PWG = [(W_f - W_0) / W_0] \times 100$$

The water adsorption of composite materials from Figure 5 shown water absorption increased with increases of WRHA powder loading into PVC matrix. This is because RHA powder is a natural materials and its surface area of hydroxyl groups.

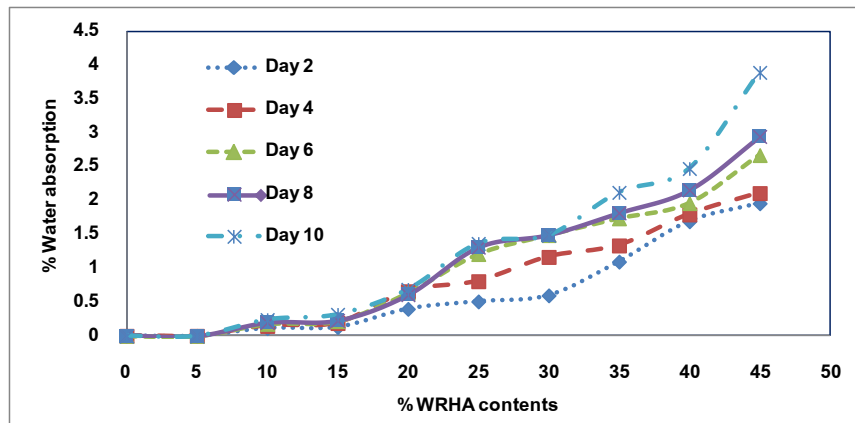


Figure 5 shows the water adsorption of WRHA/PVC/NIDP.

Tensile strength (Ts)

The incorporation of WRHA to a PVC matrix may increase the Ts of the resulting composites. Fiber type fillers normally result in improved Ts, as the fibers are able to support the stresses transferred from the PVC polymer. Figure 6 shows the effect of WRHA loading on the Ts of WRHA/PVC/DINP blend. Ts found show dramatic increase with the addition of 5-30% WRHA. However a further increase in WRHA loading reduces the Ts of the blend. As the filler loading is increased, eventually a level is reached whereby the filler particles or aggregates are no longer as equally separated or wetted by the polymer matrix. The possibility caused from the poor interfacial bonding between white rice husk ash powder and PVC matrix.

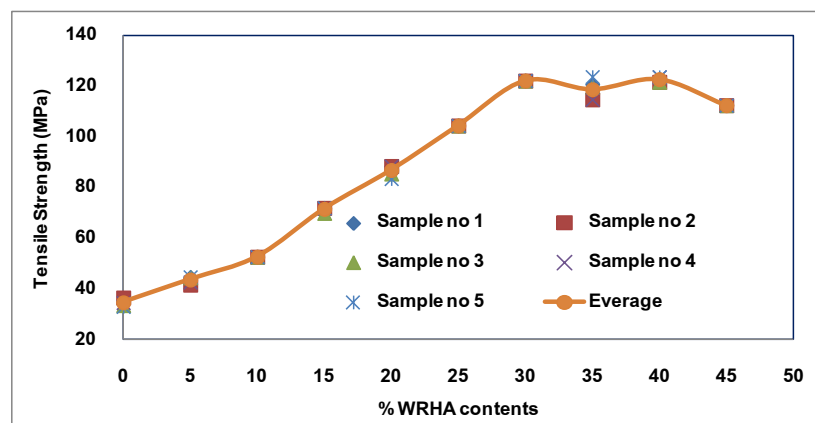


Figure 6 shows the Tensile strength of WRHA/PVC/NIDP.

Flexural strength

One of the primary intentions of filler incorporation into polymers is to increase the stiffness of the resultant material. The flexural modulus was determined with ASTM D 790 standard. Five rectangular

bar shaped specimens are tested for each composition with a thickness of 5 mm and their average values were calculated. Figure 7 depicts the flexural modulus of the WRHA filled PVC/DINP blends.

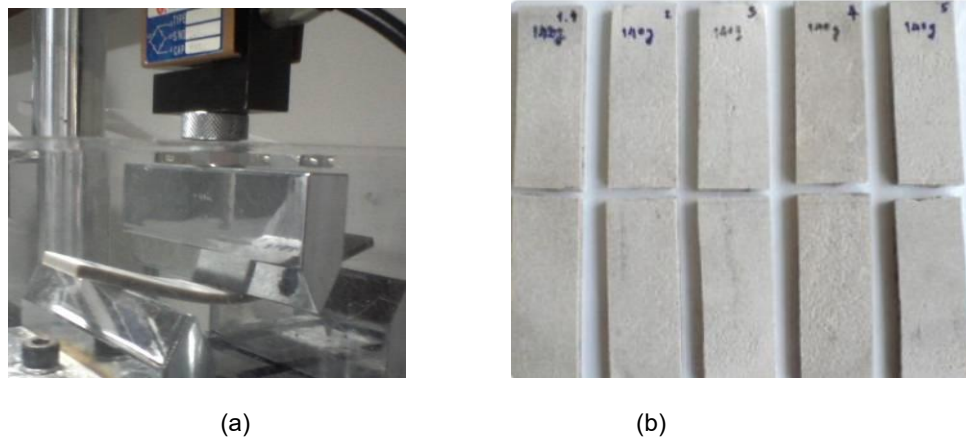


Figure 7 (a) The flexural modulus test and (b) the WRHA filled PVC/DINP blends.

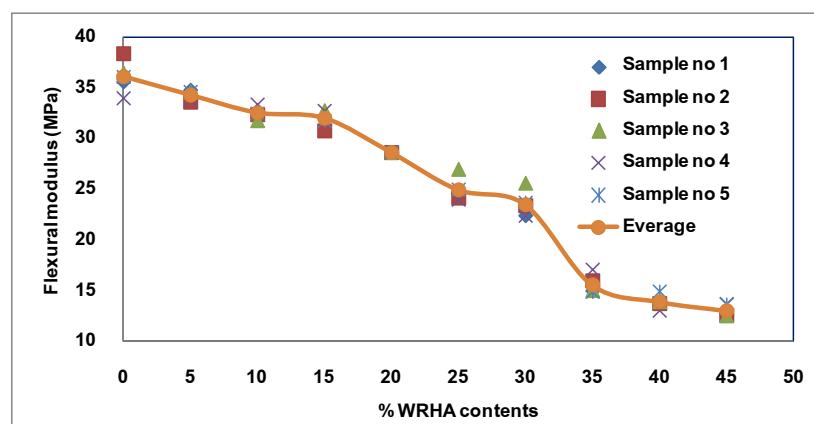


Figure 8 The flexural modulus of the WRHA filled PVC/DINP blends.

An increase in WRHA loading decreased flexural modulus, indicating higher stiffness in the WRHA-filled composites, whereas the tensile strength and flexural strength increased. The addition of WRHA in the PVC/DINP composite improved the flexural strength to a higher level than PVC/DINP, therefore giving rise to a stronger but less flexible composite material.

Hardness

The hardness test was carried out according to Durometer (Shore-D) as ASTM D2240. The measured value of hardness was taken after 15 seconds of contact in obtained at three different points distributed over the test piece. Three test pieces were used and their average value was determined.

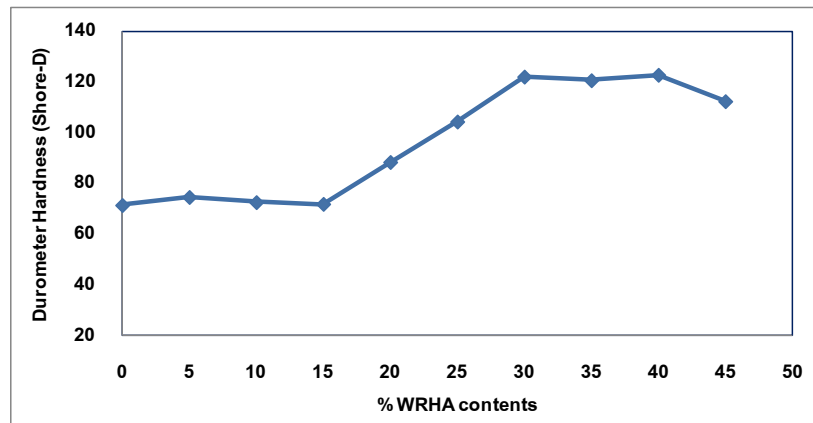


Figure 9 The Durometer Hardness (Shore-D) of the WRHA filled PVC/DINP blends.

It is apparent from Figure 9 that the WRHA filled PVC/DINP blends results in enhancement in hardness of composite materials. This trend of results is expected because as more filler particles incorporated into the polymer matrix, the elasticity or flexibility of the polymer chain is reduced, resulting in more rigid blends. This observation is in perfect agreement with the results on flexural modulus

Fire resistant

Sample PVC/DINP will also hold the potential to suppress the flammability of synthetic polymers due to the high content of silica present in its composition. Result of fire resistant of WRHA with different compositions.

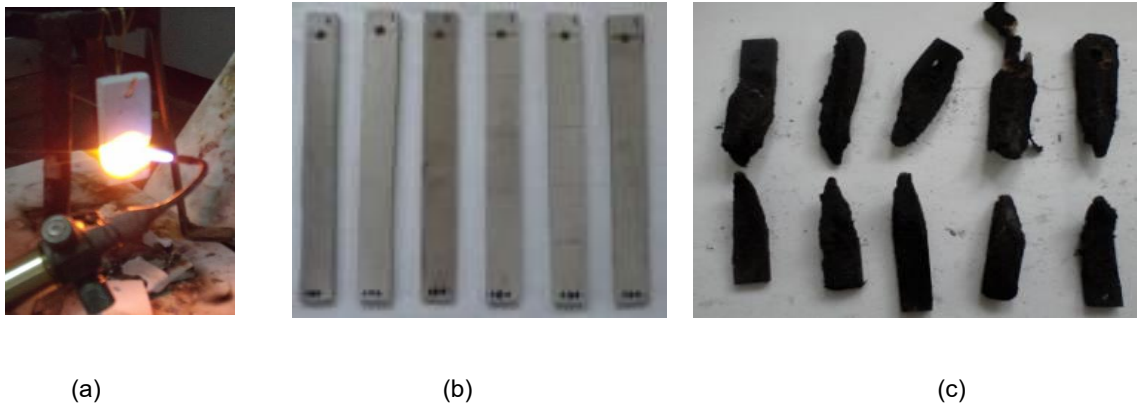


Figure 10 (a) Fire resistance test (b) WRHA/PVC/DINP composite materials before testing and (c) WRHA/PVC/DINP composite materials after testing

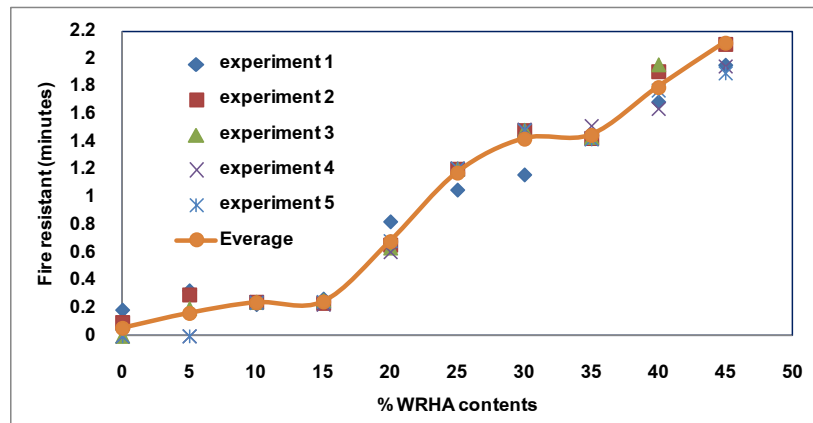


Figure 11 The fire resistant of the WRHA filled PVC/DINP blends.

Conclusions and Discussion

1. The utilization of White Rice Husk Ash (WRHA) solves the problem of its disposal thus keeping the environment free from pollution. The maximum yield of WRHA was 45%, which could be achieved under the mild reaction conditions.
2. WRHA powder filled in PVC polymer and DINP plasticizer composite could be successfully developed having different WRHA weight percentage.
3. Density of WRHA/PVC/DINP composite decreased with increasing WRHA loading in the PVC matrix.
4. Tensile strength, hardness of WRHA/PVC/DINP composite increased on WRHA.
5. Fire resistant of WRHA/PVC/DINP increased on WRHA.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Faculty of Science, Srinakharinwirot University. The authors wish to thank all of students under project of “The rice husk ash reinforced thermoplastic polymer for ceiling board” as Miss Doungkamol Remwanich, Miss Manutchanok Kruasri Miss Sunisa Thongpunya, Miss Chutima Thongtem, Mr. Pakorn Thongmul and Miss Pornpimol Lertnanawong.

References

- [1] Nasir, M.; & Ratnam, C.T. (1989). Internal Mixer Studies on PVC/ENR blends. *J. Appl. Polym. Sci.* 38: 1219-1229.
- [2] Ishiaku, U.S.; Nasir, M.; & Mohd, Ishak Z.A. (1994). Aspects of miscibility in PVC/ENR blends. Part I: Mechanical and morphological properties. *J. Vinyl Technol.* 16: 219-222.
- [3] Ratnam, C.T.; & Nasir, M. (1987). *Int. Conf. on Development in the Plastics and Rubber Product Industries, Kuala Lumpur.* n.p.
- [4] Ratnam, C.T.; & Zaman, K. (1997). Effect of radiation on PVC/ENR blends. In *Proc. Int. Nuclear Conf. 97, Kuala Lumpur.* n.p.

- [5] Ratnam, C.T.; et al. (2001). Effect of blending parameters on electron beam enhancement of PVC/ENR blends. *Polym.-Plast. Technol. Eng.* 40(4): 561-575.
- [6] Maldas, D.; & Kokta, B.V. (1990). Effect of Extreme Conditions on the Mechanical Properties of Wood Fiber- Polystyrene Composites. II. Sawdust as reinforcing filler. *Polym.-Plast. Technol. Eng.* 29: 119-165.
- [7] Siriwardena, S.; Ismail, H.; & Ishiaku, U.S. (2001). White Rice Husk Ash Filled Ethylene Propylene Diene Terpolymer/ Polypropylene Blends: Effect of Dynamic Vulcanization and Filler Loading. *Polym.-Plast. Technol. Eng.* 40: 519-538.

SWU6-1104: การศึกษาความสัมพันธ์รูปแบบการใช้ที่ดินกับคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการ พัฒนาลุ่มน้ำอย่างยั่งยืน

A STUDY OF RELATIONSHIP OF LAND-USE PATTERNS AND SURFACE-WATER QUALITY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RIVER BASIN

สาโรจ กยาวาลี¹, เกื้ออนันต์ เตชะโต¹, วีระเวช ทิตยส์แสง², สถาพร มนต์ประภัสสร³

Saroj Gyawali¹, Kuaanan Techato¹, Teerawet Titseesang², Sathaporn Monprussorn³

¹ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹ Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Thailand.

² วิทยาลัยนานาชาติเพื่อศึกษาความยั่งยืน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² International College for Sustainability Studies, Srinakharinwirot University, Thailand.

³ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: uhugua@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลในรอบ 10 ปี ของการใช้ที่ดินและข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อศึกษาความสัมพันธ์การใช้ที่ดินและคุณภาพน้ำผิวดินของลุ่มน้ำอุ้มตะโก คุณภาพน้ำ 13 พารามิเตอร์ได้จาก 21 สถานี ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2552 ข้อมูลสัดส่วนการใช้ที่ดิน 5 ประเภทได้จากแผนที่การใช้ที่ดิน การวิเคราะห์โดย longitudinal regression และ correlation analysis ถูกใช้เพื่อบอกลักษณะการใช้ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดิน จาก correlation analysis ของเชิงแขวนลอยและความขุ่นของน้ำมีนัยสำคัญเชิงลบต่อพื้นที่ป่าไม้ ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีนัยสำคัญเชิงลบกับพื้นที่เมืองแต่สัมพันธ์เชิงบวกกับพื้นที่การเกษตร ป่าไม้ แหล่งน้ำ และการทำเหมืองแร่ ในขณะที่ค่าบีโอดีมีนัยสำคัญเชิงลบกับพื้นที่การเกษตรและเชิงบวกกับพื้นที่เมืองและแหล่งน้ำ แบคทีเรียโคลีฟอร์มมีนัยสำคัญเชิงบวกกับพื้นที่การเกษตรและพื้นที่เมืองและมีนัยสำคัญเชิงลบกับพื้นที่แหล่งน้ำและการทำเหมืองแร่ สำหรับแอมโมเนียพบว่ามีนัยสำคัญเชิงลบกับพื้นที่การเกษตรและเชิงบวกกับพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เมือง จาก regression analysis พบว่า พื้นที่ป่าไม้สามารถใช้เป็นตัวทำนายความขุ่นของน้ำ พื้นที่การเกษตรและการทำเหมืองแร่สามารถใช้เป็นตัวทำนายปริมาณออกซิเจนในน้ำ พื้นที่เมืองและเหมืองแร่สามารถใช้ทำนายบีโอดี พื้นที่การเกษตรและเมืองสามารถใช้ทำนายปริมาณแบคทีเรียโคลีฟอร์ม การเชื่อมโยงการใช้ที่ดินและคุณภาพน้ำสามารถนำมาใช้ประกอบการบริหารจัดการการพัฒนาที่ดิน การควบคุมมลพิษทั้งแบบ point source และ non point source ตลอดจนเกิดประโยชน์ต่อการออกนโยบาย การวางแผน และการวิจัยเพื่อการปรับตัวทางสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืนของนโยบายการใช้ที่ดิน

คำสำคัญ: การใช้ที่ดิน คุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำ การพัฒนาเพื่อความยั่งยืน

Abstract

This study integrated a decade of available land use and water quality data to examine relationships between land use and surface water quality of U-tapao river basin. A large set of water

quality data were collected from 21 monitoring stations of river during nine years (2001-2009) and analyzed for 13 parameters and data of five types of land use were extracted from land use maps of basin. Longitudinal regression and correlation analysis were used to identify specific land use characteristics that influenced surface water quality. From correlation analysis, suspended solid (SS) and turbidity (TUR) had significant negative correlation with forest. Dissolved oxygen(DO) was significantly negative correlated with urban and positively correlated with agriculture, forest, water body and mining land while biological oxygen(BOD) demand was significantly negatively correlated with agriculture and positively correlated with urban and water body. Fecal coliform bacteria (FCB) was significantly positively correlated with agriculture and urban and negatively correlated with water body and mining whereas ammonia (NH_3) was significantly negatively correlated with agriculture and positively correlated with forest and urban. From regression analysis, forest land use was used as the predictor of TUR, agriculture and mining land uses were used as the predictors of DO, urban and mining land uses were used as the predictors of BOD and agriculture and urban land uses were used as the predictors of FCB. The method of linking land use with water quality variables can support to manage land development and control non-point sources pollution and examine the sensitivity of water quality variables by altering land uses types within a basin level. The findings of this study will be useful for policy makers, planners, and researchers to unveil the pollution, to adapt environmental and land use policies for sustainable development of river basin.

Keywords: Land use, Water quality, River basin, Sustainable development

Introduction

Rivers are very important part of natural ecosystem and they have been utilized by mankind over the centuries to the extent and only few of them are now in their natural condition [1-2]. With rapidly growing urbanization and industrialization, different activities like unplanned construction and encroachment, clearing of riparian vegetation along the banks, disposal of waste materials, and unwise mining activities on the rivers are seriously degrading river ecological system [3-5]. It is no doubt that anthropogenic activities are directly or indirectly related to the increment of pollution of river and increasing river water pollution causes not only the deterioration of water quality but also threatens human health and the balance of aquatic ecosystems, economic development, and social prosperity [6]. Generally, water pollution originates from one of two sources: point sources and non-point sources. Point sources pollutants are directed and released into water bodies in man-made pipes whereas non-point source pollutants are washed from the earth's surface by storm runoff and enter water bodies of their own accord [7]. Compare to point sources pollution, causes of non-point sources pollution are more complicated to understand [8]. However, it is claimed that land use plays an important role in determining non-point source pollutants [1].

Many problems of water pollution are caused by changes in land-use patterns on catchment areas as population pressure and economic activity increase. In recent years there is a rapid declining availability of fresh water in terms of water quality and quantity due to unsustainable land use practices

[9-10]. Many Studies demonstrate that surface water quality has deteriorated noticeably in many parts of world due to poor land use practice and indicate the strong relationships between declining water quality and increasing agricultural and urban lands in catchment scale. The previous study in the Ohio State of the USA found that increment in agricultural land had a strong positive correlation with conductivity and pH but a negative correlation with heavy metals, while increment in residential land had a positive correlation with heavy metals, biological oxygen demand, and conductivity in the watersheds of Ohio State [11]. Similarly, the study in China demonstrated that temperature had negative correlation with vegetation and bare land, pH had negative correlation with urban land and nitrite had positive correlation with bare land in Han River Basin [12]. The study in Sierra Nevada, California demonstrated that nitrite and total suspended solid had positive correlation with agriculture, urban and grass land and negative correlation with forest land [13]. Though there have been many studies linking land use to river water quality, we know of none that have been conducted in U-tapao river basin.

U- Tapao river basin is the sub basin the Songkhla Lake Basin. The river passes through areas of different land-uses in the basin including forests, cultivated areas and urban areas. Over decades, land uses in the basin have been changing rapidly; a sharp decline of agricultural area and a significant increase of urban land are main causes of increasing pollutants in river [14]. Land-use-related disturbances have a substantial effect on the water chemistry of U-tapao River. Streams draining forested areas are usually acidic and nutrient poor, whereas streams draining upland agriculture and developed lands display elevated pH and dissolved-solid concentrations [15]. Therefore, the water quality change could be largely attributed to anthropogenic factors rather than to natural variability.

The objectives of this study were to examine the changes of land use and establish the relationship between land use types and water quality variables, and provide the technical support to policy or decision makers of sustainable development of river basin. The results of this study can be implemented sustainable land use management practices in basin level that will sustain rapid population growth and urbanization.

Methods

Study Area

The study was conducted U-tapao river basin, a sub-basin of Songkhla lake basin which is located at southern part of Thailand. The basin is about 60 km long from north to south, and 40 km wide from west to east, and total coverage is about 2,305 square kilometers. The longitude and latitude of basin is 100° 10' through 100° 37' E and 6° 28' through 7° 10' N respectively (Fig.1). Climate of basin is influenced by two seasonal monsoons as well as tropical depressions and temperature of the area varies between 24°C and 32° C throughout the year. In the basin, more than 75% of area is covered by agricultural land use and about 13 % by forest and forest land is located mostly in mountainous areas, whereas agricultural and grassland areas are sparsely distributed throughout the basin. Land cover in the catchment of the river is of various types with most of the area covered with rubber plantation. U-tapao river is one of the most important rivers of Songkhla Lake Basin which originates from Bantad

Mountain and flows through Hatyai municipality before emptying into the outer part of Songkhla Lake, during its course of its 90 km, it receives a pollution load from both point and non-point sources [14].

Water-Quality and Land use data

Water quality data from the year 2000-2009 were collected from existing monitoring framework done by the Regional Environment Office 16, Songkhla. Water quality monitoring stations were located at 21 sites throughout the U-tapao river basin (Fig. 1). The water quality parameters for this study were temperature (TEMP), pH, biological oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), suspended solid (SS), dissolved solid (DS), turbidity (TUR), fecal coli-form bacteria (FCB), nitrite (NO_3), nitrate (NO_2), ammonia (NH_3) and total phosphorous (TP). For seasonal variation analysis, all data were divided into two categories, i) dry season (February, May, June and July) and ii) wet season (March, April, August, September, October, November, December and January). Area of land uses of the basin and percentages (2000-2009) were derived from the land use map, provided by the land use department, Thailand by using ArcGIS software. The original land use data set with 37 land use types were aggregated into five broad categories, (1) Forest land: evergreen forest, mangrove, swamp forest, planted forest etc.; (2) Agriculture land: rubber, orchid, paddy field etc (3) Urban: residential, industrial, institutional etc. (4) Water body: lake, river, reservoir, wetland etc. (5) Mining: laterite pit, soil pit etc. Percentages of these broad land use types were used to find the relationship of land uses and water quality parameters in full basin scale.

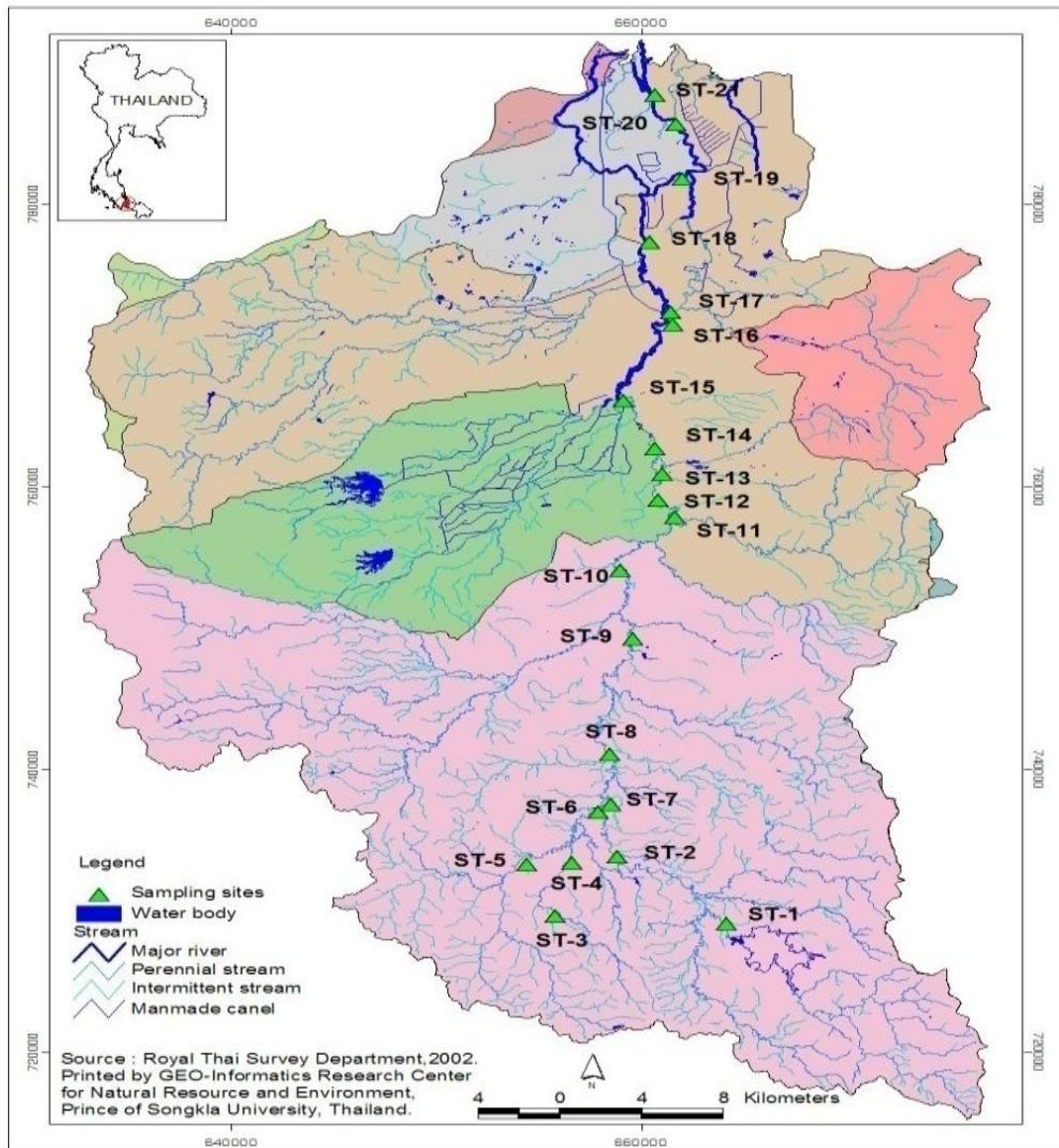


Figure 1 U-tapao river basin and 21 monitoring stations along the river

Analysis of data

Descriptive statistics was used to analyze the basic characteristics of water quality parameters land uses of river. The statistical t-test was performed to analyze the seasonal variation of different water quality parameters. One way ANOVA was used to test spatial and temporal variations of water quality parameters and temporal variation of land uses. Correlation analysis was were used to study the relationship between various land use types and water quality variables from year 2001 to 2009 and 5% level of significance were set for entire study. For the case of linking the land uses with water quality variables of river, the multiple regression analysis was used. The relationship was established by linking temporal change of land use pattern with annual water quality parameters of basin. A backwards stepping approach was employed to isolate a final model with only significant independent variables included. To identify the best predictive model for each water-quality variable compared with R^2 values,

which describe the amount of variation in the dependent variable explained by the independent variables. Models would be used to predict future changes in water quality depending upon prospective land use changes. All the statistical analyses were performed using SPSS 16.0 for windows.

Data treatment

Before regression analysis, the normality of the distribution of land use and water quality should be checked. The Kolmogorove-Smirnov (K-S) statistics were used to test the goodness of fit the data to log-normal distribution [17]. According to the K-S test, all the variables were log-normally distributed with 95% or higher confidence. Due to closure among land-use variables, collinearity may introduce a bias when relating the percentage of a particular land use to water-quality characteristics. A variance inflation factor (VIF) of <10 was the criterion used to indicate that multicollinearity was not adversely affecting model results. For each water-quality variable, we used the Wilcoxon matched-pairs test to compare the absolute residuals (observed minus predicted values) derived from the regression models to determine the validity of model.

Results

A. Analysis of water quality parameters

In this study, some water quality parameters showed significant variation in spatial as well temporal level, whereas few parameters showed either in spatial or temporal level. There was a significant difference on mean values of TEMP on spatial level ($F = 8.390$, $p < 0.05$) and annual level ($F = 15.304$, $p < 0.05$); and TEMP was significantly higher during dry season compared to wet season ($t = 5.481$, $p < 0.05$). Mean pH and EC values had significant difference only on annual level ($F = 16.754$, $p < 0.05$ & $F = 23.84$, $p < 0.05$) but no significant seasonal variation. Similarly, mean values of BOD was significantly different on annual level ($F = 7.437$, $p < 0.05$). However, mean values of DO was significantly different both on annual and spatial level ($F = 19.116$, $p < 0.05$ & $F = 11.898$, $p < 0.05$) but not in seasonal level. There was significant difference on mean values of FCB on seasonal level being higher during dry season compared to wet season ($t = 2.709$, $p < 0.05$). For NH_3 , there was significant difference on mean values of NH_3 on annual and season level ($F = 13.468$, $p < 0.05$ & $t = 2.709$, $p < 0.05$).

B. Analysis of land use

The U-tapao river basin has experienced land use change over last decade. Agriculture land use was the dominant land cover type in the basin 80.1% in 2000 to 73.59% in 2009 (Figure 2). Analyzing the land use from year 2001 to 2009, agriculture land use was decreased about 6.51% whereas the forest land use was increased slightly 0.34%. Urban, water body and mining land uses were increased by 4.19%, 0.52% and 1.5% respectively. Mostly agriculture land use was converted urban land use due to socio-economic reason and it was drastically changed after year 2006. Analyzing temporal variation of land use pattern, agriculture, urban, mining and water body showed the significance variation ($F=14.45$, $p<0.05$; $F=9.26$, $p<0.05$; $F=4.14$, $p<0.0$ & $F=6.43$, $p<0.05$) where forest land use did not show significant variation. From correlation analysis, agriculture land use showed significant negative correlation with forest, urban, mining and water body ($r=-0.74$, -0.97 , -0.94 & -0.96 , $p<0.05$) and urban

land use showed significant positive correlation with forest ($r = 0.72, p < 0.05$). These results showed that agricultural land was decreasing and converting to other land uses.

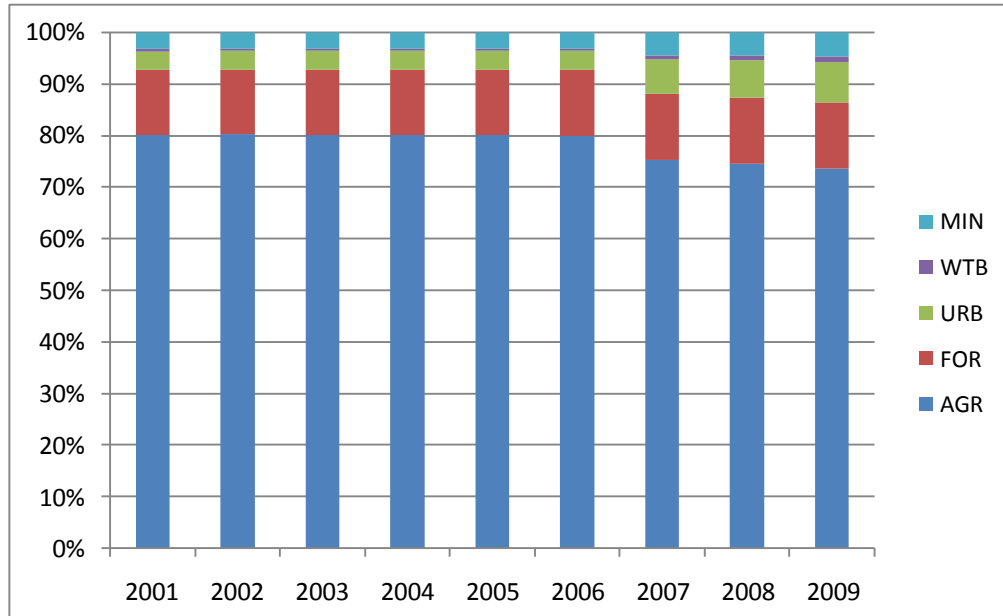


Figure 2 Land use distribution of U-tapao river basin in percentage from year 2001 to 2009

C. Relationship between land use and water

Results from the correlation analysis indicated that land-use types were significantly correlated to many water quality variables in the full basin scale (Table 2). For example, agriculture land showed significant positive correlation with DO and FCB ($r=0.57, p<0.05, r=0.726, p<0.01$) and negative correlation with BOD and NH_3 ($r = - 0.356, p<0.05, r = -0.344, p<0.05$). In this study, having positive correlation between agricultural land use with DO and negative correlation with BOD do not indicate that increasing agriculture land use means the decreasing water quality. Forest land showed significant negative correlation with SS and TUR ($r = -0.407, p<0.01, r = -0.619, p<0.05$) and significant positive correlation with DO and NH_3 ($r = 0.663, p<0.05, r = 0.625, p<0.05$). These results indicate that increment of forest land improves the water quality. Urban land showed significant positive correlation with BOD, FCB, TP and NH_3 ($r = 0.352, p<0.05, r=0.734, p<0.01, r=0.413, p<0.05$ & $r=0.330, p<0.05$) and negative correlation with DO ($r = -0.352, p<0.05$). Existence of positive correlation between urban land with BOD, FCB, TP, and NH_3 and negative correlation with DO, indicates that rapid increment of urban land is directly related to deteriorating water quality of river in significant manner. Water body showed significant positive correlation with DO ($r = 0.587, p<0.05$) and negative correlation with FCB ($r = -0.730, p<0.01$) whereas mining showed significant positive correlation with DO and BOD ($r=0.539, p<0.05, r = 0.395, p<0.05$) and negative correlation with FCB ($r = -0.741, p<0.01$).

Multiple regression models were applied to estimate the contributions of different land types on five water quality variables TUR, BOD, DO, NH_3 and FCB in U-tapao river basin. To determine the combination of land uses for water quality estimation, backward stepwise method was carried out. For

the case of DO, agriculture and mining land uses were used as predictors ($R^2 = 0.620$) (Table 3). For the case of predicting BOD, urban and mining land uses were used as predictors ($R^2 = 0.718$). For the case of predicting NH_3 , urban and forest land uses were used as predictors ($R^2 = 0.588$). For the case of predicting FCB, agriculture and urban land uses were used as predictors ($R^2 = 0.671$). For the case of TUR, forest land use was used as predictor ($R^2 = 0.51$).

From regression analysis, FCB showed sensitivity on changing agriculture and urban land use whereas TUR was only sensitive on changing forest land use. DO showed sensitivity on changing agriculture and mining land use and BOD was sensitive on changing urban and mining land uses. NH_3 was sensitive on changing forest and urban land uses. Stepwise multiple linear regressions demonstrated that no single land use type was able to describe the overall water quality, but most water quality variables could be sufficiently predicted using two land use types (Table 3). In this study, urban land use appeared to have the greatest effect on water quality, since it showed the significant negative correlation with DO and positive correlation with BOD, FCB, TP and NH_3 and it was used as predictors for FCB, BOD and NH_3 . Besides urban land use, forest, mining and agriculture land uses were used as predictors of regression models of water quality parameters. However, water body was not used as predictors of any regression models. Surprisingly, agriculture was not a dominant predictor for degraded water quality, as suggested by other studies [11, 13].

Table 2 Pearson correlation coefficients between Land uses and water quality parameters in the upper U-tapao River Basin, Thailand

WQP	AGR	FOR	URB	WTB	MIN
TEMP	-0.377	-0.215	0.275	0.316	0.390
pH	-0.034	-0.069	0.041	0.078	0.022
SS	0.321	-0.407*	-0.241	-0.347	0.441
DS	0.417	0.311	-0.115	0.116	0.431
EC	0.215	-0.362	0.412	-0.114	0.321
TUR	0.406	-0.619**	-0.496	-0.489	0.313
DO	0.570**	0.663*	-0.565**	0.587**	0.539**
BOD	-0.356**	0.283	0.352**	0.285	0.395**
FCB	0.726*	-0.441	0.734*	-0.730*	-0.741*
TP	0.367	0.271	0.413*	0.345	0.384
NO2	-0.143	0.331	0.338	0.265	0.145
NO3	-0.344	0.321	0.128	0.023	0.101
NH3	-0.344**	0.625**	0.330**	0.265	0.236

* $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

Table 3 Stepwise multiple regression models for water quality parameters (WQP) and land use in U-tapao river basin

WQP	Independent variables	Regression equation	R ²
TUR	Forest	TUR= 1516.106-112.672FOR (i)	0.51**
DO	Agriculture, Mining	DO = 228.521-2.431AGR-9.678MIN (ii)	0.620**
BOD	Urban and Mining	BOD=-22.956-5.194URB+14.283MIN (iii)	0.718**
FCB	Agriculture, Urban	FCB=8082000-153671.579URB-93422.607AGR (iv)	0.671**
NH ₃	Urban, Forest	NH ₃ =-33.641-0.162URB+2.812FOR (v)	0.588*

* p<0.01, ** p<0.05, only the significant regression models having R²> 0.50 are listed

Conclusions and Discussion

Over the last decade, the combination of different factors affected the water quality of U-tapao river and turned it into a polluted ecosystem. Among the factors, the changing land use pattern of river basin is the most important ones. Since, land uses in the U-tapao basin have been changing rapidly, causing a sharp decline of agricultural area and a significant increase of urban land. Such changes alter the surface characteristics of basin and can have considerable influence on runoff quality and quantity, and may be responsible for the increase of various pollutants [16]. It is very clear that most of water quality variables were degraded from 2000 to 2009, urban areas are dramatically increasing from this period and their impacts on water quality variables are quite obvious.

In this study, DO showed significant positive correlation with agriculture, forest, water body and mining land uses whereas it showed significant negative correlation with urban land use. Similarly BOD showed significant positive correlation with urban and mining land and negative correlation with agriculture land. Relatively higher BOD concentrations are observed in stations 16 and 20 where large cities Hatyai and Sonkhla are respectively located that indicates the impacts of industrial wastes and sewages on BOD concentration. NH₃ showed significant positive correlation with forest and urban land uses whereas negative correlation with agriculture. Municipality waste from urban area and swamp and wet lands inside forest areas might be the causes of positive correlation with forest and urban areas. For the case of non-point source pollution, agricultural and urban lands were usually related to poor water quality. In contrast, in U-tapao river basin, the agricultural land did not show any positive relationship with pollutants. So, it is clearly explained that the main culprit of deteriorating water quality is changing pattern of agriculture land to urban land which has the potential to generate large amount of non point source pollution from storm water discharge [10].

Due to the relationship between pollution loading and composition of the land uses in the river basin, there would be a potential for improving water quality with proper land use management if the role of different land use combination is known [10]. To address these problems, the predictive water quality models based on land use patterns can be implemented in watershed or basin level. In this study, the regression analysis was used to predict water quality variable on changing land use patterns of the basin. Agriculture, forest, urban and mining land uses were used as predictors for various water quality

parameters. Agriculture and mining land uses were used as predictors for DO whereas urban and mining were used as predictors for BOD. Similarly, urban and forest land uses as predictors for NH₃ and agriculture and urban land uses were used as predictors for FCB. By linking land uses with water quality variables, a decision-making support system can be developed to manage land development and control non-point sources pollution and examine the relative sensitivity of water quality variables to alterations in land-use types within a basin level. This approach can be extended to ecosystems worldwide, and it will be useful in designing and improving management strategies to control urban storm water runoff, more effective treatment of domestic and industrial wastes, and improved plans for waste management. The results from this study will contribute to a better understanding of not only the impact of historical land use changes on water quality, but also designing more sustainable land management practices in U-tapao river basin. This study suggests that if a sustainable development is pursued, land management should consider the impacts of land-use types on water quality change and this concept can be implemented to others watersheds or basins for sustainable development.

References

- [1] Nakane, K.; & Haidary, A. (2010). Sensitivity Analysis of Stream Water Quality and Land Cover Linkage Models Using Monte Carlo Method. *International Journal of Environmental Research*. 4(1): 121-130.
- [2] Bagalwa, M. (2006). The impact of land use on water quality of the Lwiro River, Democratic Republic of Congo, Central Africa. *African Journal of Aquatic Science*. 31(1): 137-143.
- [3] Bhatta, R.P.; & Khanal, S.N. (2011). Impoundment after damming the rivers change in flow regime and effect in water quality of Chilime Hydropower project in Rasuwa District Nepal. *Advances in BioResearch*. 2(1): 33-39.
- [4] Abdullahi, B.A.; Kawa, A.H.; & Naaliya, J. (2008). Observation on the seasonal and spatial variation water quality and ecological implication of Challawa River Nigeria. *Bioscience Research Communities*. 20(3): 121-126.
- [5] Adamu, M.; & Nabegu A.B. (2011). Surface water pollution source identification using principal component and factor analysis in Getsi River, Kano, Nigeria. *Australian Journal of Basic and Applied Science*. 5(12): 1507-1512.
- [6] Milovanovic, M. (2007). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*. 213: 159-173.
- [7] Zampella, R.A.; et al. (2007). Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the mullica river basin. *Journal of the American Water Resources Association*. 43 (3): 594-604.
- [8] Ojutiku, R.O.; & Kolo, J. (2011). Temporal and spatial variation of physico-chemical parameters of river Chanchaga, Niger State, Nigeria. *Journal of Applied Biosciences*. 47: 3242-3255.
- [9] Ngoye, E.; & Machiwa, J.F. (2004). The influence of land use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. *Physics and Chemistry of the Earth*. 29: 1161-1166.

- [10] Basnyat, P.; et al. (1999). Relationships between Landscape Characteristics and Nonpoint Source Pollution Inputs to Coastal Estuaries. *Environmental Management*. 23: 539-549.
- [11] Tong, S.T.Y.; & Chen, W. (2002). Modeling the Relationship between Land Use and Surface Water Quality. *Journal of Environmental Management*. 66(4): 377-393.
- [12] Li, S.; et al. (2008). Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China, *Catena*. 75: 216-222.
- [13] Ahearn, D.S.; et al. (2005). Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*. 313: 234-247.
- [14] Gyawali, S.; et al. (2011). Integrating Land use and Water quality for Environmental based land use planning for U-tapao River Basin, Thailand. In *Proceeding PSU-USM International Conference on Humanities and Social Science, 3-4 October 2011, Hatyai, Songkhla, Thailand*. n.p.
- [15] Shrestha, S.; & Kazama, F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*. 22(4): 464-474.
- [16] Gyawali, S.; & Kuaanan, T. (2011). The influence of agricultural land use on water quality of U-tapao River, Thailand. In *Proceeding The 2nd International Conference on Sustainable Future for Human Security-SUSTAIN 2011, 8-9 October 2011, Kyoto, Japan*. n.p.

SWU6-1113: การศึกษาและพัฒนาสมการการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิต ชิ้นส่วนยาง

A STUDY AND DEVELOPMENT OF ENERGY CONSUMPTION EQUATION IN THE RUBBER PART INDUSTRY

อาจารย์ ศุภสุธีกุล*, เจษฎา เรืองแสง

Ajaree Supasuteekul*, Jedsada Ruangsang

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Engineering Management, Faculty of Engineer, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: ajaree@swu.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยางมีการใช้พลังงานในระดับสูง จากการใช้เครื่องจักรทั้งในการขึ้นรูปยาง และการแปรรูปวัตถุดิบด้วยการใช้อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปค่าดัชนีพลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption, SEC) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมักเทียบอัตราส่วนเป็นปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับหน่วยนับของผลผลิตทางกายภาพ ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ การใช้ปริมาณผลผลิตรวมจะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าดัชนีการใช้พลังงานเนื่องจากกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันในการใช้พลังงาน บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง และพัฒนาสมการพลังงานที่เหมาะสมต่อโรงงาน โดยศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางที่มีการผลิตหลากหลายผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงหน่วยของผลิตภัณฑ์ทำได้โดยวิธีการเทียบอัตราส่วนการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ในแต่ละผลิตภัณฑ์ แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตใหม่โดยใช้เทคนิคหน่วยเทียบพบว่า มีความแตกต่างจากค่าดัชนีการใช้พลังงานเดิมเฉลี่ย 24.7% จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น พบว่าปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและชั่วโมงการทำงาน มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตในหน่วยเทียบของแต่ละเดือนและชั่วโมงการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยนำมาเขียนในรูปทั่วไปได้ดังสมการ $Y = 1,231,894 + 0.208X_1 + X_2$ นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรหลักของปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน คือ ปริมาณการผลิต และชั่วโมงในการทำงาน

คำสำคัญ: ดัชนีการใช้พลังงาน การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต เทคนิคหน่วยเทียบ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง

Abstract

The Rubber parts industry has high energy consumption. This is due to the use of machinery in the forming processing at high temperatures. In general, the energy index of consumption per output unit (Specific Energy Consumption, SEC) is often compared to the ratio of the amount of energy used per physical production output unit. In an Industry that has a variety of products, using the total production volume can cause errors in estimating the energy index as the production of each product consume different amount of energy. This paper presents the study of energy efficiency index equation for rubber

parts industry that has a variety of products and develops a suitable energy equation for the industry. Improvement of the production unit is achieved by using ratio of energy consumption unit for each product. Then, the new energy consumption index by using Equivalent Unit technique is created. The result is differed from the original approximately around 24.7%. The result from linear regression analysis shows that the amount of energy used in the process significantly relate to the amount of product in equivalent unit and hours of work for each month. The relationship can be represented by equation: $Y = 1,231,894 + 0.208X_1 + X_2$. The results also show that the main factors affecting energy consumption is the product volume and hours of work.

Keywords: Energy Use Index, Energy Consumption per Unit, Equivalent Unit Technique, Rubber Part Industry

บทนำ

การเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่องทางธุรกิจของประเทศไทย ส่งผลให้มีความต้องการในการใช้พลังงานมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายแสนล้านบาท อีกทั้งมีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก [1] โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูงทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เนื่องจากมีการใช้เครื่องจักรทั้งในการขึ้นรูปยางและการแปรรูปวัตถุดิบด้วยการใช้อุณหภูมิสูง การประมาณความต้องการในการใช้พลังงานที่เหมาะสมสามารถช่วยให้การหาประสิทธิภาพของผลผลิตเป็นไปได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ดัชนีพลังงาน (Energy Index) คือการวัดพลังงานเทียบกับปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานนั้นๆ เช่น ชั่วโมงการใช้ปริมาณการผลิต อุณหภูมิอากาศ [2] ซึ่งถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินการใช้พลังงานในปัจจุบันวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้คิดคำนวณหาต้นทุนการใช้พลังงาน คือการวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption : SEC) หรือดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน [1-6] ซึ่งในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตนั้น อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการนำผลที่ได้มาใช้คิดคำนวณหาต้นทุนการใช้พลังงาน เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้นในการคิดต้นทุนการใช้พลังงานที่แท้จริงและสามารถนำมากำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานได้ (Benchmarking) [1, 3] การปรับปรุงหน่วยของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในหน่วยเดียวกันด้วยการใช้เทคนิคอัตราส่วนเทียบ [7] เป็นการแก้ไขให้การคิดคำนวณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาสมการพลังงานของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง โดยสามารถทำการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน ประเมินค่าดัชนีการใช้พลังงานสำหรับเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละเดือน และสามารถนำสมการพลังงานมาใช้ในการจัดการพลังงานเบื้องต้นที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางต่อไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางที่มีการผลิตหลากหลายผลิตภัณฑ์ด้วยการใช้เทคนิคอัตราส่วนเทียบ และพัฒนาสมการพลังงานที่เหมาะสมต่อโรงงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จัดอยู่ในประเภทโรงงานควบคุมมีจำนวนพนักงานรวมทั้งหมด 5,342 คน มีการบริโภคพลังงานในปริมาณมาก ภายในโรงงานมีการจัดทำโครงการอนุรักษ์

พลังงานและมีการการใช้พลังงานทดแทนควบคู่กับพลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโรงงานมีความหลากหลาย ผลิตภัณฑ์หลักเป็นผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยขึ้นรูปมาจากเหล็กและยาง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 2,505,8840 kWh ต่อเดือน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้าด้านกระบวนการผลิตที่มาจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตงานโดยตรง อัตราส่วนการใช้เฉลี่ย 40% และพลังงานไฟฟ้าด้านอื่นๆ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟส่องสว่าง ระบบอัดอากาศ ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบน้ำร้อน รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน อัตราส่วนการใช้เฉลี่ย 60%

กลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน

จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง พบว่ามีตัวแปรที่ส่งผลกับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลายตัวแปรด้วยกัน โดยวิธีการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) การหาและแบ่งกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในโรงงาน 2) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้อง 3) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) [4]

ปัจจัยที่ควบคุมได้และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ของการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

การพิจารณาปัจจัยของการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง สามารถแบ่งออกได้เป็น ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factors) เมื่อรวมปัจจัยทั้งสองเข้าด้วยกันในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ผลลัพธ์ที่ออกมาจะเป็นการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

ผลการพิจารณาปัจจัยที่ควบคุมได้ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ มาจากการทำการศึกษาจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย [1, 4] สามารถสรุปได้ดังตารางที่ (1)

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่รวบรวมจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่คาดว่าจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยาง

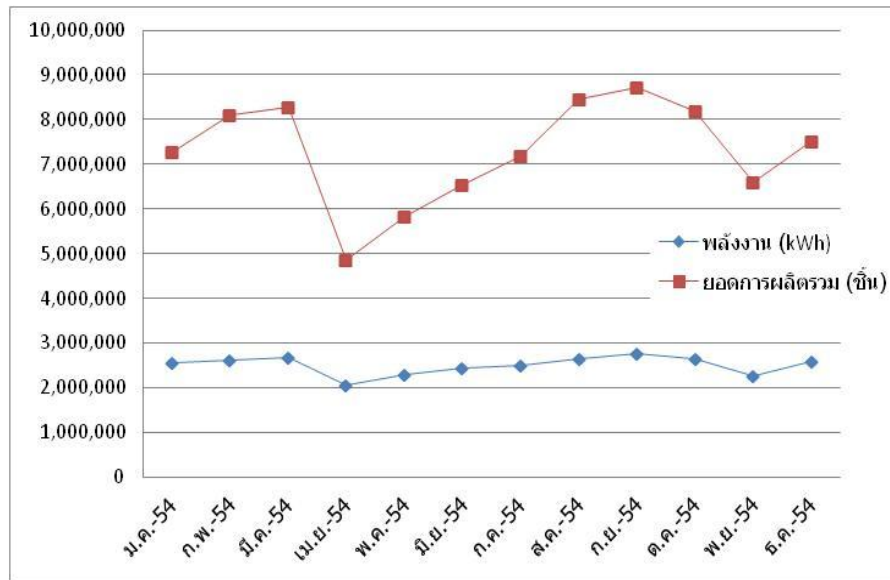
ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors)	ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factor)
<ul style="list-style-type: none">ที่ตั้งของโรงงานรูปทรงอาคาร พื้นที่ใช้สอย จำนวนชั้นชนิดของระบบทำความเย็นภายในอาคารการวางแผนผังการผลิตปริมาณการผลิต	<ul style="list-style-type: none">สภาพอุณหภูมิภายนอกของโรงงานอัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอยอายุอาคารลักษณะการใช้งานอาคารและพื้นที่จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปีความหนาแน่นของพนักงานการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักร

ผลการวิจัย

จากการศึกษาและรวบรวมตัวแปรและปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกับการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางพบว่า มีตัวแปรจำนวนมากที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงาน สามารถสรุปตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยได้ทั้งสิ้น 2 ตัวแปร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ปริมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาหนึ่งหน่วยย่อมจะต้องมีการใช้พลังงานของเครื่องจักร ซึ่งปริมาณการใช้จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายของแต่ละผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต รวมถึงปริมาณในการผลิตต่อเดือน จึงต้องมีการเก็บข้อมูลเวลาและพลังงานที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย ในแต่ละผลิตภัณฑ์

- จำนวนชั่วโมงการทำงาน เป็นตัวแปรที่แปรผันตรงกับการใช้พลังงานและจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อเดือน จำนวนชั่วโมงการใช้พลังงานต่อเดือน หาได้จากจำนวนชั่วโมงการทำงานในแต่ละวันคูณกับจำนวนวันต่อเดือน



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้พลังงานกับยอดการผลิตรวมในปี พ.ศ. 2554

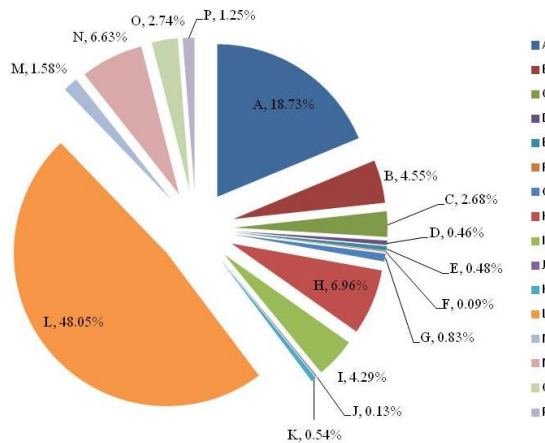
จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างยอดการผลิตกับปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือน จึงสามารถบอกได้ว่ายอดการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นตัวแปรหลักของปริมาณการใช้พลังงาน จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แปรผันตรงกับยอดการผลิตของผลิตภัณฑ์

การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตแต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์ จะทำการแบ่งกลุ่มตามการไปใช้งานของแต่ละผลิตภัณฑ์ 16 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ A-P พลังงานในการผลิตแต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์สามารถหาได้จาก การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการคูณกับเวลาในการผลิตชิ้นงานหนึ่งหน่วยในกระบวนการนั้นๆ [1, 2, 8] ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิตหนึ่งหน่วยของผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จาก;

$$\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{ระยะเวลา (hr.)} \quad (1)$$

เมื่อทราบค่าการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยของแต่ละผลิตภัณฑ์ สามารถนำมาวิเคราะห์หาอัตราส่วนเทียบการวิจัยครั้งนี้ใช้จากยอดการผลิตเฉลี่ยสูงสุดเป็นฐานตัวตั้งในการเทียบหน่วย เพื่อนำมาปรับหน่วยให้เป็นหน่วยฐานเดียวกัน [7]

ยอดการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ของปี 2554



ภาพที่ 2 สัดส่วนของยอดการผลิตเฉลี่ยต่อเดือนในปี พ.ศ. 2554 ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง

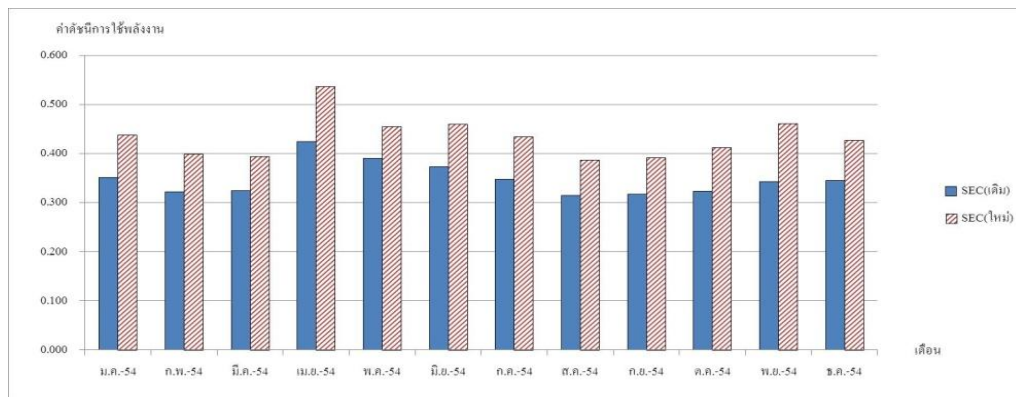
จากข้อมูลยอดการผลิตเฉลี่ยตลอดทั้งปี พ.ศ. 2554 ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์ L มียอดการผลิตสูงที่สุดที่ปริมาณ 48.05% ของยอดการผลิตเฉลี่ยต่อเดือนทั้งหมด และมีค่าการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 0.4889 kWh/ชิ้น จึงนำมาเป็นฐานตัวตั้งในการเทียบหน่วยด้วยวิธีการหาค่าอัตราส่วนต่อผลิตภัณฑ์ L ข้อมูลการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ จะนำไปใช้ในการหาค่าอัตราส่วนเทียบ โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตเฉลี่ยสูงสุด (ผลิตภัณฑ์ L) เป็นฐานตัวตั้งเพื่อหาค่าอัตราส่วนเทียบกับทุกผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการกำหนดค่าอัตราส่วนเทียบผลิตภัณฑ์ L

ผลิตภัณฑ์	ยอดการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (2554)	% ของยอดการผลิต	kWh/ชิ้น	อัตราส่วนเทียบ
A	1,288,023	18.73%	0.4170	0.85
B	182,195	4.55%	0.7163	1.47
C	610,495	2.68%	0.1259	0.26
D	117,705	0.46%	0.1112	0.23
E	121,245	0.48%	0.1137	0.23
F	22,995	0.09%	0.1164	0.24
G	96,369	0.83%	0.2484	0.51
H	828,928	6.96%	0.2406	0.49
I	604,065	4.29%	0.2035	0.42
J	10,496	0.13%	0.3476	0.71
K	127,138	0.54%	0.1227	0.25
L	2,818,029	48.05%	0.4889	1.00
M	253,629	1.58%	0.1781	0.36
N	23,538	6.63%	8.0801	16.53

O	43,094	2.74%	1.8206	3.72
P	141,875	1.25%	0.2408	0.49

อัตราส่วนเทียบที่ได้จาก ตารางที่ 2 นำมาคูณกับยอดการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อทำการปรับปรุงหน่วย และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการใช้พลังงานเดิม



ภาพที่ 3 แผนภูมิการเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีการใช้พลังงานเดิม และ ค่าดัชนีการใช้พลังงานใหม่ที่ได้จากเทคนิคหน่วยเทียบ

ค่าดัชนีการใช้พลังงานใหม่จากเทคนิคหน่วยเทียบเปรียบเทียบกับค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานเดิม แสดงในภาพที่ 3 พบว่า ค่าดัชนีพลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption, SEC) เดิมและค่าดัชนีการใช้พลังงานใหม่ที่มาจากการใช้เทคนิคหน่วยเทียบ มีความแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 24.7% ส่งผลให้การกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบันยังไม่เหมาะสมเนื่องด้วยการนำเกณฑ์การใช้พลังงานที่คำนวณได้จากวิธีปัจจุบันเป็นตัวกำหนดเป้าหมาย

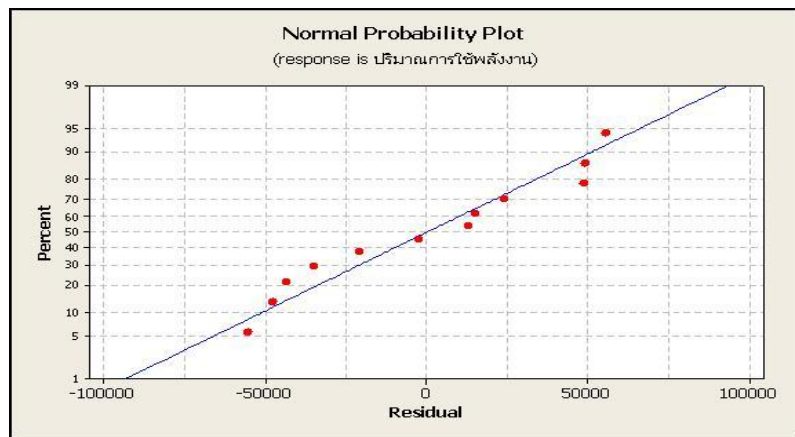
การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร การพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้นเป็นสิ่งที่ช่วยให้ได้การตัดสินใจที่เหมาะสม ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์และจะนำผลของความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปสร้างเป็นสมการเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าการใช้พลังงาน โดยตัวแปรในการนำมาวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ [9] ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของตัวแปรที่นำมาปรับปรุงสมการพลังงาน

ชื่อ	ตัวแปร	สัญลักษณ์
ยอดการผลิตรวมในหน่วยเทียบ	ตัวแปรอิสระ	X_1
จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ตัวแปรอิสระ	X_2
ปริมาณการใช้พลังงาน	ตัวแปรตาม	Y

เมื่อทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระพบว่า มีความสัมพันธ์ที่เป็นสมการเชิงเส้น โดยตัวแปรตามคือ ปริมาณการใช้พลังงานพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยาง และตัวแปรอิสระคือ ยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ในหน่วยเทียบและชั่วโมงการทำงานในแต่ละเดือนของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง มีสมมติฐานในการทดสอบความสัมพันธ์หรือการทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรแบบถดถอยดังนี้

สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$: ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ
 $H_1 : \beta_1 \neq 0$: มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ข้อมูลมีการแจกแจงปกติของยอดการผลิตรวมในหน่วยเทียบ และจำนวนชั่วโมงการทำงานกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า ยอดการผลิตรวมในหน่วยเทียบและชั่วโมงการทำงานมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ฉะนั้นจึง ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ตัวแปรอิสระ	R	R ²	Adjusted R ²	Std. Error to the Estimate
X ₁	0.981	0.962	0.954	44,275.6
X ₂	0.622			

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ สหสัมพันธ์ R ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระพบว่า ยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ในหน่วยเทียบ มีค่า R เท่ากับ 0.981 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระกันมาก และสำหรับชั่วโมงการทำงาน มีค่า R เท่ากับ 0.622 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระรองลงมา

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน Adjusted R² จากข้อมูลข้างต้น

Model	SS	DF	MS	F	Sig.
A	4.50518E+11	2	2.25259E+11	114.91	0.000
B	1.76429E+10	9	1.96032E+9	-	-
C	4.68161E+11	11	-	-	-

ผลลัพธ์ของตารางที่ 5 เป็นการพิสูจน์ว่าค่า Adjusted R² จากตารางที่ 4 มีความเหมาะสมที่จะนำสมการไปใช้ได้มากน้อยเพียงใด ตัวสถิติทดสอบความแปรปรวนของค่า Adjusted R² คือ F-test อธิบายได้ว่า ค่า F ที่โปรแกรมคำนวณได้เท่ากับ 114.91 และ Sig. คือ นัยสำคัญของค่า F ซึ่งโปรแกรมคำนวณได้ 0.000 เมื่อเปิดตารางสถิติ F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ Degree of freedom เท่ากับ 9 พบว่ามีค่า F เท่ากับ 4.26 น้อยกว่าค่า F ที่คำนวณได้จากโปรแกรม 114.91 จึงสรุปได้ว่าตัวแปรตาม Y ขึ้นกับตัวแปรอิสระ X₁, X₂ จริงอย่างมีนัยสำคัญ [9]

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย

Model	Unstandardized Coefficient			Standardized Coefficient		
	Constant	B ₁	B ₂	Constant	B ₁	B ₂
X	1,231,894	0.208	99.1	-	0.981	0.622
T	8.70	11.72	0.30	-	-	-
Sig.	0.000	0.000	0.770	-	-	-

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่ออ่านค่าจากตารางสถิติ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ Degree of freedom เท่ากับ 9 พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 2.2622 ซึ่งน้อยกว่าค่า t ของ B₁ ที่คำนวณได้จากโปรแกรมคือ 11.72 และ Sig. ที่คำนวณได้คือ 0.000 จึงสรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย B₁ ไม่เท่ากับ 0 จริง ส่งผลให้ไม่สามารถตัดพจน์นี้ออกจากสมการได้ ส่วนในพจน์ B₂ ค่า 99.1 มีค่า Sig. จำนวนได้เท่ากับ 0.770 มากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถือว่าไม่มีนัยสำคัญ จึงสามารถตัดค่านี้ทิ้งได้ เมื่อนำสมการไปใช้จริง [4, 9] ปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยาง สามารถเขียนแทนได้ดังสมการที่ (2)

$$Y = 1,231,894 + 0.208 X_1 + X_2 \quad (2)$$

- โดยที่ Y คือ ปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยาง
X₁ คือ ยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยางในหน่วยเทียบ
X₂ คือ ชั่วโมงการทำงาน

จากสมการที่ (2) เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ค่าการใช้พลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยาง สำหรับปี พ.ศ. 2555 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าพยากรณ์การใช้พลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยางในเดือน ม.ค.-มี.ค. พ.ศ. 2555

เดือน	พลังงานไฟฟ้า	แผนการผลิต รวม	แผนการผลิตใน หน่วยเทียบรวม	ค่า Forecast จาก สมการพลังงาน	Error	%Error
ม.ค. 2555	2,388,396	7,253,965	5,699,555	2,417,847	-29,451	-1.23%
ก.พ. 2555	2,521,351	8,489,047	6,453,438	2,574,766	-53,415	-2.12%
มี.ค. 2555	2,389,712	7,681,826	5,746,979	2,427,868	-38,156	-1.60%

ทำการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งจากค่า Error ในตารางที่ 7 มีค่าเป็นค่าลบหมายถึงว่าค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริง แสดงถึงการประหยัดพลังงานของโรงงาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโครงการลดพลังงานและมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน แต่ถ้าค่าออกมาเป็นค่าบวกหมายถึงว่ามีการใช้พลังงานจริงมากกว่าค่าพยากรณ์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเครื่องจักรมีการผิดปกติ หรือกระบวนการผลิตมีปัญหา ต้องทำการหาสาเหตุและทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป [4]

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางขนาดใหญ่ซึ่งเป็นโรงงานควบคุม มีผลิตภัณฑ์หลากหลายผลิตภัณฑ์ โดยจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานขึ้นมาใหม่ โดยใช้การปรับปรุงหน่วยของผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ในหน่วยเทียบ และพัฒนาสมการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง ซึ่งมีรายละเอียดผลของการศึกษาวิจัยสามารถสรุปผลดังนี้

โรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างเป็นโรงงานควบคุม มีการใช้พลังงานเฉลี่ย 2,505,884 kWh ต่อเดือน ในปี พ.ศ. 2554 โดย 40% เป็นการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือน โดยมีผลิตภัณฑ์หลากหลายผลิตภัณฑ์แบ่งกลุ่มตามการไปใช้งานของแต่ละผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 16 ผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานจากค่าดัชนีการใช้พลังงานอยู่ในปัจจุบัน แต่เนื่องด้วยมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายประเภท กระบวนการผลิตยากง่ายแตกต่างกัน จึงส่งผลให้การคำนวณค่าดัชนีการใช้พลังงานมีความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงหน่วยของผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ในหน่วยเทียบ และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานใหม่ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.434 ซึ่งมีค่าสูงจากเดิม 24.7% และสามารถกำหนดเป็นเกณฑ์การใช้พลังงานใหม่ สำหรับปี พ.ศ. 2555 โดยกำหนดเป้าหมายจากค่าเฉลี่ยของค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานที่สามารถทำได้ของปี พ.ศ. 2554

ผลการพัฒนาสมการพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยาง โดยการนำข้อมูลยอดการผลิตของปี พ.ศ. 2554 เพื่อมาคำนวณยอดการผลิตผลิตภัณฑ์ในหน่วยเทียบ มีค่า R เท่ากับ 0.981 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระกันมาก ส่วนช่วงโมงการทำงาน มีค่า R เท่ากับ 0.622 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระรองลงมา สามารถนำไปใช้งานจริงโดยพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ -1.23% ถึง -2.12% มีค่าเป็นค่าลบหมายถึงว่าค่าพยากรณ์มากกว่าค่าจริง แสดงถึงการประหยัดพลังงานของโรงงาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโครงการลดพลังงานและมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2550). *โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- [2] Thai Energy Solution: Fusion to Energy and Sustainability. (2555). *ดัชนีพลังงานเบื้องต้น (Basic Energy Index)*. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2555, จาก <http://www.thaienergysolution.com/category/energy-index/>
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2550). *โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- [4] พีรพงษ์ แก้ววิมลรัตน์. (2552). *การพัฒนาแบบจำลองดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะด้วยเทคนิคหน่วยเทียบเท่าในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] นภดล สุทธิปัญญา. (2553). *การศึกษาค่าการใช้พลังงานจำเพาะในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะ*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [6] ศิรินาถ ทองขาว; และ เกரியงไกร อัครมาศบันลือ. (2553). *การพัฒนาดัชนีชี้วัดและเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับหน่วยงานของรัฐ*. ใน เอกสารการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24. หน้า 1-4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์. (2552). *การบัญชีบริหาร (Managerial Accounting)*. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล.
- [8] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2550). *การศึกษางานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- [9] พจนีย์ จันท์ศิริ. (2552). *แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการใช้พลังงานชีวมวลในภาคใต้*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

SWU6-1134: การใช้ดินขาวจากจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก USE OF KAOLIN FROM UTTARADIT PROVINCE AS ADMIXTURE IN CONCRETE BLOCKS PRODUCT

ประชุม คำพุด

Prachoom Khamput

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

Thanyaburi, Thailand.

Corresponding author, E-Mail: Choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกดินขาวชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, ดินขาว, ทราย และหินฝุ่น โดยใช้ดินขาวจากจังหวัดอุตรดิตถ์มาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกดินขาวขนาด 7 x 19 x 39 ซม. ที่อายุ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมดินขาวร้อยละ 20 ให้ค่ากำลังอัดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนผสมอื่นๆ อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกผสมดินขาวทุกอัตราส่วนมีค่ากำลังอัดและการดูดซึมน้ำเฉลี่ยผ่านตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 และเมื่อพิจารณาสีของคอนกรีตบล็อก จะเห็นว่า สีของคอนกรีตบล็อกที่มีดินขาวแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ให้สีที่อ่อนลงตามลำดับ

คำสำคัญ: ดินขาว คอนกรีตบล็อก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กำลังอัด

Abstract

This research was to study about the possibility of using kaolin in concrete block (non carry load type). The research began from testing the physics and chemistry characteristics of kaolin from Uttaradit province and was used in the experiment by varying the amount of cement, kaolin, sand and crushed dust. The compressive strengths of the 7 x 19 x 39 cm³ samples which used while clay to replace cement at 0, 20, 40 and 60 percent by weight were tested. The samples in each mixture were test compressive strength at the ages of 28 days. The research results showed that increasing of kaolin caused decreasing the compressive strength. The concrete block using 20% of kaolin as a replacement of Portland cement gave the highest compressive strength as compared to the samples in each mixture. However the average compressive strength and water absorption of all mixtures can pass the required values from the standard of TIS. 58-2530. For the color of samples, it was found that the color of samples with kaolin about 20% were the same as the samples with kaolin about 40% and 60%.

Keywords: Kaolin, Concrete block, Portland cement, Compressive strength

บทนำ

ต้นทุนหลักของการผลิตคอนกรีตบล็อกคือ ปูนซีเมนต์ จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำดินขาวจากแหล่งเหมืองแร่ดินขาว ที่มีอยู่มากมายในจังหวัดอุตรดิตถ์มาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน เพื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลง อีกทั้งยังเป็นการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซึ่งเสียไปกับการขนส่งด้วย เป็นต้นว่า จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่มีดินขาวสำหรับใช้ผลิตเซรามิกในปริมาณมาก จึงมีการขนส่งดินขาวไปยังจังหวัดอื่นๆ ที่มีการผลิตเซรามิกเหมือนกัน เช่น จังหวัดลำปาง ซึ่งจะส่งผลต่อปัญหาด้านมลภาวะ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ฯลฯ นอกจากนี้ดินขาวยังเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบหลักคือ แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) ฮาลลอยไซต์ (Halloy site) หรืออิลไลต์ (Illite) [1-5] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า สามารถนำดินขาวมาผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อผลิตวัสดุก่อสร้างได้ [6-11] ดังนั้นการนำดินขาวมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก นอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแล้ว ยังจะเป็นการนำทรัพยากรภายในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ดินขาวจากจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นส่วนผสมทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก โดยทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนัก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
- 1.2 ดินขาวล้างจากจังหวัดอุตรดิตถ์ ผ่านตะแกรงเบอร์ 100 และ 200 อย่างละครึ่ง
- 1.3 ทรายละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 และ 100 อย่างละครึ่ง
- 1.4 หินฝุ่น ผ่านตะแกรงเบอร์ 4
- 1.5 น้ำประปา

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 เครื่อง Sieve Analysis of Aggregate
- 2.2 เครื่อง Universal Testing Machine (UTM)
- 2.3 เครื่องผสมคอนกรีต
- 2.4 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการดูดซึมน้ำ
- 2.5 เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
- 2.6 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ความละเอียด 0.05 กรัม
- 2.7 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวง ขนาด 7 x 19 x 39 ลบ.ซม.
- 2.8 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตัน ขนาด 30 x 30 x 2.5 ลบ.ซม.
- 2.9 เครื่องทดสอบองค์ประกอบทางเคมี (XRF)
- 2.10 เครื่องอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกแบบไฮโดรลิก

3. อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกที่ใช้ดำเนินการวิจัยมีอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	ส่วนผสม			
	ปูน:ดินขาว	ทราย	หินฝุ่น	น้ำ
ปกติ	1	3	4	0.38
ดินขาว 20	1 (80 : 20)	3	4	0.38
ดินขาว 40	1 (60 : 40)	3	4	0.38
ดินขาว 60	1 (40 : 60)	3	4	0.38

4. การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

เตรียมและตวงส่วนผสมตามปริมาณที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์และดินขาว) มาคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำการแบ่งน้ำและวัสดุประสานออกเป็น 3 ส่วน แล้วนำวัสดุประสานและน้ำส่วนที่ 1 ใส่ลงผสมในโม้ เพื่อทำการเคลือบโม้ จากนั้นเติมทรายและหินฝุ่นอย่างละครึ่งหนึ่งของที่ออกแบบไว้ ต่อจากนั้นก็ทำการเติมทรายและหินฝุ่นส่วนที่เหลือลงไปพร้อมกับวัสดุประสานและน้ำส่วนที่ 2 โดยระหว่างทำการผสมให้ทยอยเติมวัสดุประสานและน้ำส่วนสุดท้ายลงไป ผสมจนเข้ากันก่อนนำไปขึ้นรูป (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การผสมส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก



ภาพที่ 2 การเข้าแบบด้วยเครื่องไฮดรอลิก

5. การทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อก

นำคอนกรีตบล็อกที่บ่มในอากาศอายุมาทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน แล้วนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 5.1 ทดสอบสมบัติทางกายภาพของดินขาวจังหวัดอุดรดิตถ์
- 5.2 ทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน มอก.109-2517 ที่อายุ 28 วัน
- 5.3 ทดสอบการหดตัวแบบแห้ง ตามมาตรฐาน มอก.110-2517 ที่อายุ 28 วัน
- 5.4 ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 ที่อายุ 28 วัน
- 5.5 ทดสอบกำลังอัด ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ดังภาพที่ 3
- 5.6 ทดสอบกำลังตัด ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน



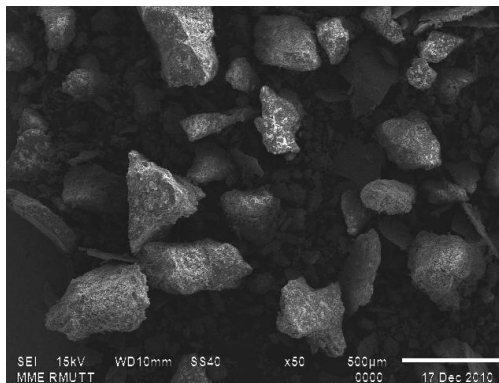
ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน [12-14] มีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะจุลภาคของดินขาวจังหวัดอุดรดิตถ์

ลักษณะของเม็ดดินขาวมีลักษณะเป็นเหลี่ยมคม คล้ายๆ กับเม็ดหินฝุ่นที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อก



ภาพที่ 4 ดินขาวจังหวัดอุดรดิตถ์ขนาดขยาย 50 เท่า

2. สมบัติทางกายภาพของดินขาวจังหวัดอุดรธานี

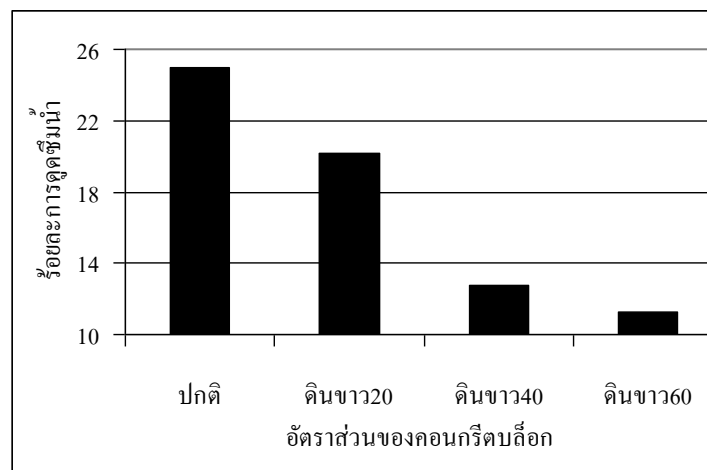
ดินขาวอุดรธานีเป็นดินสีขาวยมาก มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.71 มีค่า Liquid Limit, Plastic Limit, Shrinkage Limit และ Plastic Index เท่ากับ 29.37, 24.31, 23.28 และ 5.06 ตามลำดับ จัดเป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์ที่เหนียวเล็กน้อย (ตามระบบ Unified) หรือเป็นดินกลุ่ม A-4 ซึ่งเป็นดินเหนียวที่มี Plastic Index และ Liquid Limit ต่ำ (ตามระบบ AASHTO) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจังหวัดอุดรธานี

องค์ประกอบ	ร้อยละ	องค์ประกอบ	ร้อยละ
SiO ₂	59.50	MgO	0.87
Al ₂ O ₃	17.30	Rb ₂ O	0.03
Fe ₂ O ₃	1.78	MnO	0.02
TiO ₂	0.18	ZrO ₂	0.03
CaO	0.13	CuO	0.02
K ₂ O	4.81	BaO	0.06
Na ₂ O	0.01	อื่นๆ	15.26

3. การดูดซึมน้ำ

เมื่อนำคอนกรีตบล็อกผสมดินขาวที่อัตราส่วนต่างๆ ไปทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 5



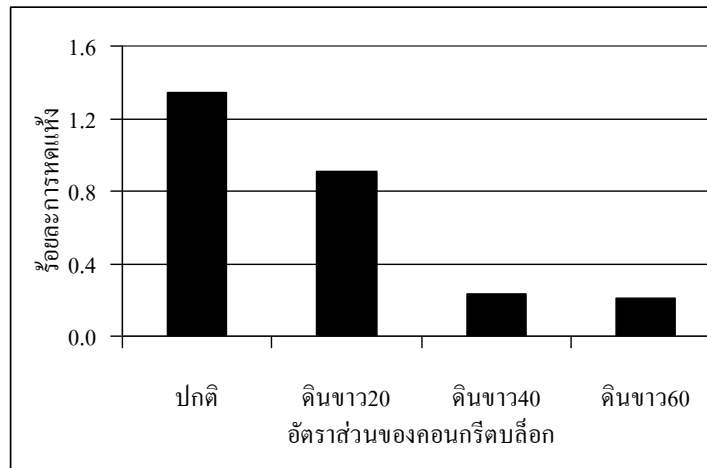
ภาพที่ 5 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 5 พบว่า การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปกติ ที่ไม่ผสมดินขาว จะมีการดูดซึมน้ำมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมดินขาว เนื่องจากลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกที่ผสมดินขาว จะมีเนื้อที่จับตัวกันแน่น ทำ

ให้การดูดซึมน้ำลดลงกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ โดยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 25 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดของมาตรฐาน มอก. 58-2533

4. การหดแห้งของคอนกรีตบล็อก

ผลจากการทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อกสามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 6

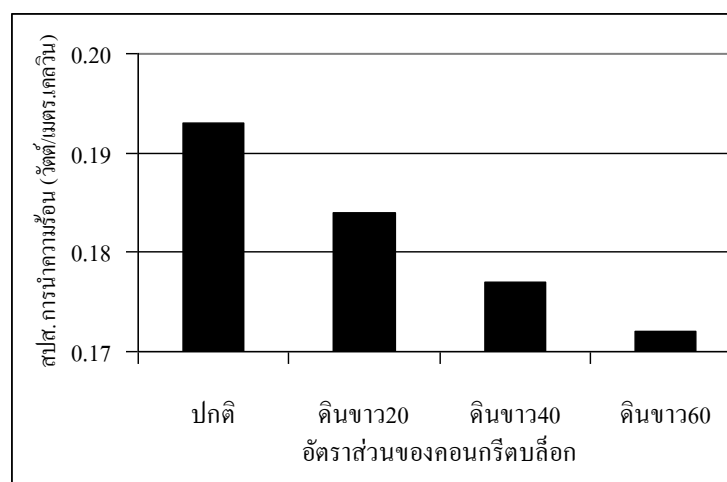


ภาพที่ 6 การหดแห้งของคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 6 พบว่า คอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วนที่นำมาทดสอบการหดตัวแห้ง จะมีค่าการหดตัวแห้ง อยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.21-1.34

5. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ส่วนผลจากการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 7

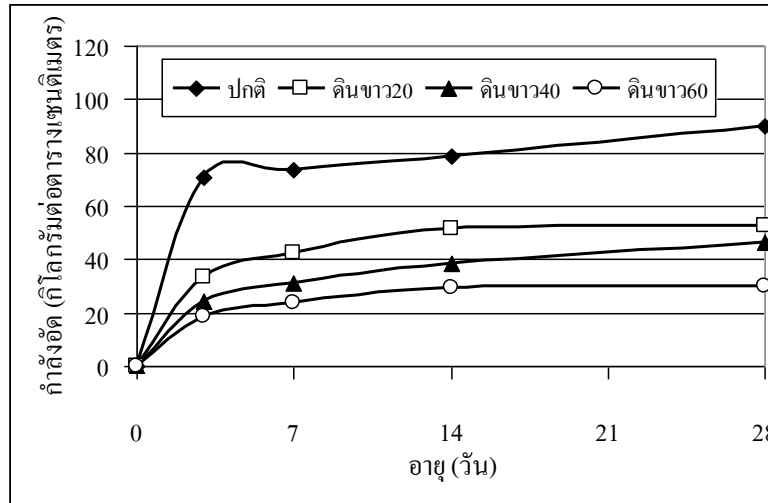


ภาพที่ 7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 7 พบว่า ปริมาณดินขาวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้ผสมดินขาว

6. กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

ผลจากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมดินขาวที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 8

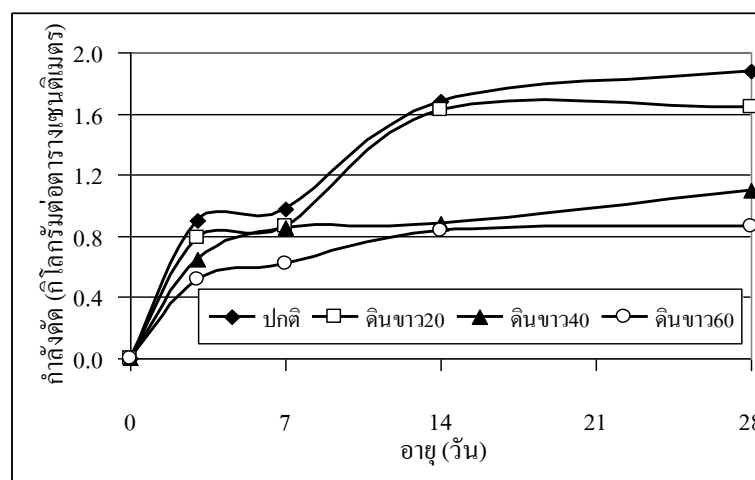


ภาพที่ 8 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 8 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมดินขาวทุกอัตราส่วน มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีค่ากำลังอัดเฉลี่ย ที่ 28 วัน ต้องไม่ต่ำกว่า 20 กก./ตร.ซม. โดยการผสมดินขาวในปริมาณที่ มากขึ้น จะส่งผลต่อค่ากำลังอัดที่ลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากดินขาวที่เข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ ทำให้ลดการเกิด ปฏิกิริยาไฮเดรชันลง จึงส่งผลให้คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดลดลงตามลำดับ

7. กำลังดัดของคอนกรีตบล็อก

การทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตบล็อก สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กำลังดัดของคอนกรีตบล็อกผสมดินขาว

จากภาพที่ 9 พบว่า การเพิ่มปริมาณดินขาว นอกจากจะทำให้ค่ากำลังอัดจะลดลงแล้ว ค่ากำลังดัดก็ยังมีแนวโน้มลดลงอีกด้วย ซึ่งถึงแม้ว่าในมาตรฐาน มอก. จะไม่ได้กำหนดว่าต้องทดสอบกำลังดัดด้วย แต่การทดสอบครั้งนี้ทำเพื่อหาแนวทางในการนำไปขายในเชิงพาณิชย์ ในขั้นตอนการขนส่งที่จะทำให้เกิดการแตกหักเสียหาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมในส่วนของการรับกำลังเพิ่มมากขึ้นทั้งด้านกำลังอัดและกำลังดัด

สรุปและอภิปรายผล

การผสมดินขาวเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักพบว่า ปริมาณดินขาวที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้คอนกรีตบล็อกมีสีที่อ่อนลงและมีผิวเรียบกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมดินขาว และยังเป็น การช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลงด้วย ในทางกลับกันค่ากำลังอัดและกำลังดัด มีแนวโน้มลดลงกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้ผสมดินขาว อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกที่ผสมดินขาวทุกอัตราส่วน มีค่ากำลังอัดและการดูดซึมน้ำผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 58-2533 กำหนด

เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า การผลิตคอนกรีตบล็อกดินขาวในจังหวัดอุดรธานี จะมีราคาต่อก้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ ประมาณ 1 ถึง 2 บาท ขึ้นอยู่กับปริมาณดินขาวที่นำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสม ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์สำหรับโรงงานคอนกรีตบล็อกภายในจังหวัดอุดรธานีและบริเวณใกล้เคียง หรือในจังหวัดอื่นที่มีแหล่งเหมืองแร่ดินขาว เช่น จังหวัดลำปาง และจังหวัดระนอง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (ทุนอุดหนุนการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม) รหัสโครงการ MT-B-51-CER-47-218-G ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์ ที่ช่วยเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณนางสาวศิริกาญจน์ ชื่นอารมณี, นางสาวจริยา พงศ์ชุตติกุล และนายรณชิต เดชสนธิ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยดำเนินการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฏกร พยัคฆพงษ์; และคนอื่นๆ. (2548). การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตผสมดินขาวเผาหรือเผาแกลบ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] วชิรพล วิถีสะัจจา. (2546). ความคงทนของดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกลวิธีโพลีเมอร์ไรเซชัน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ปริญญา จินดาประเสริฐ; และ เจริญชัย ฤทธิรุทธ. (2550). การศึกษาสารละลายที่แตกต่างในการผลิตซีโอโพลีเมอร์มอร์ตาร์จากดินขาวเผา. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3. โรงแรมลองบีช การ์เดน โฮเทล แอนด์ สปา พัทยา ชลบุรี. ม.ป.ท.: สมาคมคอนกรีตไทย.
- [4] อนุชาติ ลืออนันต์ศักดิ์ศิริ; และ ศุภสิทธิ์ คนใหญ่. (2550). การศึกษาซีโอโพลีเมอร์จากเถ้าลอยผสมดินขาวเผา. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12. โรงแรมมอรินท์ลากูน พิษณุโลก. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- [5] จุมพล คีนดัก; ธงชัย ฟังรัมย์; และ พิภพ วสุวานิช. (2530). ดิน (CLAYS). ใน เอกสารเศรษฐธรณีวิทยา เล่มที่ 19. หน้า 192-200. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.

- [6] บรรยง แบบประเสริฐ. (2536, กันยายน). ดินขาวและประโยชน์. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. 41(133): 9-11.
- [7] สรรค์ สยามภักดี. (2540). การปรับปรุงดินขาวล่างในประเทศไทยเพื่อนำมาใช้แทนซีเมนต์. ใน *เอกสารการประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 4*. ปทุมธานี: สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.
- [8] กฤษณา สุนสวัสดิ์. (2546). การหาค่าลึกลับแรงอัดทิศทางเดียว ของดินขาวผสมเส้นใยหญ้าแฝก และมวลรวมชนิดต่างๆ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [9] พรทิพย์ ช่อนกลิ่น. (2546). การปรับปรุงคุณภาพดินขาวจากจังหวัดลำปางโดยกลวิธีโพลีเมอร์ไรเซชัน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [10] แสงจันทร์ ยมเกิด. (2546). การปรับปรุงคุณภาพดินขาวจากจังหวัดระนองโดยกลวิธีโพลีเมอร์ไรเซชัน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [11] วราธร แก้วแสง. (2548, ธันวาคม-พฤษภาคม). การปรับปรุงคุณภาพของดินขาวเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง. *วิศวกรรมสารเอเชียอาคเนย์*. 1(2).
- [12] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. (2517). วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างซึ่งทำด้วยคอนกรีต (มอก.109-2517). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ
- [13] ----- (2517). วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (มอก.110-2517). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ
- [14] ----- (2533). คอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ

SWU6-1138: การศึกษาสมรรถนะการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำและการประยุกต์ใช้งานในพื้นที่อำเภอเสนาห์ จังหวัดสระบุรี

STUDY OF ELECTRICITY GENERATION PERFORMANCE OF LOW SPEED WIND TURBINE AND THEIR APPLICATION: CASE STUDY SAOHAI DISTRICT, SARABURI PROVINCE

นิตตอลิน พันธุ์อภัย, ธีรภัทร หลิมบุญเรือง

Nittalin Phun-apai, Teerapath Limboonrung

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, Email: pissamai@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงการใช้กังหันลมความเร็วลมต่ำซึ่งพื้นที่โดยส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะมีความเร็วลมค่อนข้างต่ำคือ 3-5 เมตรต่อวินาที เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและนำมาประยุกต์ใช้งานในพื้นที่เกษตรกรรมในอำเภอเสนาห์ จังหวัดสระบุรี เพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานและมลภาวะสิ่งแวดล้อมเนื่องจากลมเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเอาพลังงานลมโดยใช้กังหันลมความเร็วลมต่ำที่ความเร็วเฉลี่ย 2.5-5 เมตรต่อวินาที ซึ่งพอเพียงกับความเร็วลมที่มีอยู่ในพื้นที่ของประเทศไทย

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์นำเอากระแสไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมความเร็วลมต่ำไปใช้ในอุตสาหกรรมชุมชนขนาดเล็กในการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่างๆ ของกลุ่มแม่บ้านใน อำเภอเสนาห์ จังหวัดสระบุรี ชุดกังหันลมมีความสูงจากพื้น 18 เมตร ระยะกวาดของใบพัด 2.2 เมตร กังหันลมจะเริ่มชาร์จไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ที่ความเร็วลมตั้งแต่ 3-15 เมตรต่อวินาที แบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บพลังงานไฟฟ้ามีขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด ที่ความเร็วลมตั้งแต่ 16 เมตรต่อวินาที ชุดควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจะตัดวงจรและตัวกังหันลมจะมีระบบเก็บหางเสือเพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ การใช้พลังงานไฟฟ้าจะต่อผ่านชุดอินเวอร์เตอร์ขนาด 300 วัตต์ แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เพื่อใช้กับพัดลมดูดอากาศและหลอดไฟบริเวณโรงอบ

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 2.8-3.6 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมที่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้ ประสิทธิภาพของกังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามต้องการโดยจะมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 200 วัตต์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 6 เมตรต่อวินาที การทดสอบเก็บค่ากำลังไฟฟ้าใน 12 ชั่วโมง ได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดคือ 1282 วัตต์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4.25 เมตรต่อวินาที และได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดคือ 1018 วัตต์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 3.90 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่พอเพียงสำหรับการใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้กำหนดไว้ที่กำลังไฟฟารวม 1136 วัตต์ ได้เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

คำสำคัญ: กังหันลม กังหันลมความเร็วลมต่ำ พลังงานทดแทน พลังงานลม

Abstract

This research is study of the use of low wind velocity. Most of the areas in Thailand are relatively low wind speed is 3-5 m/s for generate electricity and applied in agricultural areas in Sao Hai district of Saraburi province. To solve energy issues and environmental pollution due because wind as a clean alternative energy. From the problem is therefore interested to study the wind turbine using a at low speed average 2.5 to 5 m/s which is sufficient wind speeds in the area of Thailand.

This research is application to electrical energy from wind turbines, low wind speed in the industry to smaller communities. For drying various agricultural products of Women's groups in Sao Hai district of Saraburi province. Wind turbines are 18 meters high from floor, Rotor diameter of 2.2 meters by a wind turbine will begin feeling numb electric charge keeps in the battery that has 3-15 wind m/s, used batteries to store electricity with 12V 100 Ah 2 series. At wind speed from 16 meters per second, the group controls the charging circuit will cut off electricity and wind turbines will be collected rudder system to prevent damage to equipment. Energy consumption is connected a 300-watt inverter for converts 12V-DC into 220V-AC for use with exhaust fan and light in oven plant.

The results can be summarized that average wind speed was 2.8 to 3.6 m/s. This is the wind speed that can be used as useful. Efficiency of wind turbines can produce power on demand which will be generate an average electric power of 200 W at average wind speed is 6 m/s. Testing of power charges in 12 hours, the total power is 1282 W at average wind speed 4.25 m/s and 1018 W at average wind speed 3.90 m/s. This is the power that is sufficient for electrical power at the 1136 W total power for a period of 8 hours.

Keywords: Wind turbine, Low speed wind turbine, Renewable energy, Wind energy

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีความตื่นตัวในการหาแหล่งพลังงานมาทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียม เนื่องด้วยเหตุผลสำคัญ 2 ประการคือ การลดลงของเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ซึ่งคาดว่าจะหมดลงภายในไม่เกิน 100 ปี [1] ข้างหน้า และปัญหามลพิษที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวด้วย เราคงไม่ปฏิเสธว่า ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานสำคัญของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นรากฐานแห่งพลังงานบนโลก แต่ยังมีหลายคนที่ไม่รู้ว่า พลังงานทั้งหมดที่ใช้กันอยู่นั้นไม่ได้มาจากดวงอาทิตย์เพียงแหล่งเดียว ภายในโลกก็มีพลังงานให้นำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า แหล่งพลังงานหลักของโลกคือ พลังงานจากนอกโลก ได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy), พลังงานลม (Wind energy), พลังน้ำ (Hydropower energy), พลังงานคลื่นในทะเล (Wave energy), พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal energy), พลังงานชีวมวล (Biomass energy), ถ่านหิน, น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ สำหรับแหล่งพลังงานรองลงมาคือ พลังงานจากภายในโลก เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy) พลังงานลม เป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำเอาพลังงานลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงาน ลมไม่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการซื้อหาเหมือนกับพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งอาจจะมี ความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติของพลังงานลมที่อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ [2] ในประเทศไทยได้มีการออกแบบกังหันลมแกนนอนด้วยวิธีเชิงทฤษฎีร่วมกับวิธีเชิงตัวเลขทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมและรวดเร็วต่อการออกแบบ [3] และได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของกังหันลมแบบแกนนอนแบบมีการปรับมุมของใบพัด [4] เพื่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลม บางพื้นที่ยังมีปัญหาในการวิจัยพัฒนานำเอาพลังงานลมมา

ใช้งานเนื่องจากปริมาณของลมไม่สม่ำเสมอตลอดปีและความเร็วยังมีความเร็วต่ำเพียง 4-5 เมตร/วินาที [5, 6-7] ดังนั้นจึงไม่นิยมที่จะสร้างกังหันลมในประเทศไทยแต่เนื่องจากพลังงานลมเป็นพลังที่ได้มาฟรีและเกิดขึ้นตลอดทั้งปี แต่มีความเร็วลมต่ำ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้ในความเร็วลมต่ำ เพื่อช่วยเป็นพลังงานทดแทนแก่ประเทศไทยต่อไป

การคำนวณและการออกแบบ

พลังงานจากกังหันลมผลิตไฟฟ้าคือพลังงานลมที่เกิดจากการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงของมวลอากาศที่ความเร็วต่างๆ หนึ่ง (พลังงานจลน์) เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานทางกลอันเนื่องมาจากแรงบิดและความเร็วรอบของแกนหมุนกังหัน (torque and speed conversion) และพลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันนั้นจะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเชื่อมต่อกับแกนหมุนของกังหันลม สามารถหาได้ดังนี้ [8-10]

1. กำลังที่ได้รับจากลม

$$P - (KE/TIME) = 0.5\rho AU^3 \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ

- P คือ กำลังของกังหันลมทั้งหมด (W)
- KE คือ พลังงานจลน์ (J)
- TIME คือ เวลา (s)
- u คือ ความเร็วลม (m/s)
- A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางลม (m^2)

2. การคำนวณความเร็วรอบของใบพัด

ใบพัดกังหันลมจะหมุนด้วยความเร็วรอบมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ ความเร็วลม จำนวนใบและความใหญ่ของใบพัด ซึ่งคำนวณความเร็วรอบได้จากสมการ

$$\text{ความเร็วรอบ} = \text{ความเร็วลม} \times \text{TSR} \times 60 / (22 / 7 \times D) \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ

- ความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที (RPM)
- ความเร็วลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที (m/s)
- TSR (Tip Speed Ratio) คือ อัตราส่วนความเร็ว ปลายใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลม
- D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด (m)

3. ความเร็วลม

การเคลื่อนที่ของอากาศทำให้เกิดแรงบนพื้นผิวโลกและแรงเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลมดังสมการ

$$P = (1/2)\rho V^2 \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ

- P คือ แรงกดจากการกระทำของลม (N/m^2)
- V คือ ความเร็วลม (m/s)
- ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทำงานและการทดสอบค่าพลังงานที่ได้จากกังหันลมความเร็วลมต่ำ

การทดสอบการทำงานของกังหันลมความเร็วลมต่ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเริ่มจากเปิดสวิตช์หลักเพื่อให้กังหันลมทำงาน จากนั้นวัดความเร็วลมพร้อมบันทึกค่าที่วัดได้ เปิดสวิตช์ให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ทำงาน จับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เก็บค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ทุกชั่วโมงเป็นค่าเฉลี่ย เก็บค่าความเร็วลมที่ได้ทุกชั่วโมงเป็นค่าเฉลี่ย ทำการทดสอบซ้ำ

2. การทดสอบการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

การทดสอบการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เริ่มจากการตัดแต่งกล้วยน้ำหว้าสดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ จากนั้นนำกล้วยที่ได้ตัดเรียบร้อยแล้วเข้าห้องอบแล้วเปิดพัดลมให้ทำงานเพื่อให้อากาศร้อนหมุนเวียนภายในห้องอบ บันทึกค่าความร้อน ความชื้นและลักษณะของกล้วย แล้วทำการทดสอบซ้ำอีก 3 ครั้ง

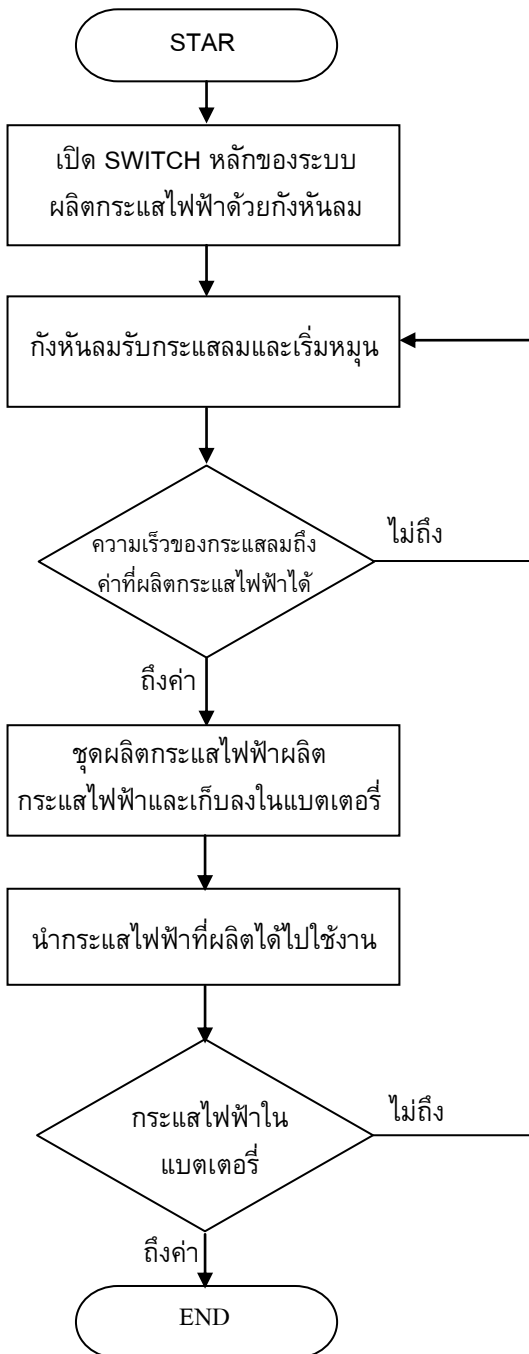
3. ลำดับการทำงานโดยรวมของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วลมต่ำ



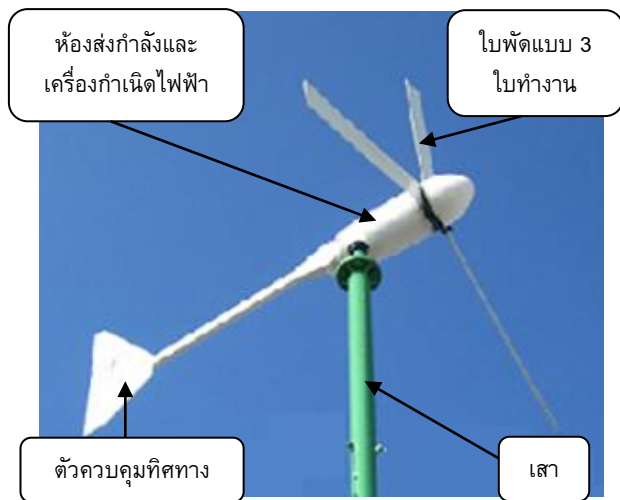
ภาพที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ค่ากำลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ ที่	รายการ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวน	กำลังไฟฟ้า รวม (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมงต่อวัน)	พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ชั่วโมง)
1	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	18	4	72	8	576
2	บัลลาสต์	10	4	40	8	320
3	พัดลมกระจายอากาศ	30	1	30	8	240
รวม				142 W		1136 Wh



ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

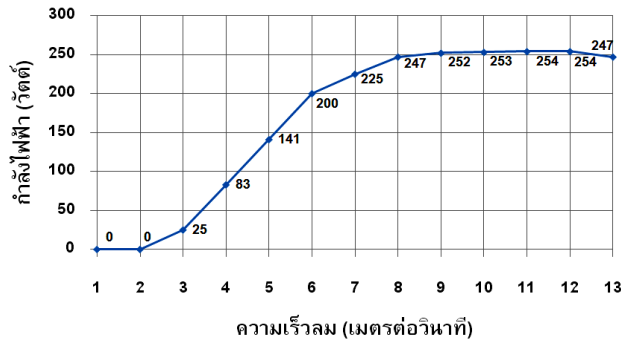


ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของกังหันลมความเร็วลมต่ำ

ผลการวิจัย

1. การทดสอบเบื้องต้นหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลม

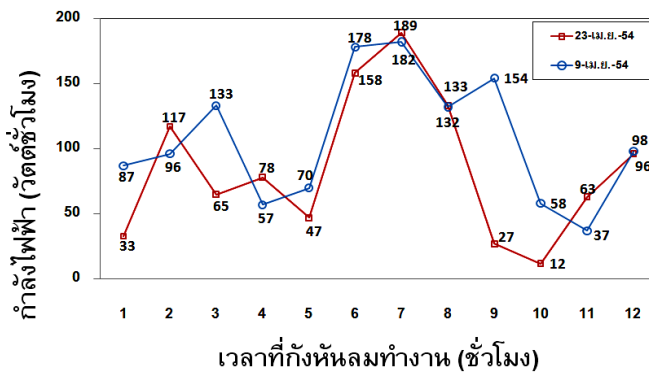
โดยจะดูค่าของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ความเร็วลมต่างๆ เพื่อหาหาประสิทธิภาพของกังหันลม ทำการทดสอบโดยวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ความเร็วลมค่าต่างๆ จดบันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปเขียนกราฟ การผลิตกำลังไฟฟ้าของกังหันลมที่ความเร็วต่างๆ



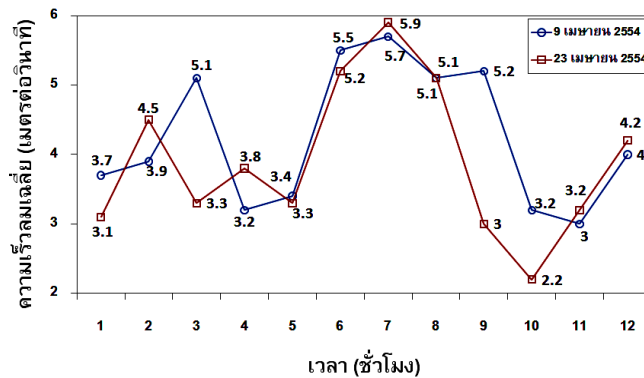
ภาพที่ 4 ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าของกังหันลมที่ความเร็วต่างๆ (Power Curve)

2. การทดสอบหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้

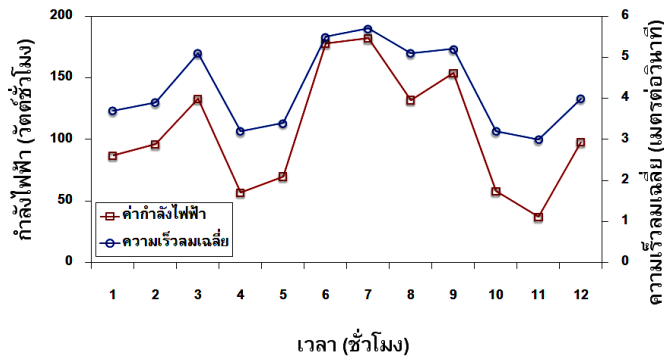
การบันทึกค่าที่วัดได้จะคำนึงถึงวันที่มีอากาศปลอดโปร่งและมีลมเฉลี่ยตลอดทั้งวัน โดยจะทำการเริ่มบันทึกค่าตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 20.00 น. ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่จดบันทึกได้ไปเขียนกราฟ แสดงค่าต่างๆ



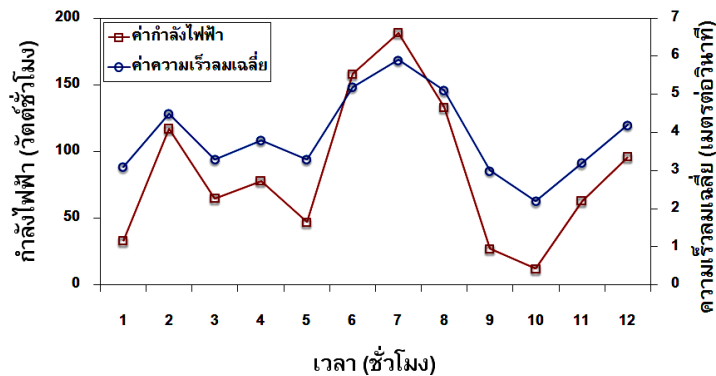
ภาพที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงเปรียบเทียบ 2 วันที่ทดสอบ



ภาพที่ 6 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงเปรียบเทียบใน 2 วันที่ทดสอบ
หมายเหตุ : การเก็บข้อมูลจะเลือกพิจารณาวันที่มีข้อมูลเฉลี่ยตลอดทั้งวัน



ภาพที่ 7 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมง (วันที่ 9 เมษายน 2554)



ภาพที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมง (วันที่ 23 เมษายน 2554)

จากภาพที่ 4 เป็นกราฟทดสอบประสิทธิภาพของกังหันลมที่ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ความเร็วลมต่างๆ โดยจะพบว่า กังหันลมจะเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลมเฉลี่ย 3 m/s และกำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมเฉลี่ยที่มากขึ้น โดยจะมีค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือ 254 W ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 11 m/s

จากภาพที่ 5 และภาพที่ 6 เป็นกราฟแสดงถึงกำลังไฟฟ้าและความเร็วลมเฉลี่ย ในแต่ละชั่วโมงทั้ง 12 ชั่วโมง จะพบว่า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมในแต่ละชั่วโมงซึ่งจะมีความสอดคล้องกับความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมง โดยที่ช่วงเวลาในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากจะเหมือนกันทั้งหมดคืออยู่ในช่วงชั่วโมงที่ 6-8 หรือช่วงเวลา 14.00-16.00 น.

จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบค่าของกำลังงานไฟฟ้ากับความเร็วลมเฉลี่ยในชั่วโมงที่มีการบันทึกผลเดียวกันจะพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าสอดคล้องกับความเร็วลมเฉลี่ยที่มากขึ้นโดยจะมีลักษณะที่เหมือนกันทั้ง 2 วันที่ทำการบันทึกผลการทดลอง

3. การทดสอบกับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ได้ทดลองนำเอากล้วยน้ำว่าสดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่กลุ่มแม่บ้านใช้สำหรับทำกล้วยม้วน มาทดลองอบไล่ความชื้น ซึ่งผลปรากฏว่า กล้วยน้ำว่าสดมีความชื้นลดลงและแห้งได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากในห้องอบมีความร้อนสูงและมีการใช้พัดลมระบายความชื้นที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการชาร์จจากกังหันลมเป็นตัวหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบและอีกทั้งยังมีหลอดไฟเพื่อใช้อำนวยความสะดวกในเวลากลางคืน โดยผลการทดลองดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11



ภาพที่ 9 กล้วยน้ำหว้าสดที่ใช้สำหรับการทดสอบ



ภาพที่ 10 กล้วยอบที่เตรียมพร้อมเพื่อเอาไปแปรรูป

4. การคิดค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

สำหรับไฟฟ้า 1 หน่วย คือเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ที่ใช้งานใน 1 ชั่วโมงจะมีสูตรการคำนวณดังนี้

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า /1000 x ชั่วโมงใช้งานต่อวัน = จำนวนหน่วยหรือยูนิท ... (4)

คำนวณการใช้ค่าไฟฟ้าจากชุดทดสอบได้ดังนี้

1. หลอดไฟฟ้าขนาด 18 วัตต์ (รวมบัลลาสต์ 10 วัตต์ เป็น 28 วัตต์) จำนวน 4 ดวง เปิดใช้วันละ 8 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าวันละ $28 \times 4 \div 1,000 \times 8 = 1$ หน่วย หรือประมาณเดือนละ $(30 \times 1) = 30$ หน่วย

2. พัดลมกระจายอากาศขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 ใบ เปิดใช้วันละ 8 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าวันละ $30 \times 1 \div 1,000 \times 8 = 0.25$ หน่วย หรือประมาณเดือนละ $(30 \times 0.25) = 7.5$ หน่วย

รวมค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือนคือ $30 + 7.5 = 37.5$ หน่วย ปัจจุบันราคาไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่หน่วยละ 6 บาท (รวมค่า Ft) ดังนั้นคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อเดือนคือ $37.5 \times 6 = 225$ บาท

สรุปและอภิปรายผล

โครงการวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วลมต่ำเพื่อประยุกต์ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม โดยจะดูศักยภาพของกระแสลมในพื้นที่ทดสอบคือ อ.เสนาห์ จ.สระบุรี ซึ่งจากแผนที่ลม [11-12] ค่าของความเร็วลมจะเฉลี่ยอยู่ที่ 2.8-3.6 m/s ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมที่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้

จากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้คือ การทดสอบประสิทธิภาพของกังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามต้องการโดยจะมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 200 W ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 6 m/s และการทดสอบเก็บค่ากำลังไฟฟ้าใน 12 ชั่วโมง ในวันที่ 9 เม.ย. พ.ศ. 2554 ได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดคือ 1282 W ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4.25 m/s และในวันที่ 23 เม.ย. พ.ศ. 2554 ได้กำลังไฟฟ้าทั้งหมดคือ 1018 W ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 3.90 m/s ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าง่ายกว่าสามารถนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้กำหนดไว้ ที่กำลังไฟฟารวม 1136 W เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่พอเพียงสำหรับการใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งจากการเก็บข้อมูล 12 ชั่วโมง พบว่า กำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการใช้งานหากมีการเก็บกำลังไฟฟ้านานขึ้นจะได้กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้น แต่ในการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 12 ชั่วโมงและที่เหลือเป็นการทดสอบการใช้กำลังงานไฟฟ้า 8 ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่ได้จากกังหันลมคือคือ 225 บาท ซึ่งอัตราการคืนทุนอาจจะยังไม่เหมาะสมเท่าไรแต่สามารถเป็นข้อมูลในงานวิจัยในอนาคตต่อไปได้

ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลผลการทดลอง

ข้อมูล ที่ บันทึก	วันที่ยันทึก			
	9 เม.ย. พ.ศ. 2554		23 เม.ย. พ.ศ. 2554	
	กำลังไฟฟ้า(Wh)	ความเร็วลม(m/s)	กำลังไฟฟ้า(Wh)	ความเร็วลม(m/s)
รวม	1282	เฉลี่ย 4.25	1018	เฉลี่ย 3.90

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากการสนับสนุนและความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบุคลากรและเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มศว องครักษ์ ตลอดจนขอขอบคุณคุณจรงค์ศักดิ์ ศรีกงพานที่ช่วยในการเก็บข้อมูลงานวิจัย ที่ได้ทุ่มเททั้งร่างกายและแรงใจในการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2552 ตามสัญญาเลขที่ 006/2552 ตลอดจนเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยของมหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และได้ให้คำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2544). *แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- [2] วิกันดา ศรีเดช; และ ทวีช จิตรสมบูรณ์. (2552). ความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติในการประเมินงานรายปีของกังหันลม. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23. 4-7 พฤศจิกายน 2552*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] ชโลธร ธรรมแท้; และ ทวีช จิตรสมบูรณ์. (2552). การออกแบบกังหันลมแกนนอนด้วยวิธีเชิงทฤษฎีร่วมกับวิธีเชิงตัวเลข. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23. 4-7 พฤศจิกายน 2552*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] นนทวุฒิปรีชาวุฒิ และคณะ. (2552). การศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแบบแกนนอนที่มีการปรับมุมใบ. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23. 4-7 พฤศจิกายน 2552*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2520). *ผังลมของประเทศไทยในคาบ 20 ปี (พ.ศ.2494-2513)*. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- [6] โครงการศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง. (2549). สงขลา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [7] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2520). *สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 25 ปี (พ.ศ. 2494-2518)*. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- [8] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. (2536). *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [9] Meier, R.W.; & Merson, T.J. (1980). *Technology Assessment of Wind Energy Conversion Systems*. Washington, D.C.: U.S. DOE
- [10] Siegfried, H. (1998). *Grid integration of wind energy conversion systems*. Chichester: Wiley.
- [11] www.nstda.or.th/entec/Content/content-t-32.htm
- [12] www.masterpower.co.th/TWM/Twm/main.htm

SWU6-1144: การประเมินข้อจำกัดของ ISO 50001:2011 ที่มีผลต่อระบบการจัดการพลังงาน ในอาคารควบคุมขนาดใหญ่

EVALUATION OF LIMITATION FOR ISO 50001:2011 AFFECTED TO ENERGY MANAGEMENT IN LARGE DESIGNATED BUILDING

ยุทธนา ขาวมีศรี^{1*}, วิชชากร จารุศิริ²

Yuttana Khaomeesri^{1*}, Wichakorn Charusiri²

¹สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Engineering Management Programme, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Thailand.

²คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: yuttana@cpland.co.th

บทคัดย่อ

จากปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องทำให้ทั่วโลกให้ความสนใจกับระบบการจัดการพลังงานและหาวิธีการปฏิบัติเพื่อควบคุมลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มศักยภาพการใช้พลังงานให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเกิดการพัฒนามาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 เพื่อขับเคลื่อนให้องค์กรต่างๆ หันมาใส่ใจด้านการจัดการพลังงานซึ่งการที่จะได้รับรองจำเป็นต้องทำการปรับปรุงพัฒนาระบบการจัดการพลังงานภายในองค์กรให้เป็นไปตามข้อกำหนด งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบการปฏิบัติตามข้อกำหนดของ ISO 50001:2011 โดยนำข้อมูลระบบการจัดการพลังงานภายในอาคารควบคุมขนาดใหญ่จำนวน 3 แห่ง เปรียบเทียบหาปัญหาและอุปสรรคระหว่างผลของการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ตามข้อปฏิบัติ 8 ขั้นตอน และการดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 50001:2011 ทั้ง 7 ขั้นตอน ผลของงานวิจัยจากการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบจัดการพลังงานทั้ง 3 อาคาร พบว่าอาคารควบคุมที่ปฏิบัติตามระบบการจัดการพลังงานสามารถปรับปรุงและนำ ISO 50001:2011 เข้ามาใช้ได้อาคารที่มีความพร้อมหรือมีมาตรฐานสากลในด้านต่างๆ จะสามารถปรับใช้ร่วมกันได้ โดยอาคาร A ซึ่งมีความพร้อมในด้านเอกสารและการวางระบบการจัดการพลังงานที่ดีต้องเก็บข้อมูลทางด้านเทคนิคของเครื่องจักรรวมถึงต้องดำเนินการตรวจวัดประสิทธิภาพเพื่อเป็นฐานข้อมูลในระบบวิศวกรรมต่างๆ แต่มีความเป็นไปได้หากมีการลงทุนและมีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดเพิ่มอีกไม่มากก็จะสามารถนำ ISO 50001:2011 มาใช้ได้เปรียบเทียบกับอาคาร B และ C ซึ่งยังขาดความพร้อมในด้านเอกสารข้อมูลซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงนานกว่าอาคาร A จากผลการเปรียบเทียบและความพร้อมและอุปสรรคที่ต่างกัน ทั้ง 3 อาคาร สามารถเป็นแนวทางในสำหรับอาคารควบคุมอื่นๆ ที่จะศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาระบบการจัดการพลังงานและตัดสินใจในการขอรับการรับรอง ISO 50001:2011 ตามขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน ISO:50001:2011

Abstract

From environmental and energy problems with most of the violence occurred as a result of industrial development of Thailand for a mission, and continuously makes worldwide attention with the power management system to control and how to reduce operating expenses and increase energy efficiency, environmental impact, it caused the development of energy management system standard: ISO 50001, impel to 2011 organizations adopt conscious power management which will not need to update power management system development within an organization that meets the requirements. This research study performed to compare requirements of ISO 50001: 2011 by power management information system within a large amount of building control 3 for comparison between the barriers and problems of practice by promoting conservation of energy behind. Fri 2535 (1992) (additional amendments è 2550 (2007)) according to the practices and procedures 8 according to standard ISO 50001: 2011 all 7 steps. The results of research and comparing the data obtained from the system power management including 3 buildings found that building controls that comply with the power management system can be adjusted and ISO 50001: 2011. building with availability or international standards in areas can share butt. By building A proxy invalid availability of documents and better energy management system to keep your technical information including machine to make performance measurement to a database system of engineering but banai is possible if your storage investment and carefully add another extent can take ISO 50001: 2011 available compared to building B and C which also lack the availability information documents that require longer periods to improve building. A from comparison and availability of different obstacles and all 3 buildings can guide for building control other studies comparing the power management system development and decide to obtain certified ISO 50001: 2011 follow these steps.

Keywords: Energy Management, ISO 50001

บทนำ

ปัญหาด้านพลังงานและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงรวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนด้านพลังงานที่มีความไม่แน่นอนและปรับตัวสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา การหาแหล่งวัตถุดิบที่นำมาผลิตพลังงานมีปริมาณลดน้อยลง ทำให้องค์กรต่างๆ หันมาสนใจเรื่องระบบจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อการลดการใช้พลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การให้ความสำคัญกับการจัดการด้านพลังงานในประเทศต่างๆ ทั่วโลกทำให้องค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION) หรือ ISO ได้จัดทำมาตรฐานการจัดการพลังงานคือ ISO 50001:2011 โดยมีการประกาศใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2554 [1] เพื่อเป็นแรงขับเคลื่อนให้องค์กรต่างๆ ทั่วโลกให้ความใส่ใจมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานและเป็นกลยุทธ์ในการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยผู้ได้รับการรับรองจะต้องปฏิบัติตามอย่างต่อเนื่องตามหลัก P-D-C-A คือ วางแผน (Plan) ปฏิบัติ (Do) ตรวจสอบ (Check) แก้ไขและปรับปรุง (Act) สามารถนำไปใช้ได้กับองค์กรทุกขนาดและทุกประเภท ทำให้องค์กรสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการจัดการและการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังสามารถบูรณาการเข้ากับระบบมาตรฐานอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสมระบบและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน เพิ่มโอกาสในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับองค์กร การนำ ISO 50001:2011 มาใช้จะครอบคลุมถึงการจัดหาพลังงาน การตรวจวัด และการรายงานการใช้พลังงาน

ตลอดจนการจัดซื้อและการออกแบบและสนับสนุนให้เกิดแนวทางการปฏิบัติที่ดีในด้านการจัดการพลังงาน สร้างความเชื่อมั่นกับผู้ที่ได้รับบริการจากองค์กร

จากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) กำหนดให้อาคารควบคุมและโรงงานควบคุมที่อยู่ในข่ายตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และกฎกระทรวงกำหนดให้ต้องมีมาตรฐานการจัดการพลังงาน และส่งผลรายงานการตรวจสอบและรับรองการจัดการให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานภายในเดือนมีนาคมของทุกปี [2-4] ปัจจุบันประเทศไทยมีอาคารควบคุมจำนวน 2,099 แห่ง และโรงงานควบคุมจำนวน 3,844 แห่ง [3] อาคารควบคุมถือว่ามีการใช้พลังงานในการดำเนินธุรกิจและบริการมีอัตราการเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับการพัฒนาด้านธุรกิจอย่างต่อเนื่อง จากการส่งรายงานการจัดการพลังงานฉบับแรกปี พ.ศ. 2553 ที่อาคารควบคุมและโรงงานควบคุมได้ส่งโดยมีการสรุปรายงานส่งคืนในกับอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมเพื่อรับทราบและรับรองรายงาน [4] จากจำนวนอาคารควบคุมเอกชนทั้งหมดจำนวน 949 แห่ง พบว่า มีอาคารที่ส่งรายงาน จำนวน 428 แห่ง และไม่ส่งรายงานจำนวน 521 แห่ง รายงานที่ส่งมามีรายละเอียดขั้นตอนการบันทึกและการดำเนินการด้านระบบการจัดการพลังงานที่ยังไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการตามกฎหมาย สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการจัดการพลังงานของอาคารควบคุมที่อาจมีปัญหาและไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต้องปรับปรุงระบบการจัดการพลังงานและสร้างความเข้าใจในการปฏิบัติเพื่อให้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

จากหลักการและวัตถุประสงค์ของระบบ ISO 50001:2011 ที่มีความใกล้เคียงสอดคล้องกับระบบจัดการพลังงานในอาคารควบคุมที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ที่การดำเนินการในปัจจุบันซึ่งพบปัญหาในการปฏิบัติและขาดความเข้าใจในอยู่หลายประการจากรายงานการจัดการพลังงาน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำการศึกษาข้อกำหนดต่างๆ ใน ISO 50001:2011 และนำเข้ามาใช้ปรับปรุงมาตรฐานการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมเพื่อให้การดำเนินการตามระบบการจัดการพลังงานมีประสิทธิภาพและง่ายขึ้นต่อการปฏิบัติเพื่อเป็นต้นแบบในการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนให้กับอาคารควบคุมต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ใช้อาคารควบคุมเอกชนขนาดใหญ่จำนวน 3 แห่ง เป็นแนวทางศึกษา โดยนำข้อกำหนดและขั้นตอนต่างๆ ตามมาตรฐาน ISO 50001:2011 เปรียบเทียบหาข้อจำกัดและอุปสรรคในการปฏิบัติที่อาจมีผลกระทบต่อระบบการจัดการพลังงานที่อาคารควบคุมต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) โดยผลการศึกษาและวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมในอาคารควบคุมขนาดใหญ่อื่นๆ ในประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความพร้อมของระบบการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมขนาดใหญ่โดยนำขั้นตอนการปฏิบัติตามระบบ ISO 50001:2011 เปรียบเทียบกับขั้นตอนการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) หาข้อจำกัดและอุปสรรค และนำผลที่ได้มาพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมหาวิธีการการปรับปรุงพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในอาคารควบคุม ให้ที่ดีที่สุดและเป็นแนวทางในการตัดสินใจใช้ตามมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 เพื่อให้อาคารควบคุมสามารถที่จะดำเนินปฏิบัติตามทั้งสองระบบควบคู่กันไปอย่างไม่มีอุปสรรคหรือมีน้อยที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลของระบบการจัดการพลังงานที่ใช้ในอาคารควบคุมขนาดใหญ่ที่มีขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ารวมที่ใช้ในอาคารรวมมากกว่า 3,530 kVA จำนวน 3 แห่ง ดังนี้

- ข้อมูลการจัดการพลังงานตามข้อกำหนดขององค์กร
- ข้อมูลการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) จากการจัดทำรายงานการอนุรักษ์พลังงานที่ส่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานและมาตรการต่างๆในอาคารรายงานการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขที่ได้รับคืนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการประเมินผลการจัดการพลังงานเบื้องต้นในองค์กรโดยใช้

- ตารางการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นของภายในองค์กร (ENERGY MANAGEMENT MATRIX: EMM) [5]
- CHECK LIST การดำเนินการตามมาตรฐานการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) และ ตามระบบมาตรฐาน ISO 50001:2011

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาเข้ารวบรวมข้อมูลจากอาคารควบคุมขนาดใหญ่ที่มีขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารรวมมากกว่า 3,530 kVA ที่ดำเนินการประสานงาน จำนวน 3 แห่ง โดยเก็บข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอาคารควบคุมที่ศึกษา

- นโยบายการจัดการพลังงานและการมีส่วนร่วมของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน
- ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เช่น ค่าไฟฟ้า, ค่าเชื้อเพลิง เป็นต้น
- อุปสรรคและวิธีการขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) และ ISO 50001:2011

การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการจัดการพลังงานที่ได้จากอาคารควบคุมแต่ละอาคารมาวิเคราะห์ระบบการจัดการพลังงานที่ใช้อยู่ปัจจุบันว่าสามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดต่างๆ หรือไม่มีส่วนใดที่ครบและไม่ครบโดยนำระบบการจัดการพลังงานตามมาตรฐานISO 50001:2011 เข้าไปปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนและดำเนินงาน โดย

- นำปัญหาที่พบมาเสนอแนะแนวทางในการจัดการพลังงานในอาคารควบคุม
- สรุปผลและข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการวิจัยในระยะต่อไป

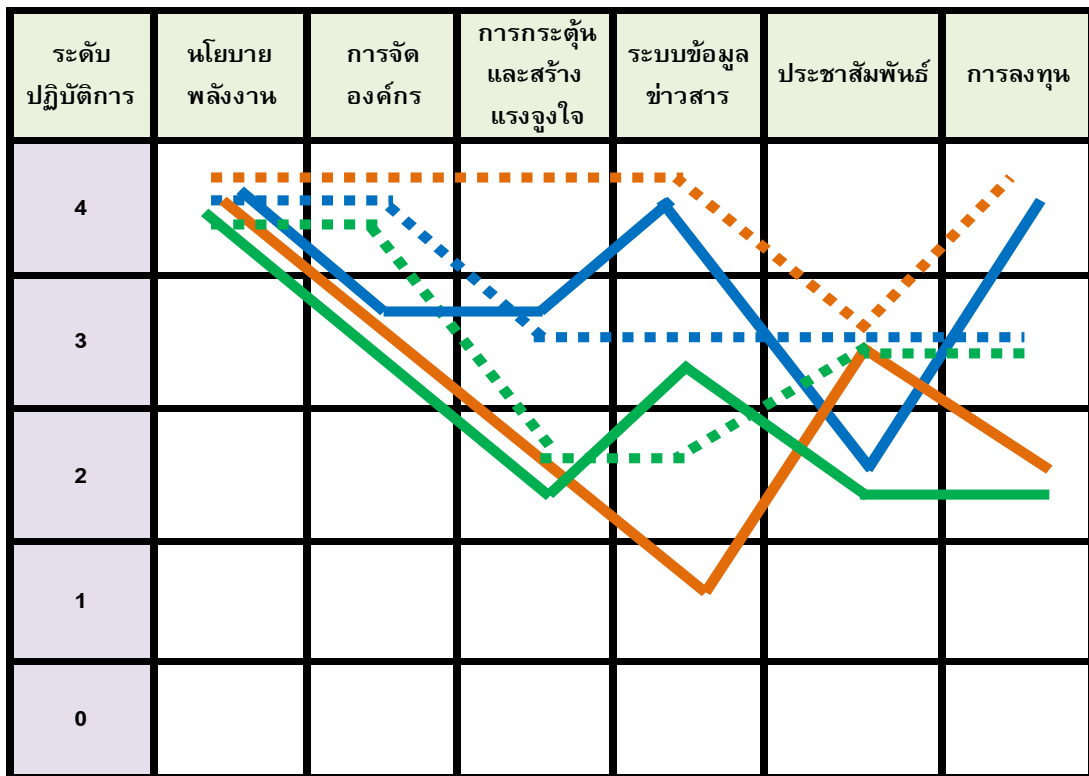
กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาระบบการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมขนาดใหญ่ทั้ง 3 แห่ง ซึ่งมีขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ารวมที่ใช้ในอาคารมากกว่า 3,530 kVA และมีการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) เป็นอาคารที่ส่งรายงานการจัดการพลังงานและได้รับการสรุปผลการตรวจสอบครบแล้วทั้ง 3 แห่ง โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากรายงานดังกล่าวและข้อมูลจากการเข้าพบและสอบถามเจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคารรวมถึงผู้บริหาร ดึงสรุปข้อมูลได้ดังต่อไปนี้



อาคาร A ก่อนดำเนินการมีประเด็นในด้านการประชาสัมพันธ์ที่ต้องดำเนินการปรับปรุง ซึ่งจากเป้าหมายปี พ.ศ. 2554 ได้วางแผนและมีการพัฒนาด้านระบบการจัดการการประชาสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้น

อาคาร B ก่อนดำเนินการมีความแปรผันในด้านการกระตุ้นการสร้างแรงจูงใจรวมถึงข้อมูลข่าวสารและการลงทุนในด้านพลังงาน จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาในด้านต่างๆ ให้เกิดระบบการจัดการที่ดีที่สุดในเกือบทุกด้าน

อาคาร C ก่อนดำเนินการมีความแปรผันในด้านการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจขาดการประชาสัมพันธ์และการลงทุนจึงมีเป้าหมายที่จะพัฒนาในด้านระบบการจัดการ การประชาสัมพันธ์และการลงทุน

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบ ข้อกำหนดตาม พรบ. 2550 กับ ISO 50001:2011

	พรบ. 2550		ISO 50001:2011	
	CLAUSE	CIRTERIA	CLAUSE	CIRTERIA
		จัดทำรายงาน	4.1	General Requirements จัดทำเอกสารคู่มือการจัดการพลังงาน
P	1	จัดตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	4.2	Management responsibility ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร
	2	ประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	4.4	Energy Planning การวางแผนด้านพลังงาน
	3	กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์	4.3	Energy Policy นโยบายพลังงาน
	4	ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	4.4.3	Energy review การทบทวนพลังงาน
			4.4.4	Energy baseline เส้นฐานพลังงาน
			4.4.5	Energy Performance Indicators (EnPIs) ตัวชี้วัดผลดำเนินการด้านพลังงาน
	D	กำหนดเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	4.4.6	Energy objectives ,energy Targets and EM action plans วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนงานการจัดการพลังงาน
4.5.2			Competence,training and awareness ความสามารถ การฝึกอบรม และความตระหนัก	
4.5.5			Operational control การควบคุมการดำเนินการ	
C	6	ดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	4.6.1	Monitoring measurement and analysis การเฝ้าระวัง การตรวจวัด และการวิเคราะห์
	7	ตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	4.6.3	Internal Audit of the Energy Manganement System การตรวจประเมิน-ภายใน
A	8	ทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	4.7	Management Review การทบทวนของฝ่ายบริหาร

เมื่อพิจารณาปัญหาต่างๆ ในขั้นตอนการปฏิบัติตามการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ที่ทั้ง 3 อาคารมีประเด็นต่างๆ ดังนี้

		พรบ. 2550	ข้อเสนอแนะ
P	1	การแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> การจัดตั้งโครงสร้างและอำนาจหน้าที่ยังไม่ชัดเจนรวมถึงการเผยแพร่ยังไม่ทั่วถึง	ระบุในโครงสร้างคณะกรรมการแยกเป็นฝ่ายต่างๆ ให้เห็นและมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของคณะกรรมการตามโครงสร้างเพื่อให้ผู้ปฏิบัติได้เข้าใจบทบาทของตนเองในการปฏิบัติงานโดยมีการเผยแพร่ให้พนักงานทุกหน่วยงานได้รับทราบอย่างทั่วถึง
	2	การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น <u>ปัญหาที่พบ</u> ไม่ครอบคลุมทุกหน่วยงานย่อยและยังไม่มี การแสดงถึงจำนวนที่มาของการประเมินว่าประเมินมาจากพนักงานในองค์กรส่วนใดบ้าง	ระบุจำนวนที่มาของการประเมินและเก็บหลักฐานการประเมินไว้เพื่อตรวจสอบ
	3	การกำหนดนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน <u>ปัญหาที่พบ (ไม่มี)</u> เนื้อหาไม่สอดคล้องตามกฎกระทรวงโดยมีการลงนามโดยผู้บริหารระดับสูงหรือเจ้าของอาคารถูกต้องเรียบร้อย	นโยบายยังต้องมีเนื้อหาสอดคล้องกับประกาศของกระทรวงและมีการลงนามโดยผู้บริหารระดับสูงหรือเจ้าของอาคารเสมอ
	4	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> ขาดการเปรียบเทียบข้อมูลย้อนหลังเพื่อประเมินผลกิจกรรมที่ดำเนินการ ขาดการประเมินระดับเครื่องจักรค่าประสิทธิภาพสมรรถนะและปริมาณการสูญเสียพลังงาน	บันทึกข้อมูลย้อนหลังเปรียบเทียบเพื่อประเมินผลสำเร็จกิจกรรมเพิ่มเติมบันทึกการประเมินค่าประสิทธิภาพสมรรถนะและปริมาณการสูญเสียพลังงานโดยระบุหน่วยและค่ามาตรฐานเปรียบเทียบ
D	5	การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> ขาดการระบุชื่อผู้รับผิดชอบมาตรการที่ชัดเจนในบางอาคาร	กำหนดและระบุชื่อผู้รับผิดชอบการฝึกอบรมในแผนให้ชัดเจนโดยครอบคลุมทุกกิจกรรม
C	6	การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> การตรวจสอบค่าผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงขาดการตรวจวัดที่ชัดเจนเพื่อเปรียบเทียบกับผลประหยัดจากการคำนวณ	มีการตรวจวัดผลการประหยัดจากเครื่องวัดก่อนและหลังการดำเนินการโดยเครื่องวัดที่ผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐานและมาตรฐานการต่อเนื่องข้ามปีให้คิดผลประหยัดเฉพาะปีที่ดำเนินการจัดการ
	7	การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> ผลการตรวจติดตามยังไม่สอดคล้องกับการดำเนินการจริงและการเผยแพร่การแต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประเมินการจัดการพลังงานยังไม่ทั่วถึง	ตรวจสอบขั้นตอนต่างๆให้ครบถ้วนอย่างละเอียดและเพิ่มสื่อการเผยแพร่ให้ทุกคนในองค์กรรับทราบอย่างทั่วถึง
A	8	การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน <u>ปัญหาที่พบ</u> ผลการทบทวนไม่ถูกต้องและสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติ	ควรพิจารณาผลการทบทวนในส่วนที่ไม่ถูกต้องหรือระบุไม่ครบการประชุมทบทวนควรจัดให้ตรงตามรอบปีอยู่เสมอเพื่อให้การส่งรายงานไม่ล่าช้า

		พรบ. 2550	ISO 50001:2011 เข้าแก้ไขปรับปรุง
		การจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน	คู่มือการจัดการพลังงานตามข้อกำหนดจะนำไปสู่การปฏิบัติตามมาตรฐานแสดงถึงการดำเนินการตามข้อกำหนดอย่างชัดเจน
P	1	การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	ผู้บริหารมีความมุ่งมั่นและแต่งตั้งผู้แทนฝ่ายบริหารที่มีความชำนาญและครอบคลุมทุกหน่วยงานทำให้มั่นใจในการปฏิบัติตามขั้นตอน
	2	การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	องค์กรมีความพร้อมในด้านข้อมูลต่างๆทั้งภายในและภายนอกตลอดจนเครื่องมือหรือข้อกำหนดต่างๆที่ต้องปฏิบัติตาม
	3	การกำหนดนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน	ผู้บริหารแสดงความเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการดำเนินการด้านพลังงานขององค์กรโดยมีความสอดคล้องกับกิจกรรมขององค์กรเข้าใจง่ายและมีการทบทวนอย่างสม่ำเสมอโดยมั่นใจได้ว่าทุกคนในองค์กรรับทราบ
	4	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	เพิ่มศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานมุ่งเน้นไปยังกระบวนการและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในสัดส่วนที่มากเป็นไปตามมาตรฐานของอุปกรณ์หรือไม่โดยใช้การชี้บ่งอย่างมีประสิทธิภาพ มีฐานพลังงานอ้างอิงเพื่อใช้ปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ใช้การกำหนดดัชนีวัดสมรรถนะพลังงานใช้ในการประเมินความก้าวหน้าเป็นไปตามเป้าหมาย
D	5	การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	กำหนดกรอบเวลาและเป้าหมายอย่างชัดเจนสอดคล้องกับนโยบายพลังงานและปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆพิจารณา ด้านต่างๆครบถ้วนมอบหมายผู้รับผิดชอบและกำหนดวิธีการและเวลาในการบรรลุเป้าหมายอย่างชัดเจน บุคลากรมีความสามารถในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญโดยมีการอบรมการควบคุมการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง
C	6	การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	การตรวจวัดและวิเคราะห์จะเป็นไปตามช่วงเวลาที่วางแผนไว้มีการเฝ้าระวังและจัดเก็บผลการตรวจวัดเป็นบันทึกเครื่องมือในการตรวจวัดเป็นไปตามมาตรฐานและมีการสอบเทียบและบันทึกผลการสอบเทียบไว้ทำให้มั่นใจว่าข้อมูลในการตรวจวัดถูกต้อง
	7	การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	มีการตรวจสอบตามช่วงเวลาที่กำหนดสอดคล้องกับการจัดการพลังงานวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้
A	8	การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	ผลของการทบทวนมีความเหมาะสม เพียงพอและมีประสิทธิผลสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆที่องค์กรนำมาใช้

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยเปรียบเทียบข้อมูลอาคารควบคุมขนาดใหญ่ทั้ง 3 อาคารพบว่า การปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ยังคงมีปัญหาและมีสิ่งที่จะต้องปรับปรุงในการปฏิบัติและการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานซึ่งการนำ ISO 50001:2011 จะเข้ามาช่วยให้เกิดการปฏิบัติที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในประเด็นหลักๆ คือ การจัดทำคู่มือการจัดการพลังงานจะทำให้สามารถปฏิบัติได้อย่างเป็นระบบและมีหลักฐานในการปฏิบัติ ตลอดจนการตรวจสอบการใช้พลังงานได้อย่างง่ายมากขึ้น โครงสร้างและคณะทำงานจะมีความถูกต้องและเหมาะสม การประเมินสถานะภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นมีการประเมินอย่างละเอียดและครบถ้วน การกำหนดนโยบายจะมีความสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดที่องค์กรปฏิบัติ, การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานมีข้อมูลและดัชนีอย่างชัดเจน การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามเป้าหมายบุคลากรมีความสามารถเหมาะสม การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามกรอบระยะเวลาโดยมีการตรวจวัดถูกต้องตามมาตรฐาน การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงานเป็นไปตามกำหนดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมาย การทบทวนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานมีความเหมาะสมถูกต้องสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดที่องค์กรปฏิบัติ ทำให้อาคารที่ดำเนินการจัดการพลังงานตามข้อกำหนดและรายละเอียดต่างๆ ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 อยู่แล้วสามารถนำมาตราฐาน ISO 50001 เข้ามาใช้สามารถที่จะปรับปรุงหรือเพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆ ตามข้อกำหนดเข้าไปในระบบการจัดการพลังงานขององค์กรนั้นได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแปลงระบบการจัดการพลังงานเดิมมากขึ้นอยู่ที่ความพร้อมขององค์กรและการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงหรือเจ้าของอาคาร

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). มาตรฐานระบบการจัดการด้านพลังงาน ISO 50001. ใน เอกสารประกอบการอบรมมาตรฐานระบบการจัดการด้านพลังงาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). คู่มืออนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงาน. กรุงเทพฯ: กรม.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). คู่มืออนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: กรม.
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือระบบจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ: กรม.
- [5] เกษมสุข เฟ่งพินิจ; และ วิชากร จารุศิริ. (2554). การจัดการพลังงานโดยมุ่งเน้นที่ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ใน รายงานการประชุมวิชาการศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

SWU6-1145: การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ใช้แล้วของน้ำมันหล่อลื่นและพลาสติกบนเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง

CATALYTIC CRACKING OF USED LUBRICATING OIL AND PLASTIC ON CONTINUOUS REACTOR BY USING SPENT FCC CATALYST

วิชชากร จารุศิริ^{1*}, ปฐมทัศน์ จิระเดชะ²

Wichakorn Charusiri^{1*}, Pathomtad Chiradeja²

¹ คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹ Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Thailand.

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: witchakorn@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและพอลิพรอพิลีนบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซีใช้แล้วบนเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟทอเรียลเพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นแก๊สโซลีน ภาวะที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิ 380-550 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 1.23-9.03 กรัมต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี 1-5% โดยน้ำหนัก ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม Design Expert เวอร์ชัน 7.0 พบว่า อุณหภูมิ อัตราการป้อน และอันตรกิริยาของอุณหภูมิและอัตราการป้อนมีผลต่อการเกิดแก๊สโซลีนอย่างมีนัยสำคัญ และให้แบบจำลองที่เหมาะสมคือ y (ปริมาณแก๊สโซลีน) = 26.16 + 0.04 อุณหภูมิ + 0.11 อัตราการป้อน + 0.0016 (อุณหภูมิ x อัตราการป้อน) เมื่อทำการทดลองที่ภาวะที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 1.23 กรัมต่อนาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี 1% โดยน้ำหนัก ให้ร้อยละของแก๊สโซลีนสูงที่สุดที่ร้อยละ 51.18

คำสำคัญ: การแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันหล่อลื่น พอลิพรอพิลีน ตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซี แก๊สโซลีน

Abstract

This research aims to study the catalytic cracking of lubricating oil and polypropylene with spent FCC catalyst in the continuous tubular reactor. The two factorial design was performed to investigate the effect to product distribution of gasoline which was carried out under temperature of 380-550°C feed rate of 1.23 gram/minute to 9.03 gram/min over spent FCC catalyst ranging of 1-5% by weight. From Analysis of Variance (ANOVA) shown that temperature, feed rate and interaction of temperature and feed rate were main effect to product distribution of gasoline and gave the optimum model as y (gasoline fraction) = 26.16 + 0.04 temperature + 0.11feedrate + 0.0016 (temperature x feed rate). At the condition of temperature 500°C feed rate of 1.23 gram/minute over spent FCC catalyst ranging of 1% by weight gave the highest gasoline yield of 51.18

Keywords: Catalytic cracking, Lubricating oil, Polypropylene, FCC catalyst gasoline

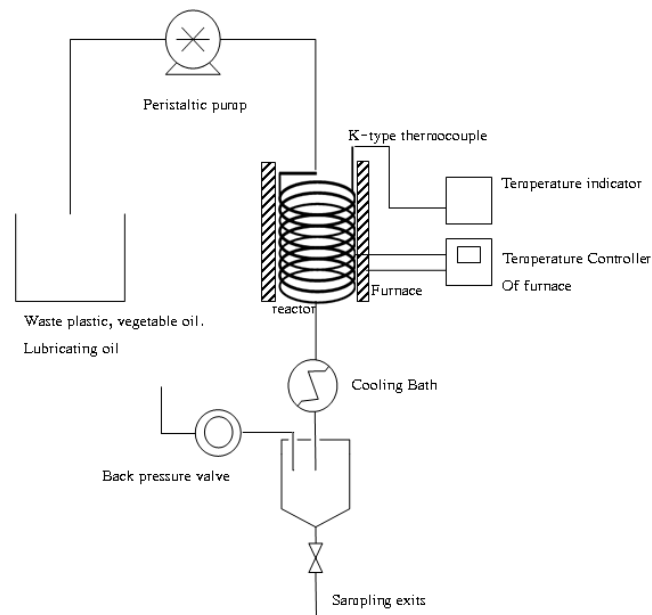
บทนำ

จากสภาพความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้มีความต้องใช้วัตถุดิบและเชื้อเพลิงต่างๆ ในกระบวนการผลิตและบริโภคเป็นจำนวนมากสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ปี ย่อมจะส่งผลถึงปริมาณขยะที่จะต้องเพิ่มขึ้น พร้อมกับปัญหาการกำจัดขยะพลาสติกที่ทวีความรุนแรงขึ้นไปพร้อมกัน เนื่องจากการกำจัดขยะและของเสียอันตรายต่างๆ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูง จึงจำเป็นต้องหาหนทางกำจัดที่เหมาะสมและไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้ำมันหล่อลื่นเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียมมีลักษณะเป็นของเหลว มีหน้าที่หล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ และเครื่องจักรกลที่มีลักษณะปิด ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดถูกผลิตมาให้เหมาะกับการใช้งาน ด้วยการนำน้ำมันพื้นฐานที่มีความหนืดพอเหมาะมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการเติมสารเคมีเพิ่มคุณภาพเพื่อให้มีคุณสมบัติพิเศษตามการใช้งาน เช่น สารชะล้าง และสารเพิ่มดัชนีความหนืด เป็นต้น เมื่อใช้งานไปแล้วคุณสมบัติ และคุณภาพต่างๆ จะเสื่อมไปเรื่อยๆ จนไม่เหมาะแก่การใช้งาน โดยการเสื่อมสภาพเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหล่อลื่นโดยเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ แล้วเกิดสารประเภทกรด เกิดคราบยางเหนียว เกาะตามร่องรูทางผ่านของน้ำมันหล่อลื่น และในที่สุดอาจเกิดการกัดกร่อนเนื้อโลหะในเครื่องจักร สารเพิ่มคุณภาพถูกใช้หมดไป หรือเสื่อมสภาพ รวมถึงการที่มีสิ่งสกปรก หรือสารอื่นจากภายนอกเข้าไปปะปน เช่น น้ำ ฝุ่นละออง เขม่า และอื่นๆ ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมสภาพจึงจัดเป็นของเสียประเภทหนึ่งที่เราพบเห็นได้อยู่ทั่วไป [1-3] และพบว่าไม่มีการบริหารจัดการที่ดีโดยมีการปล่อยน้ำมันที่ใช้แล้วปะปนมากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และมีการนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาผ่านกระบวนการทางเคมีแล้วนำกลับมาขายเป็นน้ำมันหล่อลื่นใหม่ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค การแปรรูปน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วงอุณหภูมิ 600-700 องศาเซลเซียส ความดันที่ 0.1-1 เมกกะพาสคาล ให้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันเบาที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น [4] ในขณะที่ใช้ภาวการณ์แตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วในช่วงอุณหภูมิ 420-440 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 5-50 นาที ให้ร้อยละผลได้ของการเกิดของเหลวที่ 95-98% โดยน้ำหนัก และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบตามคาบจุดเดือดประกอบด้วย C₅-C₁₁ และ C₁₂-C₂₅ รูปแบบของปฏิกิริยาเป็นแบบขนานกัน [5] ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาผ่านปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแก๊สปิโตรเลียมในโรงกลั่นน้ำมันและยังมีประสิทธิภาพเพียงพอในการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดกลางให้เป็นขนาดเล็ก [6-8] และนำไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ จึงเป็นแนวทางที่ที่จะช่วยลดปริมาณการนำน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วมาบรรจุใหม่ ผ่านกระบวนการทำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบเชื้อเพลิงเหลวเป็นไปตามวิธีการที่ถูกต้องและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์การทดลอง

ใช้ท่อเหล็กกล้าเหนียว SS316 ขนาด 3/8 นิ้ว ความยาว 6 เมตร จำนวน 2 ท่อ ดัดและขดให้เป็นวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 90 เซนติเมตร ใส่ในเตาเผาแบบท่อ (tubular furnace) ซึ่งเตรียมไว้สำหรับเป็นแหล่งให้ความร้อนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อลงในเตาเผาแบบท่อโดยมีการใส่เทอร์มอคัพเพิลแบบเค เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ ด้านบนของเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อมีแอลลวาล์ว (L-valve) เกทวาล์ว (gate valve) และ วาล์วนิรภัย (safety valve) สำหรับเปิดปิดการป้อนสารตั้งต้นที่ถูกส่งมาจาก peristaltic pump โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องปฏิกรณ์ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Schematic diagram ของเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง

เตรียมสารป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว และพอลิพรอพิลีน ในสัดส่วนคงที่ 80% และ 20% ตามลำดับโดยมีการอุ่นให้ร้อนจนเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส ก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ โดยอัตราการป้อนถูกควบคุมด้วย Peristaltic pump ซึ่งปรับรอบอัตราการหมุน อุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ถูกควบคุมโดยการปรับอุณหภูมิของเตา (furnace) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของเหลวภายในเครื่องปฏิกรณ์

2. วิธีทำการทดลอง

ใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2k แฟกทอเรียลเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลในการเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นแก๊สในปริมาณที่มากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Stat Ease Design ExpertTM 7.0 สร้างแบบจำลองที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยที่สนใจศึกษา คือ อุณหภูมิ ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้ว และ อัตราการไหลของสารป้อนเข้า ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และมีค่ากลาง 4 ค่า

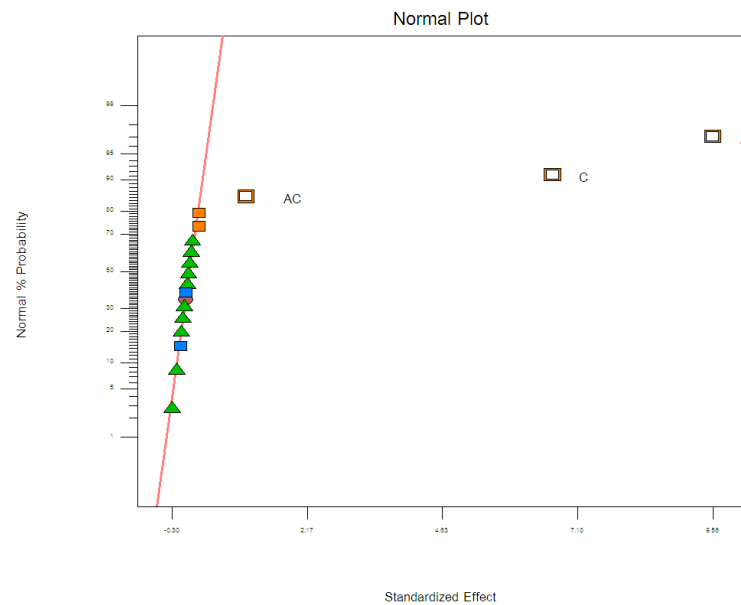
ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลอง

ตัวแปร	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	380	550
ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี (ร้อยละ)	1	5
อัตราการไหลของสารป้อน (กรัมต่อนาที)	9.03	1.23

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลผลต่อกระบวนการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นและพอลิพรอพิลีน ใช้แล้วให้เป็นแก๊สโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีบนเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง โดยในช่วงแรกมีการหลอมพอลิพรอพิลีนให้อยู่ในสภาพเป็นของเหลวโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส โดยมีน้ำมันหล่อลื่นเป็น

ตัวกลางช่วยถ่ายโอนความร้อน เมื่อป้อนสารตั้งต้นเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง อุณหภูมิจะมีผลอย่างมากต่อการแตกตัวด้วยความร้อน และตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีซึ่งมีส่วนช่วยส่งเสริมการแตกตัวด้วยความร้อน ลดพลังงานกระตุ้นที่ใช้ในปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปได้เร็ว และมีสมบัติของ shape selectivity [6] ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ภาวะของการทดลองไม่สูงมาก ซึ่งปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ศึกษานี้ใช้น้ำมันหล่อลื่นแล้วทำหน้าที่เป็นตัวกลางของเหลว ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายโอนความร้อนต่อกระบวนการทำให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น [3] เมื่อนำไปกลั่นจะต้องประกอบด้วยคาบจุดเดือดเป็นแกโซลีนและเคโรซีน สามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้

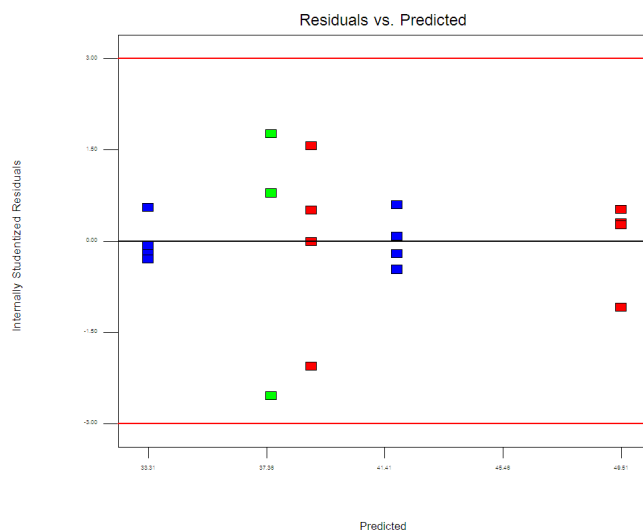


ภาพที่ 2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นแกโซลีน

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของของสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นแกโซลีน

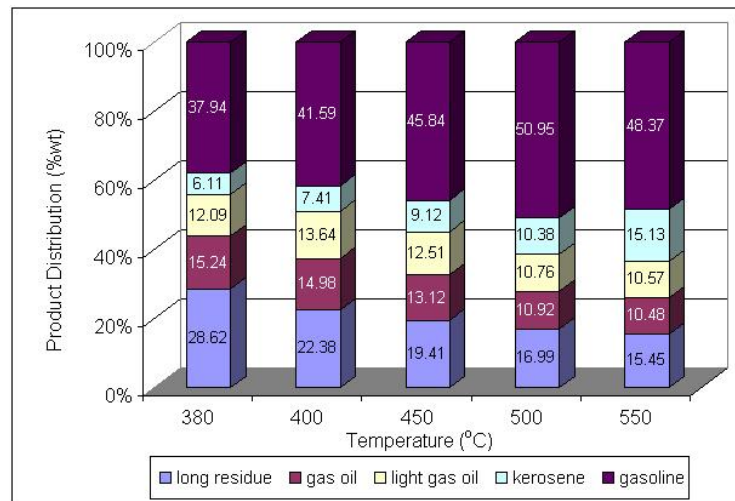
Source	Squares	df	Value	Prob > F	
Model	546.2708	3	1827.0473	< 0.0001	significant
A-Temperature	365.67	1	3669.0394	< 0.0001	
C-feed rate	176.1593	1	1767.537	< 0.0001	
AC	4.441556	1	44.56544	< 0.0001	
Curvature	28.60958	1	287.06126	< 0.0001	significant
Residual	1.395292	14			
Lack of Fit	0.386475	4	0.9577434	0.4712	not significant
Pure Error	1.008817	10			
Cor Total	576.2757	18			

การออกแบบการทดลองแบบ 2k ซึ่งมีปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสารป้อนเข้าไปเป็นแกโซลีน ประกอบด้วย อุณหภูมิ (A) อัตราการไหล (C) และอันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิและอัตราการป้อนของสารตั้งต้น (AC) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอย มีสมมติฐานหลักคือค่าสัมประสิทธิ์ทุกตัวเท่ากับศูนย์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิเคราะห์สำหรับร้อยละการเปลี่ยนไปเป็นแกโซลีน แสดงให้เห็นว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ โดยแบบจำลองของการถดถอยที่เหมาะสมคือ $y = 26.16 + 0.04 \text{ temperature} + 0.11 \text{ feedrate} + 0.0016 (\text{temperature} \times \text{feed rate})$ ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของสมการถดถอยทำได้โดยการวิเคราะห์ส่วนตกค้างที่เหลือจากข้อมูลที่สามารถทำนายได้ โดยส่วนตกค้างหาได้จากการนำค่าจริงจากการทดลองลบด้วยค่าจากสมการถดถอย จะเห็นว่าส่วนตกค้างนี้เป็นความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Error) โดยมีข้อตกลงคือเป็นการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ไม่มีแนวโน้มหรือโครงสร้าง (Structureless) มีความแปรปรวนคงที่ (Constant Variation) และไม่ขึ้นกับลำดับการเก็บข้อมูล ซึ่งข้อตกลงทั้งหมดสามารถวิเคราะห์ได้จากการพล็อตส่วนตกค้างกับ Normal % Probability ค่าที่ได้จากสมการถดถอย (Fitted Value) และลำดับการทดลอง (Run Order) ภาพที่ 3 แสดงความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง แสดงส่วนตกค้างกับปริมาณแกโซลีนที่ถูกทำนายโดยแบบจำลอง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วไม่พบว่ามีสิ่งผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น



ภาพที่ 3 การแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้างกับปัจจัยต่างๆ ในแต่ละการทดลอง

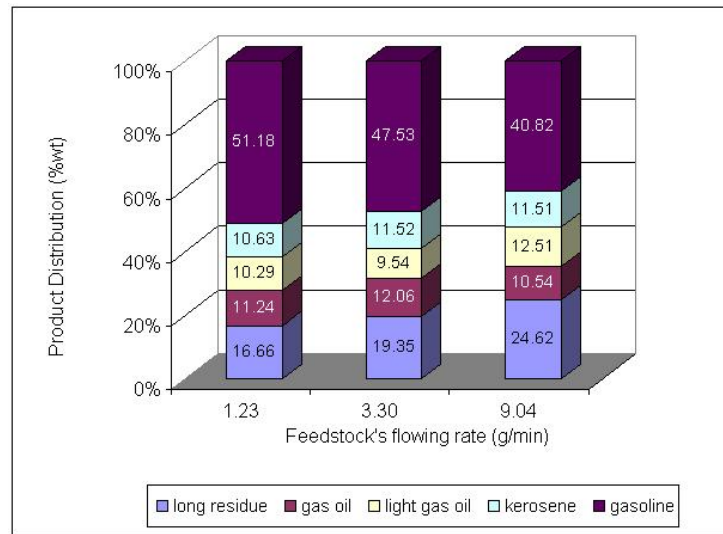
เมื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมของการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นและพอลิพรอพิลีนบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้ว โดยนำผลการศึกษาก่อนที่มีผลต่อการแตกตัวไปเป็นแกโซลีนด้วยโปรแกรม Design Expert ซึ่งพบว่าปัจจัยของอุณหภูมิ อัตราการป้อน และ อันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิและอัตราการป้อนมีผลอย่างมากต่อการเกิดปฏิกิริยาแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาไปเป็นแกโซลีน ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบตามคาบจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำมันพืช น้ำมันเครื่อง และพอลิพรอพิลีนใช้แล้วที่อัตราการไหล 1.23 กรัมต่อนาที ที่อุณหภูมิ 380 400 450 500 550 องศาเซลเซียส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้วร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ตามคาบจุดเดือดที่อุณหภูมิต่างๆ โดยให้อัตราการไหลคงที่ 1.23 กรัมต่อนาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 1% โดยน้ำหนัก

ผลการทดลองแสดงให้เห็นในภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้นช่วงการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำมันเป็นแกโซลีน เคโรซีน และแก๊สออยล์ชนิดเบามากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่มากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่แตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กได้ดีขึ้น จึงมีปริมาณแกโซลีนมากขึ้น ด้วยโดยที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสจะให้ปริมาณแกโซลีนที่มากที่สุดคือ ร้อยละ 50.95 และที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสได้ปริมาณของแกโซลีนลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมาก อิทธิพลของอุณหภูมิมิมีผลอย่างมากต่อการแตกตัวด้วยความร้อนเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กได้รวดเร็วปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา จนมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีซึ่งมีบทบาทในการถ่ายโอนไฮโดรเจนที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำพวกแกโซลีน แต่เมื่อยังได้รับอิทธิพลจากความร้อนต่อเนื่องทำให้โมเลกุลที่ไฮโดรคาร์บอนที่แตกตัวเป็นขนาดเล็กแล้วเกิดเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำพวก C₁ – C₄ จึงพบว่า มีองค์ประกอบที่เป็นแกโซลีนลดลงในขณะที่เกิดแก๊สมากขึ้น

เมื่อทำการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบตามคาบจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นและพอลิพรอพีนไซแล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 1.23, 3.30 และ 9.04 กรัมต่อนาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 1% โดยน้ำหนัก จะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์แกโซลีน เคโรซีน แก๊สออยล์หนัก และกากน้ำมันหนักที่ลดลง เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้ น้ำมันหล่อลื่นและพอลิพรอพีนไซแล้วเกิดการแตกตัวได้ดีจึงมีไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่คือ แก๊สออยล์หนัก กากน้ำมันที่น้อยลงในการทดลองทุกอัตราไหล



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ตามคาบจุดเดือดที่อัตราการไหลต่างๆ โดยให้อุณหภูมิคงที่ 500 องศาเซลเซียส บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซี 1% โดยน้ำหนัก

ผลการทดลองพอลิเมอร์กลไกการเกิดปฏิกิริยาได้จากที่อุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนเกิดได้รวดเร็วและมีบทบาทมากกว่าการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กโดยอิทธิพลของความร้อนที่ยังดำเนินอย่างต่อเนื่องทำให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กแตกตัวต่อไปเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นที่อัตราการไหลต่ำๆ ทำให้เวลาการสัมผัสแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวของเครื่องปฏิกรณ์ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากความร้อนทำให้เกิดเป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนจำนวนมาก แต่หากอัตราการไหลสูงขึ้นจึงมีโอกาสดังนี้ได้รับอิทธิพลจากความร้อนน้อยลงเกิดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดกลาง จากนั้นบทบาทของตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีจึงเข้ามาช่วยในการแลกเปลี่ยนไฮโดรเจนที่ผิวรูพรุนและเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวและจัดโครงสร้างที่เหมาะสมของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กเหล่านั้นได้เป็นแก๊สโซลีน และเคโรซีน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ปริมาณแก๊สโซลีน เคโรซีนมีแนวโน้มลดลง โดยที่อัตราการไหล 1.23 กรัมต่อนาที จะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์แก๊สโซลีนที่มากที่สุดคือร้อยละ 51.18

เมื่อนำของเหลวที่ได้จากการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้วไปวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วย Fourier Transform Infrared Spectrophotometer พบว่ามีหมู่ฟังก์ชันหลักที่เป็นวงแอโรแมติก (aromatic) มีหมู่ฟังก์ชันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวกอะลิฟาติกที่มีโครงสร้างเป็นวงที่มีคาร์บอน 5 – 6 โมเลกุล แสดงว่า น้ำมันหล่อลื่นและพอลิพรอพิลีนใช้แล้วใช้แล้วเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งการเพิ่มพอลิพรอพิลีนซึ่งมีโครงสร้างไฮโดรคาร์บอนไม่ใหญ่มาก และไม่ซับซ้อนแตกตัวได้ง่าย มีส่วนช่วยให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนเหล่านั้นมีขนาดเล็กลงดังจะพบว่ามีหมู่ฟังก์ชันเป็นเมทิล (methyl group) เกิดขึ้น ส่วนความเป็นแอโรแมติกเกิดขึ้นเนื่องมาจากการแตกตัวของพอลิพรอพิลีนทำให้ได้สารประกอบแอโรแมติก

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการแตกตัวของ น้ำมันหล่อลื่น และพอลิพรอพิลีนใช้แล้ว บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอพซีซีใช้แล้วพบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อร้อยละผลได้ของแก๊สโซลีนและเคโรซีนของการแตกตัวด้วย คือ อุณหภูมิ อัตราการไหล และอันตรกิริยาระหว่าง

อุณหภูมิกับอัตราการไหล โดยให้แบบจำลองของการถดถอยที่เหมาะสมคือ $y = 28.16 + 0.04 \text{ temperature} + 0.11 \text{ feedrate} + 0.0016 (\text{temperature} \times \text{feed rate})$ และเมื่อศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่น และพอลิพรอฟิลีนไซ้แล้ว บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซีไซ้แล้วพบว่า ที่ภาวะอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 1.23 กรัมต่อนาที บนตัวเร่งปฏิกิริยาเอฟซีซีไซ้แล้ว 1% โดยน้ำหนัก จะให้ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนมากที่สุดคือ ร้อยละ 51.18

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินส่วนเพิ่มเติมสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2554 และผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปราโมทย์ ไซยเวช. (2537). *ปิโตรเลียมเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: สุนทรออฟเซท.
- [2] วีระชัย เปรมโยธิน. (2534). *เชื้อเพลิงและปิโตรเคมี*. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] วิชชากร จารุศิริ; และคนอื่นๆ. (2550). การเปลี่ยนน้ำมันพืช น้ำมันหล่อลื่นและพลาสติกไซ้แล้วให้เป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง. ใน *รายงานวิจัยกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช*. ม.ป.พ.
- [4] Moliner, R.; Lazaro, M.; & Suelves, I. (1997). Valorization of lube oil waste by pyrolysis. *Energy Fuels*. 11: 1165-1170.
- [5] Kim, S.S.; & Kim, S.H. (2000). Pyrolysis kinetics of waste automobile lubricating oil. *Fuel*. 79: 1943-1949.
- [6] Chaeles N. Satterfield. (1991). *Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice*. 2nd ed. USA: McGraw-Hill.
- [7] Farouq, A.A. Twaiq; et al. (2003). Catalytic Conversion of palm oil over mesoporous aluminosilicate MCM-41 for the production of liquid hydrocarbon fuels. *Fuel Processing Technology*. 1660: 1-16.
- [8] Kim, S.S.; Chun B.H.; & Kim S.H. (2003). Non-isothermal pyrolysis of waste automobile lubricating oil in a stirred batch reactor. *Chemical Engineering Journal*. 93: 225-231.

SWU6-1148: การระบุตำแหน่งฟอลต์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดินด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ

IDENTIFICATION OF FAULT LOCATIONS IN UNDERGROUND DISTRIBUTION SYSTEM USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK

วรภัทร์ ลิ้มเจริญ, ชัยชาญ โปธิสาร, อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

Worrakan Limcharoen, Chaichan Pothisarn, Atthapol Ngaopitakkul

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Program in Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

Corresponding author, E-mail: knatthap@live.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ นำเสนอการพัฒนาแนวความคิดใหม่เพื่อระบุตำแหน่งฟอลต์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดินโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตและโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ ค่าเวลาที่สัญญาณฟอลต์มาถึงปลายแต่ละด้านของระบบจำหน่ายไฟฟ้าถูกพิจารณาเป็นรูปแบบอินพุตสำหรับขั้นตอนฝึกสอน จากนั้นระยะทางที่ฟอลต์เกิดขึ้นสามารถพยากรณ์ได้ ผลสรุปพบว่า วิธีที่นำเสนอให้ผลเป็นที่น่าพอใจและจะมีประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาระบบป้องกัน

คำสำคัญ: ระบุตำแหน่งฟอลต์ การแปลงเวฟเล็ต สายส่งเคเบิลใต้ดิน

Abstract

This paper aims to present a development of a new decision algorithm used in the protective relays in order to detect fault location an underground distribution system using discrete wavelet transform (DWT) and back-propagation neural network (BPNN). The time that the fault signal uses to reach the ends of the distribution line is considered as input pattern for the training process so that the distance of fault can be predicted. The result is found that the proposed algorithm gives satisfactory and will be very useful in the development of a power system protection scheme.

Keywords: Fault location, Wavelet Transform, Underground Cable

บทนำ

การตรวจสอบการเกิดฟอลต์ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญ และมีความจำเป็นในระบบอุตสาหกรรม และการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในปัจจุบันอย่างมาก การตรวจจับฟอลต์ที่เกิดในสายส่งได้อย่างถูกต้องนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะเอื้ออำนวยต่อการซ่อมบำรุงสายที่ชำรุดให้กลับมาใช้งานได้ดังเดิม สายส่งไฟฟ้าใต้ดิน (Underground Cable) เป็นรูปแบบการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าที่เป็นที่มีการส่งเสริมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือสูง อีกทั้งยังไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติมากเท่าสายส่งเหนือศีรษะ (Overhead)

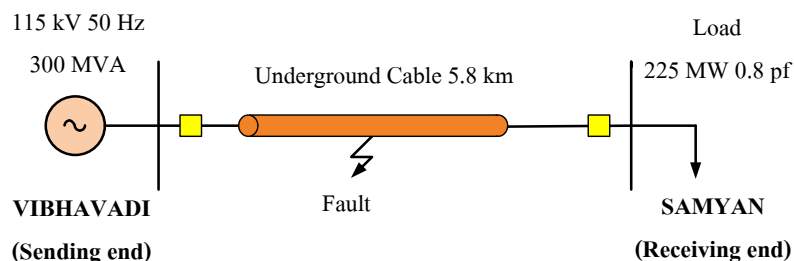
รูปแบบการระบุจุดเกิดฟอลต์ในสายส่งใต้ดินนั้นมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น รูปแบบการหาฟอลต์ในเคเบิลอายุการใช้งานสูง [1] การใช้คลื่นแม่เหล็ก [1-2] เป็นต้น อีกทั้งยังมีการตรวจหาฟอลต์บริเวณขั้วสายเป็นวิธีการที่แตกต่างออกไป

มักใช้เป็นวงจรบริดจ์ (Bridge Technique) เป็นหลักการที่นิยมมากในการระบุการเกิดฟอลต์ที่จุดปลายสาย โดยเป็นการเชื่อมต่อกันของตัวต้านทาน [1, 3] ยังมีหลักการอีกมากมายในการหาฟอลต์ที่ขั้วสาย เช่น เมอร์เรลูปพัลส์เรดาร์ (Murry Loop Pulse Radar) [1, 4] และคลื่นเดินทาง (Traveling Wave) [4] เป็นต้น โดยจะมีอุปกรณ์ตรวจจับจะทำการสะท้อนคลื่นกลับมาเพื่อระบุตำแหน่งการเกิดฟอลต์ ในลักษณะเดียวกันได้มีคิดค้นการใช้เครื่องกำเนิดคลื่นเพื่อตรวจหาฟอลต์เป็นแบบเวลาจริง (Real Time) ตามสายส่งที่จ่ายให้กับชุมชนแบบเฟสเดียว ซึ่งจากผลสรุปที่ได้พบว่า เป็นที่น่าพอใจ จึงได้มีการทดสอบระบบสายส่งใต้ดินโดยกระบวนการ Single-Section [1] แต่พบว่า การต่อลงดินแบบหลายตำแหน่งยังมีการทำงานที่ไม่สัมพันธ์กัน จึงมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ การแปลงเวฟเล็ด ร่วมกับทฤษฎีคลื่นเดินทางซึ่งมีความแม่นยำ อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีคลื่นเดินทางมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเร็วคลื่นเดินทางจะเปลี่ยนแปลงไปตามคุณสมบัติของฉนวน

ด้วยเหตุนี้เอง บทความฉบับนี้จึงได้มีแนวความคิดที่จะปรับปรุงหลักการที่มีอยู่เดิมให้แม่นยำมากขึ้น โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับร่วมกับการแปลงเวฟเล็ดแทนการใช้ทฤษฎีคลื่นเดินทาง ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงเวฟเล็ดแบบเต็มหน่วยเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบความถี่สูงของสัญญาณฟอลต์บนสายเคเบิล และนำค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่สูงในกระแสลำดับบวกของสเกลแรกที่ตรวจจับได้ มาฝึกสอนกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ตำแหน่งของฟอลต์ วิธีที่น่าเสนอนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการระบุตำแหน่งฟอลต์ได้

การจำลองระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดิน

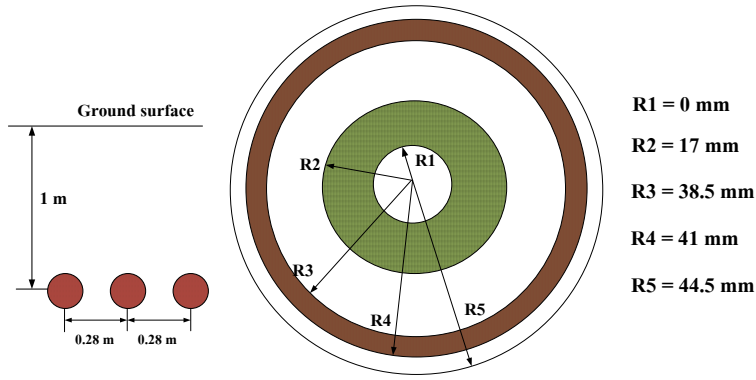
การจำลองสายส่งเคเบิลใต้ดินจะใช้โปรแกรม ATP/EMTP และสายส่งในกรณีศึกษาเป็นเคเบิลใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ณ ระดับแรงดันไฟฟ้า 115 kV ระยะทาง 5.8 km จากวิภาวดี (Sending end) ไปยัง สามย่าน (Receiving end) ดังแสดงในภาพที่ 1 และขนาดของสายเคเบิลในกรณีศึกษาจะแสดงในภาพที่ 2



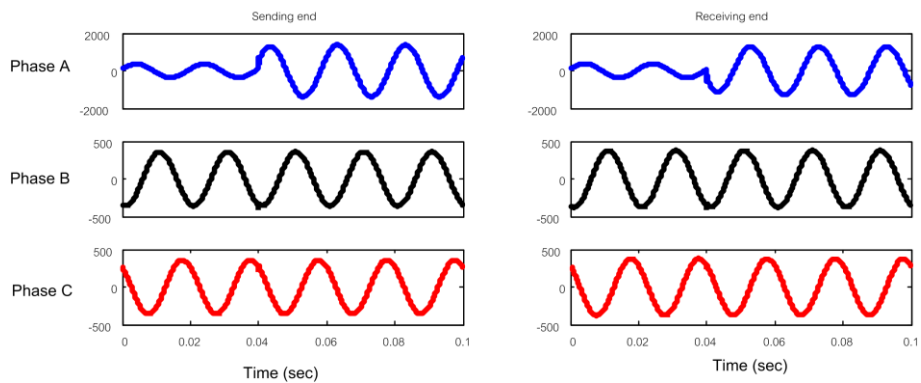
ภาพที่ 1 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดินที่ใช้ในการจำลอง [4]

ทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

- 1) ประเภทของฟอลต์ 10 ประเภท ได้แก่ เฟสเดียวลัดวงจรลงดิน, ลัดวงจรระหว่างเฟส, สองเฟสลัดวงจรลงดินและสามเฟสลัดวงจร
- 2) ตำแหน่งการเกิดฟอลต์ 5 ตำแหน่ง ละ 1 กิโลเมตรจากสถานีไฟฟ้าวิภาวดี
- 3) มุมที่เริ่มเกิดฟอลต์ 0° - 150° ปรับเปลี่ยนทุกๆ 30° เมื่อเทียบกับมุมเฟสของแรงดันที่เฟส A



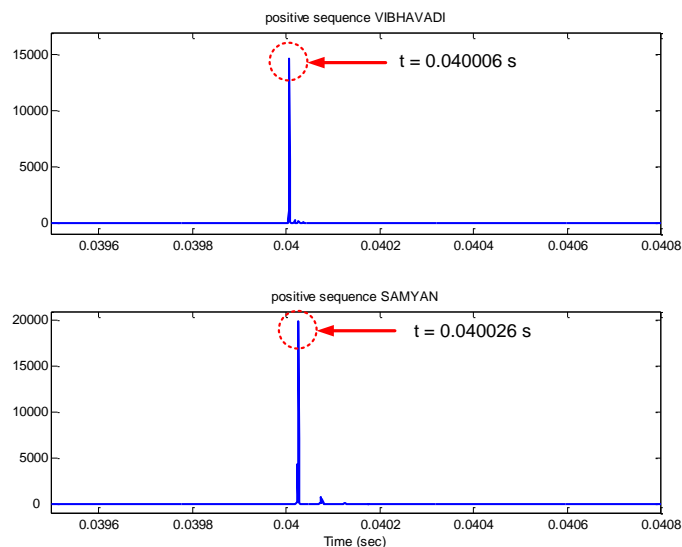
ภาพที่ 2 ขนาดของสายเคเบิลใต้ดินที่ใช้ในการจำลอง [4]



ภาพที่ 3 สัญญาณกระแสฟอลต์ที่ได้จากการจำลองกรณีฟอลต์เฟส A ลัดวงจรลงดิน

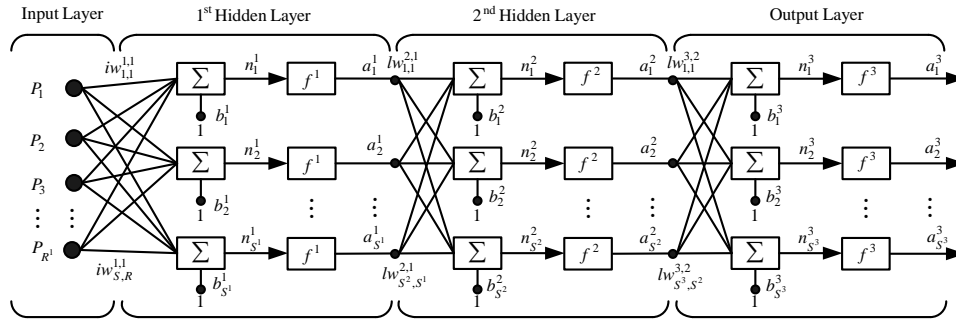
การระบุตำแหน่งฟอลต์

“เวลาที่สามารถตรวจจับฟอลต์ได้ในสเกลแรก ณ ปลายแต่ละด้านของสายส่งของสัญญาณกระแสลำดับบวกในช่วง ¼ ไซเคิลหลังเกิดฟอลต์” ถูกพิจารณาเป็นข้อมูลอินพุต ดังแสดงในรูปที่ 4 ส่วนข้อมูลเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 โดยจะมีค่าสัมพันธ์กับตำแหน่งฟอลต์ที่เกิดขึ้นในสายส่ง



ภาพที่ 4 เวลาที่สามารถตรวจจับฟอลต์ได้ในสเกลที่ 1 ของสัญญาณกระแสลำดับบวก ณ ปลายแต่ละด้านของสายส่ง

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นอินพุต, ชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต โดยมีการเชื่อมโยงในแต่ละชั้นด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบแอส (bias) เชื่อมต่ออยู่ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ [5]

การฝึกสอนโครงข่ายชนิดนี้ จะประกอบ 2 ส่วนดังนี้ [5]

1. ทิศทางการส่งข้อมูลเป็นลักษณะเคลื่อนไปข้างหน้าจากชั้นของอินพุต ผ่านชั้นซ่อน ไปสู่ชั้นเอาต์พุตเพื่อหาคำตอบของโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ 1 และ 2

$$a^2 = f^2(lw^{2,1} * f^1(iw^{1,1} * p + b^1) + b^2) \quad (1)$$

$$o / P_{ANN} = f^3(lw^{3,2} * a^2 + b^3) \quad (2)$$

โดยที่ $IW^{1,1}$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นข้อมูลอินพุตกับชั้นซ่อนที่ 1

$LW^{2,1}$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนที่ 1 กับชั้นซ่อนที่ 2

$LW^{3,2}$ คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนที่ 2 กับชั้นเอาต์พุต

b^1, b^2, b^3 คือค่าไบแอสในชั้นซ่อนที่ 1, 2 และเอาต์พุต ตามลำดับ

f^1, f^2 , คือ ฟังก์ชันกระตุ้นชนิด tan-sigmoid

f^3 คือ ฟังก์ชันกระตุ้นชนิดเชิงเส้น (linear)

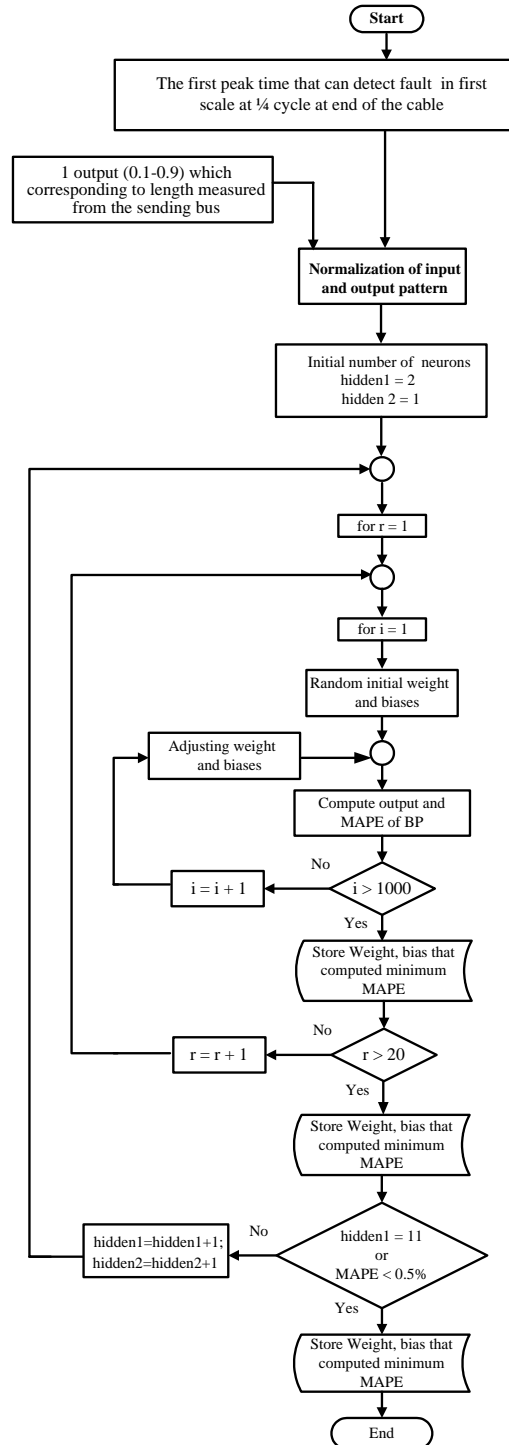
$P = [P_1, P_2, \dots, P_R]$ คือ เวกเตอร์อินพุตของโครงข่าย

2. นำค่าผลต่างระหว่างเอาต์พุตของโครงข่ายกับเอาต์พุต เป้าหมายที่ได้จากโครงข่ายจะถูกส่งถอยหลังกลับมาถึงชั้นถัดลงไปเพื่อปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักจะเปลี่ยนไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของค่าความผิดพลาดที่ได้รับ กระบวนการจะกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนแรกจนกระทั่งค่าผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดต่ำสุดที่กำหนดไว้

ขั้นตอนการฝึกสอนในบทความฉบับนี้ได้แสดงในภาพที่ 6 จากรูปเริ่มทำการฝึกสอนโดยสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส ให้กับโครงข่ายเริ่มต้นที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 ตั้งแต่ 2-1 หนึ่งรอบการฝึกสอนจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน : ป้อนค่าอินพุตที่ได้รับจากชั้นอินพุต คำนวณเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมตามสมการที่ 1 และสมการที่ 2 จากนั้น แพร่ค่าย้อนกลับของค่าผิดพลาดระหว่างเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมกับเอาต์พุตเป้าหมายและทำการปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสด้วย Levenberg - Maquardt algorithm (trainlm) [5] กระบวนการจะกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนแรกเป็นจำนวน 20,000 ครั้ง (iteration) เพื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของชุดข้อมูล

ทดสอบที่ดีที่สุด ดังสมการที่ 3 จากนั้นทำการเพิ่มจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 เพิ่มขึ้นทีละ 1 จนครบ 10 แล้วหยุดฝึกสอน หลังจากฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเสร็จสิ้น ผลสรุปได้แสดงดังตารางที่ 1

$$MAPE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left| \frac{o / PANNi - o / PTARGETi}{o / PTARGETi} \right| * 100\% \quad (3)$$



ภาพที่ 6 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ

โดยที่ o/p_{ANN} คือ เอาต์พุตที่เป็นคำตอบของโครงข่ายประสาทเทียม
 o/p_{TARGET} คือ เอาต์พุตที่เป็นคำตอบที่ต้องการ
 n คือ จำนวนชุดข้อมูลทดสอบ (150 ชุด)

ตารางที่ 1 ผลสรุปจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

จำนวนนิเวรอนในชั้น ตอนที่ 1-2	ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด	ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด	เวลาฝึกสอน (นาที)
	เฉลี่ยสมบูรณ์ของชุด ฝึกสอน	เฉลี่ยสมบูรณ์ของชุด ทดสอบ	
2-1	0.1079	0.1079	0.37
3-2	0.1206	0.1206	0.19
4-3	0.067	0.067	0.12
5-4	0.1241	0.1241	0.11
6-5	0.0211	0.0211	0.11
7-6	0.0211	0.0211	0.1
8-7	0.0571	0.0571	0.11
9-8	0.0211	0.0211	0.1
10-9	0.0163	0.0163	0.11
11-10	0.0254	0.0254	0.12

ตารางที่ 2 ค่าผิดพลาดเฉลี่ยจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ชนิดของฟอลต์	จำนวน	ตำแหน่งฟอลต์ (กิโลเมตร)	
	กรณีศึกษา	วิธีที่ได้แนะนำเสนอ	ทฤษฎีคลื่นเดินทาง [6]
Single line to ground fault	45	0.060	0.385
Double line to ground fault	45	0.060	0.385
Line to line fault	45	0.060	0.385
Three phase fault	15	0.060	0.385
Average		0.060	0.385

หลังจากฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสที่ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพสูงสุด (ดังแสดงในตารางที่ 1) ถูกทดสอบโดยให้เพียงเฉพาะค่าอินพุต, ไม่มีค่าเอาต์พุตเป้าหมายแล้วพิจารณาคำตอบที่ได้ว่าใกล้เคียงกับค่าเอาต์พุตเป้าหมายหรือไม่

นอกจากนี้ เพื่อแสดงให้เห็นว่า วิธีที่ได้เสนอมีประสิทธิภาพ จึงทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ได้แนะนำเสนอกับวิธีวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีคลื่นเดินทางสำหรับระบุตำแหน่งฟอลต์ [3] ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 2

บทสรุป

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมของวิธีที่ได้นำเสนอ นั้น จะทำการจำลองระบบด้วยโปรแกรม ATP/EMTP และรูปคลื่นสัญญาณกระแสฟอลต์มาทำการวิเคราะห์เพื่อระบุตำแหน่งเกิดฟอลต์ ที่เกิด โดยนำรูปคลื่นกระแสฟอลต์ในแต่ละเฟส ที่ได้จากการจำลองมาทำการแยกองค์ประกอบลำดับบวก ลำดับลบ และลำดับศูนย์ จากนั้นทำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete wavelet transform) แล้วเวลาที่สามารถตรวจจับฟอลต์ได้นำมาใช้เป็นข้อมูลอินพุทให้กับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อระบุตำแหน่งฟอลต์ จากการทดสอบการระบุตำแหน่งฟอลต์ด้วยวิธีการที่นำเสนอมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า 60 เมตรดังจะแสดงในตารางที่ 2

เอกสารอ้างอิง

- [1] El Sayed Tag El Din; et al. (2005). A wavelet base fault location technique for aged power cables. *IEEE Power Engineering Society*. 3: 2485-2491.
- [2] Bascom, E.C.; & Von Dollen, D.W. (1994). Computerized underground cable fault location expertise. In *IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*. pp. 376-382. n.p.
- [3] Wiggins, C.M.; et al. (1994). A novel concept for underground cable fault location. *IEEE Transaction. Power Delivery*. 591-597.
- [4] Ngaopitakkul, A.; et al. (2010). Identification of Fault Locations in Underground Distribution System using Discrete Wavelet Transform. In *International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists*. pp. 1188-1192. n.p.
- [5] Demuth, H.; & Beale, M. (2001). *Neural Network Toolbox User's Guide*. n.p.: The Math Work.

SWU6-1149: การแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในกับฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย

DISCRIMINATION BETWEEN INTERNAL FAULT AND EXTERNAL FAULT IN POWER TRANSFORMER USING COMPARE COEFFICIENT OF DISCRETE WAVELET TRANSFORM

จิตติพงษ์ กล่อมจิตต์, อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล, ชัยยันต์ เจตนาเสน, ชายชาญ โพธิสาร

Jittipong Klomjit, Atthapol Ngaopitakkul, Chaiyan Jettanasen, Chaichan Pothisarn

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Program in Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

Corresponding author, E-mail: knatthap@live.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้นำเสนอรูปแบบใหม่สำหรับระบบป้องกันหม้อแปลงโดยใช้วิธีการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย อัตราส่วนระหว่างเพอร์ยูนิตกระแสผลต่าง (per unit differential current) และเพอร์ยูนิตเวลา (per unit time) เพื่อเป็นตัวแปรเปรียบเทียบในการแยกแยะฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจจับฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

คำสำคัญ: ทรานเซียนต์ การแปลงเวฟเลต หม้อแปลงไฟฟ้า

Abstract

This paper presents a new transformer protection scheme with an application of the discrete wavelet transform (DWT). A ratio between per unit differential current and per unit time is calculated and performed as comparison indicator in order to discriminate between internal fault condition and external fault condition. The results show that the proposed technique is able to detect the internal fault accurately and fast responses.

Keywords: Transient, Wavelet Transform, Transformer

บทนำ

หม้อแปลงกำลัง (Power transformer) ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าถือเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ซึ่งมีความจำเป็นต้องจัดระบบป้องกันที่แม่นยำและรวดเร็ว อีกทั้งถ้าจัดระบบป้องกันที่ดีสามารถแยกแยะว่าฟอลต์ที่เกิดขึ้นเป็นฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายในหรือภายนอก (Inrush Current, Over Excitation Fault) จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดี อีกทั้งอายุการใช้งานของหม้อแปลงยาวนานขึ้น รูปแบบเดิมในการวิเคราะห์สัญญาณของรีเลย์แบบผลต่าง (differential relay) คือ การหาขนาดกระแสผลต่างทางปฐมภูมิ (primary) และทุติยภูมิ (secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยกำหนดให้โวลท์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลงทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิมีค่าคงที่ อัตราส่วนกระแสทั้งสองด้านจะมีค่าขึ้นกับอัตราส่วนแรงดันทั้งสองด้าน เมื่อทอนกระแสทั้งสองด้านด้วย หม้อแปลงกระแส (CT) เข้ารีเลย์ โดยทิศทางของกระแสตรงกันข้ามกันในสภาวะจ่ายโหลดปกติ ผลต่างของกระแสทั้งสองมีค่าน้อยมาก เมื่อใดก็ตามที่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ผลต่างกระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้น ถ้าผลต่างดังกล่าวมีค่ามากกว่าที่รีเลย์กำหนด (relay set) วั รีเลย์จะทำงานทันที จากหลักการนี้นำมาใช้ในการตรวจจับฟอลต์และแยกแยะ

ระหว่างฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Fault) หรือฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายนอก (External or Non-Internal Fault) ของตัวหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง โดยที่รีเลย์จะสั่งทริปในทุกๆ กรณีของฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Fault) และจะต้องไม่ทำงาน (Block) ในกรณีที่ไม่ใช่ฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายใน อย่างไรก็ตาม รีเลย์ที่ใช้หลักการดังกล่าวยังมีข้อผิดพลาดในการส่งปลดวงจร เนื่องจากว่ามีสาเหตุบางประการที่จะทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาด จึงได้มีการวิจัยหลากหลายวิธีเกี่ยวกับการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า [1]

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการเสนอการแปลงเวฟเล็ทให้เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์ทรานเซียนต์ (transients) ในระบบไฟฟ้ากำลัง จึงได้มีการวิจัยงานด้าน ได้ทำการวิจัยโดยการแปลงเวฟเล็ทมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทรานเซียนต์ที่เกี่ยวข้องกับหม้อแปลงไฟฟ้า [2-4] และโดยส่วนใหญ่งานวิจัยจะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์กระแสอินรัช [3] ในขณะที่การป้องกันฟอลต์ภายในหม้อแปลงเป็นการป้องกันที่มีส่วนสำคัญไม่น้อยกว่ากัน เนื่องจากเมื่อฟอลต์เกิดขึ้นจะส่งผลทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าเสียหายได้ ในงานวิจัยที่ผ่านมา [3] ได้มีการนำค่าผลรวมอัตราการผลิตเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์กระแสเทียบกับช่วงเวลาในทุกเฟส มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้จากการทดสอบกับแบบจำลองหม้อแปลงเบื้องต้นจนได้ผลที่น่าพอใจ แต่อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกระแสอินรัชและกระแสฟอลต์ที่เกิดขึ้นในโซนป้องกันด้วยเหตุนี้ บทความฉบับนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างฟอลต์ภายในกับฟอลต์ภายนอกโซนป้องกันโดยประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ทแบบเต็มหน่วย

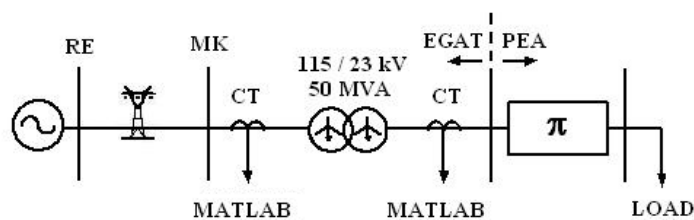
การจำลองสัญญาณฟอลต์

ฟอลต์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าในทางปฏิบัติแล้วเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับฟอลต์ที่เกิดขึ้นบนสายส่ง แต่เพื่อทดสอบวิธีการที่นำเสนอจึงทำการจำลองสัญญาณฟอลต์ด้วยโปรแกรม ATP/EMTP สำหรับจำลองสภาวะต่างๆ ของหม้อแปลง แบบจำลองหม้อแปลง BCTRAN ใช้สำหรับการจำลองฟอลต์ชนิดลวดภายใน

ขั้นตอนที่ 1 ใช้ผลการทดสอบของหม้อแปลงมาเป็นข้อมูลอินพุท ส่วนเอาต์พุทได้จากโปรแกรม BCTRAN อยู่ในรูปของเมตริกซ์ค่าความต้านทาน $[R]$ และค่าความเหนี่ยวนำในรูปของ self-inductance และ mutual-inductance $[L]$ ขนาด 6×6 สำหรับหม้อแปลงชนิด 2 ขดลวด ซึ่งไม่พิจารณาฟอลต์ภายในขดลวด (อยู่ในสภาวะทำงานปกติ)

ขั้นตอนที่ 2 เปลี่ยนแปลงเมตริกซ์ข้างต้น $[R]$ และ $[L]$ ตามชนิดฟอลต์ชนิดลวดภายใน โดยใช้ความสัมพันธ์ของหลักการความสอดคล้อง (Consistency), การรั่วไหล (Leakage) และสัดส่วน (Proportionality) มาช่วย และได้เมตริกซ์ฟอลต์ชนิดลวดภายในขึ้นมาใหม่ นอกจากนี้ เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางด้านความถี่สูงของหม้อแปลงในสภาวะเกิดฟอลต์ภายในขดลวดหม้อแปลงในงานวิจัยนี้ได้นำตัวเก็บประจุที่เกิดขึ้นในขดลวดมาต่อเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองหม้อแปลง BCTRAN

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการจำลองฟอลต์ชนิดลวดภายใน โดยใช้เมตริกซ์ที่ได้มาใหม่ของฟอลต์ชนิดลวดภายในซึ่งเปลี่ยนแปลงแล้วด้วยโปรแกรม EMTP ในการจำลองฟอลต์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงและสายส่งนั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ฟอลต์ได้ครอบคลุมในหลายรูปแบบมากที่สุด จึงทำการสร้างระบบจำลองขึ้นดังแสดงในภาพที่ 1 โดยใช้หม้อแปลงขนาด 50 MVA ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 115/23 kV มาทดสอบ [5] และทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเช่น มุมขณะเกิดฟอลต์ (อ้างอิงกับแรงดันเฟส A), ตำแหน่งที่ลัดวงจรและเฟสที่ฟอลต์เกิดขึ้นทางฝั่งปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลง รวมถึงศึกษาสำหรับหม้อแปลงและสายส่งทั้งสิ้น 3240 และ 360 กรณีศึกษา ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ระบบจำลองการเกิดฟอลต์

การแบ่งแยะระหว่างฟอลต์ภายในกับภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

นำสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่จำลองได้มาหาผลต่างของกระแสระหว่างทั้งสองฝั่ง จากนั้นนำมาผ่านการแปลงเวฟเลิตแบบเต็มหน่วย เวฟเลิตแม่ซิด daubechies 4 (db4) ถูกนำมาใช้เพื่อแยกองค์ประกอบที่ต่ำที่ตั้งแสดงในภาพที่ 2 ในขั้นตอนนี้จะใช้อัตราส่วนระหว่างเพอร์ยูนิตกระแสผลต่าง (per unit differential current) และเพอร์ยูนิตเวลา (per unit time) เพื่อเป็นตัวแปรเปรียบเทียบในการแยกแยะฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า โดยอัตราส่วนสามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 1

$$X_{chk}^{diff} = \frac{(X_{max}^{diff} - X_{min}^{diff}) / I_{rated}}{(t_{max}^{diff-x} - t_{min}^{diff-x}) / T} \quad (1)$$

โดยที่

X คือ เฟส A, เฟส B, เฟส C และกระแสผลต่างลำดับศูนย์ ตามลำดับ

X_{max}^{diff} = ค่าสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างสูงสุดในช่วง ¼ ไซเคิล

X_{min}^{diff} = ค่าสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างต่ำสุดในช่วง ¼ ไซเคิล

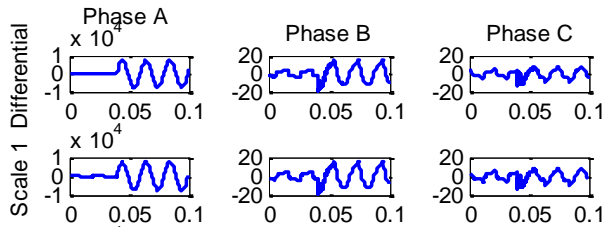
t_{max}^{diff-x} = เวลา ณ ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดเกิดขึ้นในช่วง ¼ ไซเคิล

t_{min}^{diff-x} = เวลา ณ ค่าสัมประสิทธิ์ต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วง ¼ ไซเคิล

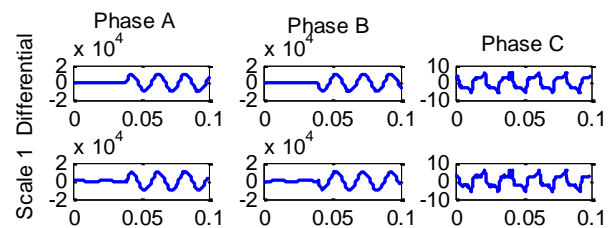
X_{chk}^{diff} = ตัวแปรเปรียบเทียบสำหรับแยกฟอลต์ภายในและภายนอก

I_{rated} = พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้า

T = ค่าคาบเวลาการวิเคราะห์ (ในที่นี้มีค่าเท่ากับ ¼ ไซเคิล)

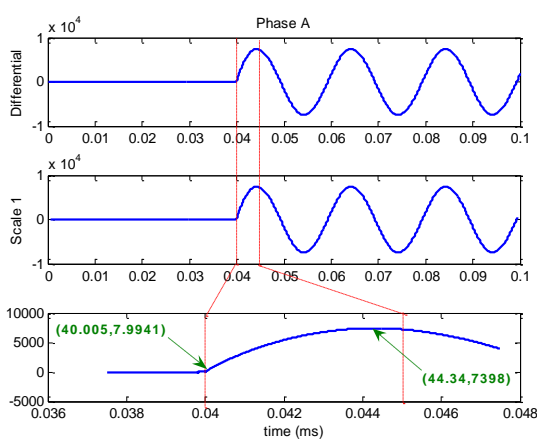


(ก) กรณีฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้า

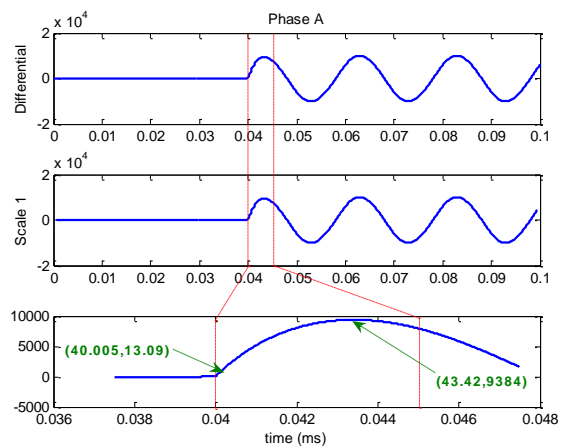


(ข) กรณีฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

ภาพที่ 2 การแปลงเวฟเลิตของกระแสผลต่าง



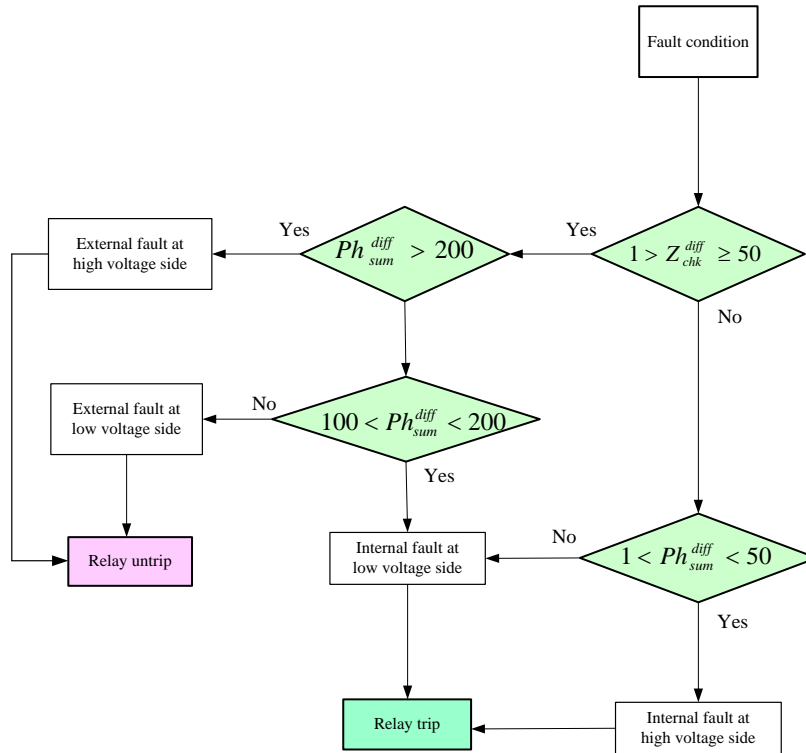
(ก) กรณีฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้า



(ข) กรณีฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

ภาพที่ 3 สัญญาณกระแสผลต่างเฟส A ในช่วงข้อมูล ¼ ไซเคิล จากการแปลงเวฟเลิต

จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่า ต้องหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ดในช่วง $\frac{1}{4}$ ไซเคิลของสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximation) รวมทั้งบันทึกค่าตำแหน่งเวลา ณ ตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดดังแสดงในภาพที่ 3 จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกไว้แทนลงในสมการที่ 1 เพื่อหาค่าอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างเทียบกับช่วงเวลาในแต่ละเฟส พร้อมทั้งปรับปรุงอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวให้สอดคล้องกับพิกัดของหม้อแปลงแต่ละขนาด ในขั้นตอนการแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในกับฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้างแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภาพจำแนกความผิดปกติระหว่างภายในและภายนอกของหม้อแปลง

ตารางที่ 1 ผลสรุปการแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกทางด้านแรงดันสูง

ค่าสัมประสิทธิ์	ฟอลต์ภายใน			ฟอลต์ภายนอก		
	A	B	C	A	B	C
X_{max}^{diff}	7398	-3.4181	2.9981	9384	-14.7625	5.9716
X_{min}^{diff}	7.9941	-19.3668	-13.0789	13.0905	-9383	-2.6341
i_{max}^{diff-x}	44.34	40.32	40.32	43.42	40.005	41.58
i_{min}^{diff-x}	40.005	40.15	40.15	40.005	43.41	44.97
X_{chk}^{diff}	135.8415	7.4754	7.5355	218.6485	219.2308	0.2023
ผลรวมของอัตราส่วน		150.8524			438.0816	
ผลสรุป		Tripped			UnTripped	

ตารางที่ 2 ผลสรุปการแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกทางด้านแรงดันต่ำ

ค่าสัมประสิทธิ์	ฟอลต์ภายใน			ฟอลต์ภายนอก		
	A	B	C	A	B	C
X_{max}^{diff}	517.2047	-2.9337	3.1736	2552	-4.0516	5.6688
X_{min}^{diff}	1.3385	-11.7363	-5.7248	2.3804	-2548	-2.4921
I_{max}^{diff-x}	44.52	40.005	40.005	45.005	40.005	41.75
I_{min}^{diff-x}	40.005	40.24	43.67	40.005	45.005	44.98
X_{chk}^{diff}	9.1041	2.9847	0.1935	40.6345	40.5423	0.2013
ผลรวมของอัตราส่วน		12.2822			81.3782	
ผลสรุป		Tripped			UnTripped	

ตารางที่ 3 ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสำหรับการแยกระหว่างฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอก

ประเภทฟอลต์	ฟอลต์ชนิดลัดลัดวงจร		ฟอลต์ระหว่างขดลวด		ฟอลต์ภายนอก
	ลงดิน				
	ด้านแรงดันสูง	ด้านแรงดันต่ำ	ด้านแรงดันสูง	ด้านแรงดันต่ำ	
จำนวนกรณีศึกษา	324	324	1296	1296	360
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง	100%	94.44%	100%	83.33%	99.44%

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนในการวิเคราะห์จึงได้ยกตัวอย่างการแยกแยะฟอลต์ภายในและภายนอกโซนป้องกันของหม้อแปลงไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จากตารางทั้งสองจะเห็นได้ว่า ค่าผลรวมอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างเป็นไปตามสมมติฐานการจำลองทั้งกรณีเกิดฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกโซนป้องกันของหม้อแปลงนอกจากนี้ เพื่อแสดงให้เห็นว่า วิธีที่ได้นำเสนอมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของฟอลต์ ตำแหน่งที่เกิดการลัดวงจร รวมไปถึงมุมเริ่มเกิดฟอลต์ในแต่ละชนิดฟอลต์ของหม้อแปลงทดสอบทั้งสองด้านตามลำดับ โดยผลสรุปทั้งหมดที่ได้รับจะแสดงในตารางที่ 1-3

บทสรุป

เมื่อพิจารณาจากภาพรวมของวิธีที่ได้นำเสนอนั้น จะนำรูปคลื่นกระแสผลต่างในแต่ละเฟสทำการแปลงเวฟเล็ทแบบเต็มหน่วย จากนั้นทำการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์การเกิดฟอลต์เพื่อเป็นตัวสั่งให้รีเลย์ทำงานตัดวงจรโดยจะใช้อัตราส่วนระหว่างเพอร์ยูนิตกระแสผลต่าง (per unit differential current) และเพอร์ยูนิตเวลา (per unit time) เพื่อเป็นตัวแปรเปรียบเทียบในการแยกแยะฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า จากการทดสอบด้วยวิธีการที่นำเสนอมีความถูกต้องเฉลี่ยมากกว่า 80% ดังจะแสดงในตารางที่ 3 จึงกล่าวได้ว่า งานวิจัยนี้เป็นการช่วยอำนวยความสะดวกให้กับหน่วยงานที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงรักษาหม้อแปลงทำงานได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Baoming, G.; et al. (2005). An Equivalent Instantaneous Inductance-based Technique for Discrimination Between Inrush Current and Internal Faults in Power Transformers. *IEEE Trans. on Power Delivery*. 20: 2473-2482.
- [2] Gaouda, A.M.; & Salama, M.M.A. (2010). DSP Wavelet-Based Tool for Monitoring Transformer Inrush Currents and Internal Faults. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 25: 1258-1267.
- [3] Kunakorn, A. (2004). Applications of discrete wavelet transform for transformer inrush current detection in protective control scheme. *IEEE International Symposium on Communications and Information Technology*. 2: 871-874.
- [4] Yang Long; & Li Donghui. (2009). Research on Differential Protection of Power Transformer Based Wavelet Transform. In *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*. pp. 95-97. n.p.
- [5] ABB Thailand. (n.d.). *Test report no. 56039*.

SWU6-1150: การประยุกต์การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยสำหรับระบุเฟสที่เกิดฟอลต์ในระบบ จำหน่ายไฟฟ้าใต้ดิน

AN APPLICATION OF DISCRETE WAVELET TRANSFORM FOR IDENTIFYING THE PHASE WITH FAULT APPEARANCE IN UNDERGROUND DISTRIBUTION SYTEM

เชาว์วัฒน์ อภิสัทธี, กษิภัก คุณาดำรงรัฐ, ชายชาญ โพธิสาร, อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล

Chaowat Apisit, Kasipat Kunadamrongrat, Chaichan Pothisarn, Atthapol Ngaopitakkul

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Program in Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Thailand.

Corresponding author, E-mail: knatthap@live.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้เสนอการศึกษาวิธีการจำแนกประเภทของฟอลต์ที่เกิดขึ้นในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดิน โดยการจำลองด้วยโปรแกรม ATP/EMTP และนำทฤษฎีการแปลงเวฟเลตเข้ามาใช้เพื่อใช้ในการแยกองค์ประกอบในแต่ละช่วงความถี่ ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะออกมาในรูปแบบคลื่นเวฟเลต จากนั้นตรวจหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เวลาเกิดฟอลต์ของรูปคลื่นเวฟเลตเพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขในการจำแนกประเภทฟอลต์ ซึ่งพบว่าผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: ฟอลต์ การแปลงเวฟเลต สายส่งเคเบิลใต้ดิน

Abstract

This paper proposes a identification of fault type technique in underground cable distribution system. By using Wavelet transform the fault current signals from the ATP/EMTP simulation have been extracted. To construct a decision algorithm the coefficients from the wavelet transform are used and various cases have been considered so that the algorithm can be implemented. These can found the proposed method can indicate the fault types with the satisfactory accuracy.

Keywords: Fault, Wavelet Transform, Underground Cable

บทนำ

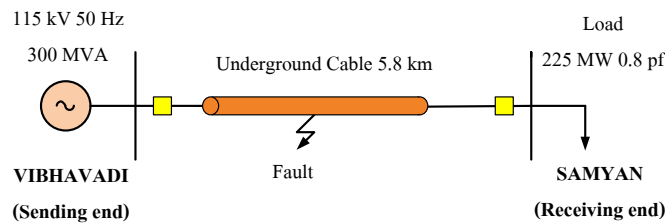
ในอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการใช้สายส่งไฟฟ้าใต้ดิน (Underground Power Cable) อย่างแพร่หลาย และได้มีการพัฒนารูปแบบของสายส่งไฟฟ้าใต้ดินเรื่อยมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสายส่ง อย่างไรก็ตาม ระบบส่งกำลังไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้นจะพบปัญหาเดียวกันคือ การเกิดลัดวงจร (Short circuit) และการเปิดวงจร (Open circuit) หรือที่เรียกว่า ฟอลต์ (Fault) ในระบบสายส่งซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ต้องมีการแก้ไขอย่างจริงจัง สิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากอาจก่อให้เกิดปัญหาไฟฟ้าดับยังบริเวณปลายทางได้ หรืออาจเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาไฟฟ้าดับในบริเวณกว้าง หรือ Blackout ได้ จึงควรมีการตระหนักให้เห็นถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้น เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นภายในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า โดยวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันคือ ต้องมีระบบการป้องกันที่ดี ระบบที่สามารถระบุชนิดของฟอลต์ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำที่สุด เนื่องจากชนิดของฟอลต์ที่แตกต่างกันจะมีความรุนแรงของกระแสฟอลต์ที่

แตกต่างกันออกไปตามรูปแบบฟอลต์ที่เกิดขึ้น หากสามารถระบุการเกิดฟอลต์ได้อย่างแม่นยำ และถูกต้องแล้วจะช่วยให้สามารถทำการซ่อมบำรุงรักษาสายส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

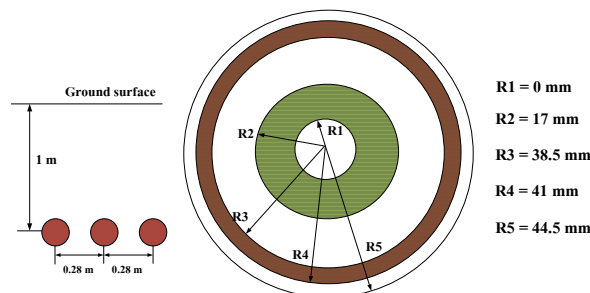
ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาวิธีการระบุชนิดของฟอลต์ ที่มากมายหลายรูปแบบด้วยกัน [1-4] เช่น ปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์แบบ ทรานเซียนต์ เป็นต้น ถึงแม้ว่า จะมีงานวิจัยเกี่ยวกับการระบุชนิดของฟอลต์ออกมามากมาย แต่งานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่ระบบส่งกำลังไฟฟ้า ในขณะที่งานวิจัยทางด้านระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดินจะกล่าวถึงการระบุตำแหน่งของฟอลต์เป็นส่วนใหญ่เช่นกัน [5-6] ด้วยเหตุนี้เอง บทความนี้ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์เพื่อระบุชนิดฟอลต์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ตเข้ามาช่วยในการระบุเฟสที่ฟอลต์เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งวิธีการนี้จะนำทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ตเข้ามาใช้เพื่อใช้ในการแยกองค์ประกอบในแต่ละช่วงความถี่ จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด ณ เวลาที่เกิดฟอลต์ของคลื่นเวฟเล็ตจากการแปลงเวฟเล็ตของกระแสแต่ละเฟส และองค์ประกอบลำดับศูนย์มาใช้ เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขในการระบุเฟสที่ฟอลต์เกิดขึ้น

การจำลองระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดิน

การจำลองสายส่งเคเบิลใต้ดินจะใช้โปรแกรม ATP/EMTP และสายส่งในกรณีศึกษาเป็นเคเบิลใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ณ ระดับแรงดันไฟฟ้า 115 kV ระยะทาง 5.8 km จากวิภาวดี (Sending end) ไปยัง สามย่าน (Receiving end) ดังแสดงในภาพที่ 1 และขนาดของสายเคเบิลในกรณีศึกษาจะแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดินที่ใช้ในการจำลอง [4]

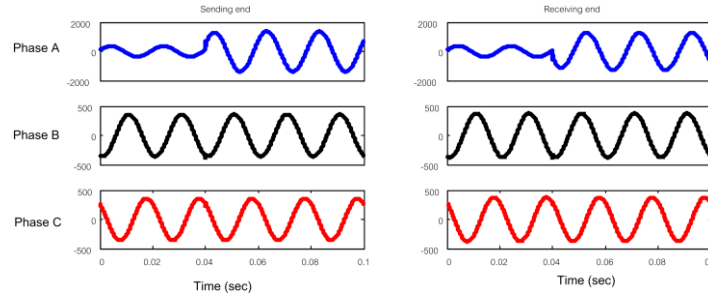


ภาพที่ 2 ขนาดของสายเคเบิลใต้ดินที่ใช้ในการจำลอง [4]

ทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

- 1) ประเภทของฟอลต์ 10 ประเภท ได้แก่ เฟสเดียวลัดวงจรลงดิน, ลัดวงจรระหว่างเฟส, สองเฟสลัดวงจรลงดินและสามเฟสลัดวงจร
- 2) ตำแหน่งการเกิดฟอลต์ 5 ตำแหน่ง ๑ ละ 1 กิโลเมตรจากสถานีไฟฟ้าวิภาวดี
- 3) มุมที่เริ่มเกิดฟอลต์ $0^\circ - 150^\circ$ ปรับเปลี่ยนทุกๆ 30° เมื่อเทียบกับมุมเฟสของแรงดันที่เฟส A

หลังจากทำการจำลองระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดินด้วยโปรแกรม ATP/EMTP จะได้สัญญาณรูปคลื่นกระแสดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า เมื่อเกิดฟอลต์ในระบบจะเป็นผลให้กระแสที่ไหลในระบบมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะนำรูปคลื่นกระแสแต่ละเฟสที่ได้มาเข้ากระบวนการแปลงเวฟเล็ด



ภาพที่ 3 สัญญาณกระแสฟอลต์ที่ได้จากการจำลองกรณีฟอลต์เฟส A ลัดวงจรลงดิน (AG)

การระบุเฟสที่เกิดฟอลต์

รูปแบบการระบุเฟสที่เกิดฟอลต์ในบทความนี้จะใช้กระแสในแต่ละเฟสรวมทั้งกระแสลำดับศูนย์ ต่อมาทำการแปลงเวฟเล็ดแบบเต็มหน่วย โดยการใช้เวฟเล็ดเมซซิง Daubechies 4 (db4) เพื่อแยกองค์ประกอบความถี่สูงและทำการยกกำลังสองของสัมประสิทธิ์ในทุกสเกลในสเกลที่ 1-5 ออกมาเพื่อจ่ายต่อการตรวจหาค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดของรูปคลื่นเวฟเล็ดที่ค่าเวลาเกิดฟอลต์ แล้วพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของแต่ละสเกล เทคนิคที่นำเสนอในบทความนี้จะใช้หลักการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ดของเฟส A, B, C และค่าองค์ประกอบลำดับศูนย์ในช่วงหลังเกิดฟอลต์เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการระบุเฟสที่เกิดขึ้น ดังแสดงในสมการที่ 1 ถึงสมการที่ 3

$$I_{AZ,max(post)}^L = \frac{I_{A,max(post)}^L}{I_{zero,max(post)}^L} \quad (1)$$

$$I_{BZ,max(post)}^L = \frac{I_{B,max(post)}^L}{I_{zero,max(post)}^L} \quad (2)$$

$$I_{CZ,max(post)}^L = \frac{I_{C,max(post)}^L}{I_{zero,max(post)}^L} \quad (3)$$

เมื่อ L = สเกลของการแปลงเวฟเล็ด (สเกล 1)

$I_{A,max(post)}^L$ = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดของเฟส A ณ เวลาเกิดฟอลต์

$I_{B,max(post)}^L$ = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดของเฟส B ณ เวลาเกิดฟอลต์

$I_{C,max(post)}^L$ = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดของเฟส C ณ เวลาเกิดฟอลต์

$I_{zero,max(post)}^L$ = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบลำดับศูนย์ ณ เวลาเกิดฟอลต์

$I_{AZ,max(post)}^L$ = อัตราส่วนระหว่าง $I_{A,max(post)}^L$ กับ $I_{zero,max(post)}^L$

$I_{BZ,max(post)}^L$ = อัตราส่วนระหว่าง $I_{B,max(post)}^L$ กับ $I_{zero,max(post)}^L$

$I_{CZ,max(post)}^L$ = อัตราส่วนระหว่าง $I_{C,max(post)}^L$ กับ $I_{zero,max(post)}^L$

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนจึงขอยกตัวอย่างกรณีฟอลต์เฟส A ลัดวงจรลงดินดังแสดงในภาพที่ 4 จากภาพที่ 4 นำค่าอัตราส่วนกระแสในแต่ละเฟส $I_{AZ,max}^L$, $I_{BZ,max}^L$ และ $I_{CZ,max}^L$ มาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขในการพิจารณาฟอลต์ที่เกิดขึ้นดังนี้

```

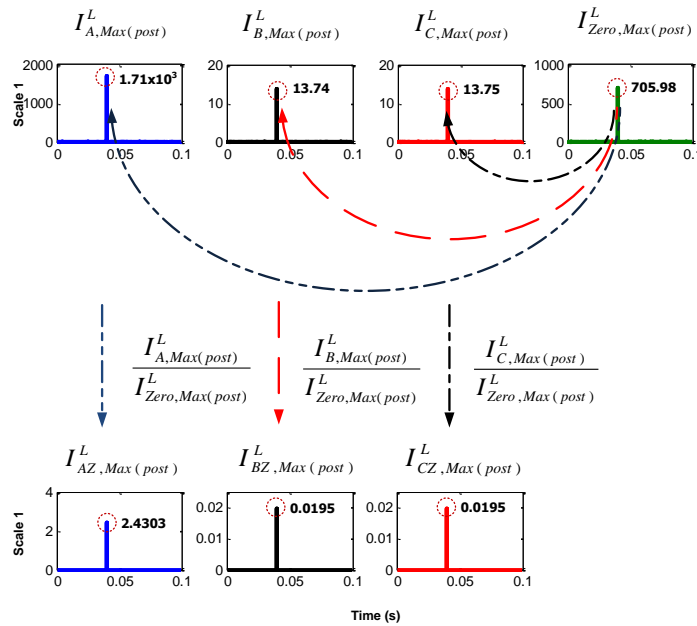
if      [  $(I_{X,max}^L > 1)$  and  $(I_{X,max}^L > 5 \times Ph_{min}^L)$  ] or  $(I_{X,max}^L > 50)$  or  $(I_{X,max}^L > 0.4 \times Ph_{max}^L)$ 
then
    Phase X fault
else
    Phase X unfault
end
    
```

โดยที่

$I_{X,max}^L$ = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด ณ เวลาเกิดฟอลต์ ที่เวฟเล็ทเฟสต่าง ๆ ($I_x^L = I_{AZ}^L, I_{BZ}^L$ and I_{CZ}^L ตามลำดับ)

Ph_{max}^L = ค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบ $I_{AZ,max}^L$, $I_{BZ,max}^L$ และ $I_{CZ,max}^L$

Ph_{min}^L = ค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบ $I_{AZ,max}^L$, $I_{BZ,max}^L$ และ $I_{CZ,max}^L$



ภาพที่ 4 ผลการหารค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละเฟสด้วยสัมประสิทธิ์องค์ประกอบลำดับศูนย์ ด้านส่ง (Sending end)

ระบุการเกิดฟอลต์ลงดินโดยนำสัมประสิทธิ์ในองค์ประกอบลำดับศูนย์มาใช้ในการสร้างเงื่อนไขดังนี้

$$\text{If } (I_{\text{zero, max(post)}}^L \geq 5 \times I_{\text{zero, max(pre)}}^L)$$

then

Ground fault

else

Unground fault

end

โดยที่

$$I_{\text{zero, max(pre)}}^L = \text{ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบลำดับศูนย์ ณ เวลาก่อนเกิดฟอลต์}$$

จากผลการจำลองแสดงดังตารางที่ 1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส A ลัดวงจรลงดินทางด้านส่ง (Sending end) และสัมประสิทธิ์ที่ตรวจจับได้ด้านรับ (Receiving end) จากการจำลองและระบุประเภทฟอลต์ทั้งหมดด้านละ 650 กรณี แสดงดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 ซึ่งเป็นการตรวจจับทางด้านส่ง และด้านรับ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถตรวจจับได้ในแต่ละบัส

Bus	Phase A		Phase B		Phase C		Zero sequence		Ph_{\max}^L	Ph_{\min}^L	Result
	Max (post)	$I_{AZ, \max(\text{post})}^L$	Max (post)	$I_{BZ, \max(\text{post})}^L$	Max (post)	$I_{CZ, \max(\text{post})}^L$	Max (pre)	Max (post)			
Sending	1.71×10^3	2.4303	13.74	0.0195	13.75	0.0195	3.39×10^{-5}	705.98	2.4303	0.0195	AG
Receiving	8.16	2.5339	0.0534	0.0166	0.0536	0.0166	2.57×10^{-5}	3.2214	2.5339	0.0166	AG

ตารางที่ 2 ผลการระบุชนิดฟอลต์ที่เกิดในระยะทางต่างๆ ด้านส่ง (Sending end)

ตำแหน่งเกิดฟอลต์ (จากด้านส่ง)	จำนวน กรณีศึกษา	ชนิดฟอลต์			
		SLG	DLG	LL	3-P
1	130	100%	100%	100%	100%
2	130	100%	82%	100%	100%
3	130	82%	82%	100%	100%
4	130	82%	85%	100%	100%
5	130	82%	100%	100%	100%
ค่าเฉลี่ย		89%	90%	100%	100%

ตารางที่ 3 ผลการระบุชนิดฟอลต์ที่เกิดในระยะทางต่างๆ ด้านรับ (Receiving end)

ตำแหน่งเกิดฟอลต์ (จากด้านรับ)	จำนวน กรณีศึกษา	ชนิดฟอลต์			
		SLG	DLG	LL	3-P
1	130	82%	100%	100%	100%
2	130	82%	85%	100%	100%
3	130	82%	82%	100%	100%
4	130	100%	85%	100%	100%
5	130	100%	100%	100%	100%
ค่าเฉลี่ย		89%	90%	100%	100%

บทสรุป

การวิธีการประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (DWT) เพื่อใช้ในการระบุชนิดของฟอลต์ที่เกิด โดยใช้เวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 4 (db 4) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด ณ เวลาที่เกิดฟอลต์ของคลื่นเวฟเล็ตจากการแปลงเวฟเล็ตของกระแสแต่ละเฟส และองค์ประกอบลำดับศูนย์มาใช้ เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขในการระบุเฟสที่ฟอลต์เกิดขึ้นพบว่า ผลจากการตรวจจับเป็นที่น่าพอใจ โดยในแต่ละระยะทางของการเกิดฟอลต์ได้มีจำนวนรูปแบบวิธีการจำลอง ทั้งการเปลี่ยนแปลงมุมเริ่มเกิดฟอลต์ให้หลากหลาย ผลที่ได้จากการตรวจจับโดยเฉลี่ยสูงกว่า 90% ซึ่งเป็นที่น่าพอใจและจะมีการพัฒนาให้เกิดความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Samantaray, S.R. (2009). Decision tree-based fault zone identification and fault classification in flexible AC transmissions-based transmission line. *IET – Generation, Transmission and Distribution*. 3(5): 425-436.
- [2] Upendar, J.; Gupta, C.P.; & Singh, G.K. (2010). Fault Classification Scheme Based on the Adaptive Resonance Theory Neural Network for Protection of Transmission Lines. *Electric Power Components and Systems*. 38(4): 424-444.
- [3] Thai Nguyen; & Yuan Liao. (2010). Transmission Line Fault Type Classification Based on Novel Features and Neuro-fuzzy System. *Electric Power Components and Systems*. 38(6): 695-709.
- [4] Silveira, P.M.; Seara, R.; & Zurn, H.H. (1999). An Approach Using Wavelet transforms for Fault Type Identification in Digital Relaying. In *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting 1999*. pp. 937-942. n.p.
- [5] El Sayed Tag El Din; et al. (2005). A wavelet base fault location technique for aged power cables. *IEEE Power Engineering Society*. 3: 2485-2491.
- [6] Choi, M.S.; Lee, D.S.; & Yang, X. (2005). A line to ground fault location algorithm for underground cable system. *KIEE International Transactions on Power Engineering*. 54: 267-273.

SWU6-1001: การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดการผลิตกล้วยไข่ใน จังหวัดกำแพงเพชร

COSTS, BENEFITS AND MARKET CHANNELS ANALYSIS OF GOLDEN BANANA PRODUCTION IN KAMPHAENG PHET PROVINCE

สมเกียรติ ชัยพิบูลย์

Somkiat Chaipiboon

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Faculty of Economics, Maejo University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: Chaipiboon@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจทั่วไปของเกษตรกร ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดการผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคต่างๆ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชรจำนวน 418 ตัวอย่าง ข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาและเชิงปริมาณ

ผลการศึกษาด้านต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกกล้วยไข่พบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ 9,501.10 บาท ผลผลิตเฉลี่ย 158.65 ตังต่อไร่ ผลตอบแทนเฉลี่ยเท่ากับ 6,808.03 บาทต่อไร่ พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ ต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 7,941.05 บาท ผลผลิตเฉลี่ย 161.75 ตังต่อไร่ ผลตอบแทนเฉลี่ย 8,306.74 บาทต่อไร่ และพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 7,373.84 บาท ผลผลิตเฉลี่ย 154.34 ตังต่อไร่ ผลตอบแทนเฉลี่ย 8,111.09 บาทต่อไร่ ส่วนวิถีตลาดพบว่า ช่องทางการนำผลผลิตกล้วยไข่จากเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ไปถึงผู้บริโภคด้วยวิธีการที่เกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่จำหน่ายให้กับผู้บริโภคโดยตรง และด้วยวิธีการผ่านคนกลางทางการตลาดดังนี้ จำหน่ายให้ผู้ค้าปลีกท้องถิ่น พ่อค้าคนกลางท้องถิ่น พ่อค้าคนกลางต่างถิ่น และผู้ส่งออก

ผลการศึกษาปัญหาอุปสรรคที่สำคัญคือ ราคาขายปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีสูง วัสดุและอุปกรณ์มีราคาสูง ประสบปัญหาภัยธรรมชาติ ผลผลิตไม่แน่นอน และพ่อค้าคนกลางกดราคา ส่วนความต้องการความช่วยเหลือที่สำคัญ คือ ความช่วยเหลือในการจัดหาปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืชราคาถูก ความช่วยเหลือในการให้เงินชดเชยเมื่อเกิดภัยธรรมชาติ และการประกันราคาและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายกล้วยไข่

คำสำคัญ: ต้นทุน ผลตอบแทน วิถีตลาด กล้วยไข่

Abstract

The study aimed at investigating the economic profile in general of agriculturists, costs, benefits and market channels golden banana in Kamphaeng Phet Province as well as problems and obstacles concerned. The research samples consisted of 418 golden banana agriculturists in Kamphaeng Phet Province while the data derived was analyzed and attached with descriptions and quantitative.

The study of costs and benefits derived from golden banana produces showed that the cost average of 9,501.10 Baht was provided for the plot of 1-10 Rais while 158.65 stacks of the yields being

valued up to 6,808.03 Baht were quoted at per Rai. The cost average of 7,941.05 Baht was provided for the plot of 11-20 Rais while 161.75 stacks of the yields being valued up to 8,306.74 Baht were quoted at per Rai. The cost average of 7,373.84 Baht was provided for the plot of 21 Rais or more while 154.34 stacks of the yields being valued up to 8,111.09 Baht were quoted at per Rai. Regarding the marketing channels, supplying directly to consumers, via local and alien wholesalers and retailers as well as exporters were applicable for the purpose.

Some problems and obstacles were found high prices of pesticides and chemical fertilizer, expensive materials, natural threats, fluctuating yields, and uncontrollable prices of yields. Helps are needed in terms of cheap chemical fertilizer supplies and pesticides, compensation for damages derived from natural threats, price guarantee, and additional golden banana marketing channels.

Keywords: Costs, Benefits, Market Channels, Golden Banana

บทนำ

กล้วยไข่เป็นพืชที่ให้ประโยชน์อย่างหลากหลาย มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากกล้วยไข่ได้ทุกส่วนตั้งแต่ ใบ ลำต้น ปลี และผล โดยนำมาทำเป็นอาหาร สมุนไพรเพื่อทำเป็นยารักษาโรค เส้นใยสิ่งทอ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ นอกจากนี้กล้วยไข่ยังเป็นไม้ผลที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในทุกภูมิภาคเขตร้อนของโลก เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และจากสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศที่ค่อนข้างแตกต่างกันของโลกจึงส่งผลให้มีสายพันธุ์กล้วยไข่ทางการค้าและการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ส่วนประเทศไทยสามารถปลูกกล้วยไข่ได้ในทั่วทุกภาคของประเทศแต่สายพันธุ์กล้วยไข่ที่เกษตรกรนิยมปลูกในเชิงพาณิชย์นั้นมียู้อยู่ด้วยกัน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์กำแพงเพชร และสายพันธุ์พระตะบอง ซึ่งกล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชรนั้นจะมีจุดเด่นของพันธุ์ คือ การมีรูปทรงและสีเหลืองของพันธุ์ที่สวยงาม มีเปลือกบาง รสชาตินุ่มละมุน เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตกล้วยไข่ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งกล้วยไข่เป็นกล้วยที่ได้รับความนิยมบริโภคเพราะผลมีรสชาติดี มีขนาดไม่ใหญ่เกินไป เดิมการปลูกกล้วยไข่ในประเทศไทยเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศเท่านั้น แต่ในปัจจุบันกล้วยไข่เป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ จึงมีการขยายการปลูกกล้วยไข่เพื่อตลาดต่างประเทศ เนื่องจากกล้วยไข่เป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง เพราะเป็นผลไม้ที่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นานพอสมควรซึ่งเอื้อต่อการส่งออก ในด้านการผลิตสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายได้เกือบตลอดปี ถ้าหากมีการวางแผนการผลิตที่ดี ประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูก [1] ไข่ทั่วประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2550-2552 จำนวน 58,309, 58,404 และ 59,227 ไร่ ผลผลิตกล้วยไข่รวมจำนวน 168,221, 169,252 และ 172,582 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 2,885, 2,898 และ 2,914 กิโลกรัม ตามลำดับ ด้านการส่งออกกล้วยไข่นั้นเป็นการส่งออกกล้วยไข่สดในรูปแบบแช่เย็นโดยระหว่างปี พ.ศ. 2550-2552 มีปริมาณการส่งออกเท่ากับ 15,230, 11,585 และ 13,000 ตัน ราคาส่งออก 6,472, 6,341 และ 6,300 บาทต่อตัน คิดเป็นมูลค่า 98.50, 74.27 และ 80.00 ล้านบาท ตามลำดับ ส่วนประเทศที่เป็นตลาดสำคัญ ได้แก่ จีน ร้อยละ 56.05 ฮองกง ร้อยละ 38.10 เวียดนาม ร้อยละ 5.09 และอื่นๆ ร้อยละ 0.76

จากที่กล่าวมาข้างต้นจังหวัดกำแพงเพชรเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศไทยที่เคยมีการเพาะปลูกกล้วยไข่เป็นเป็นจำนวนมาก และเป็นอาชีพเกษตรกรรมที่สำคัญของจังหวัด อีกทั้งยังมีประเพณี วัฒนธรรม และประวัติศาสตร์ที่ยาวนานที่เกี่ยวข้อง กล้วยไข่ซึ่งเป็นทั้งผลไม้และสัญลักษณ์ประจำจังหวัด มีการจัดงานสืบทอดประเพณีทุกปีในช่วงเดือนตุลาคม “งานสารทกล้วยไข่” เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตและการพัฒนา การ

เพาะปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร [2] เมื่อศึกษาถึงสถิติการปลูกกล้วยไข่พบว่า ในปี พ.ศ. 2544 จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่การปลูกกล้วยไข่จำนวน 19,196 ไร่ ผลผลิตรวม 34,101 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,776 กิโลกรัม แต่ในปี พ.ศ. 2553 พบว่า จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่การปลูกกล้วยไข่เหลือเพียง จำนวน 3,794 ไร่ ผลผลิตรวม 4,065 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,538 กิโลกรัม กระจายไปตามอำเภอต่างๆ ของจังหวัด ซึ่งจังหวัดกำแพงเพชรถึงแม้จะมีประวัติความเป็นมาที่ยาวนานที่เกี่ยวข้องกับกล้วยไข่ เคยมีพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตเป็นจำนวนมาก มีสายพันธุ์กล้วยไข่ประจำถิ่น มีชื่อเสียงไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ และรวมถึงการที่หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเข้าร่วมช่วยเหลือ ส่งเสริมเกษตรกรในเพาะปลูกกล้วยไข่ เพื่อผลักดันให้กล้วยไข่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดกำแพงเพชรอีกชนิดหนึ่งดังในอดีตที่ผ่านมา แต่กลับไม่ประสบความสำเร็จมากนัก [2] เนื่องจากเกษตรกรขาดแรงจูงใจ เพราะการเพาะปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกร ยังประสบปัญหาต่างๆ ทั้งด้านการผลิตและการตลาด ด้านการผลิต เช่น ต้นทุนการผลิตที่สูง (เช่น ค่าปุ๋ย ค่ายาปราบศัตรูพืช และค่าจ้างแรงงาน) ผลผลิตต่อไร่ต่ำ การขาดความรู้และทักษะในการพัฒนาการเพาะปลูก ประสบปัญหาภัยธรรมชาติ (เช่น ลมพายุ น้ำท่วม) โรคแมลง ด้านการตลาด เช่น การขาดสถานที่จัดจำหน่าย การขาดช่องทางการจัดจำหน่าย การถูกเอารัดเอาเปรียบจากพ่อค้าคนกลาง เป็นต้น

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องศึกษาถึงสภาพเศรษฐกิจทั่วไปของเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดการผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร รวมถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆ เพื่อจะนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้นำไปใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจในการลงทุนของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจที่จะประกอบอาชีพด้านการเพาะปลูกกล้วยไข่ รวมถึงหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการเพาะปลูกกล้วยไข่ให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั้งในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรและพื้นที่อื่นๆ เพื่อให้อาชีพการเพาะปลูกกล้วยไข่เป็นอาชีพที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจทั่วไปของเกษตรกร ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดการผลิตกล้วยไข่ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ของเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ จังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย 11 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอขาณุวรลักษณ อำเภอลองของสูง อำเภอพรานกระต่าย อำเภอลองลาน อำเภอไทรงาม อำเภอลานกระบือ อำเภอทุ่งทรายทองวัฒนา อำเภอโกสัมพีนคร อำเภอบึงสามัคคี และอำเภอปางศิลาทอง

ข้อมูลที่ใช้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาเพื่อนำไป สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 418 ตัวอย่าง

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากเอกสารวิชาการ อินเทอร์เน็ต ตำรา หนังสือ ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เอกสารงานวิจัย วิทยานิพนธ์ และการค้นคว้าอิสระ รวมถึงเอกสารจากหน่วยราชการและเอกชนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยกับเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร ปีการผลิต 2554 โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 418 ตัวอย่าง (จากเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 436 ราย) โดยใช้จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ตามสูตรของยามาเน่ [3] ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม ส่วนการทดสอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยทำการทดสอบแบบสอบถามกับเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่ อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก ซึ่งเป็นอำเภอที่ติดต่อกับอำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 30 ราย เพื่อทดสอบความเข้าใจในเนื้อหา ความถูกต้องและความสมบูรณ์ ส่วนการเก็บข้อมูล การสำรวจ และการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยดำเนินการด้วยตนเอง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสถิติในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Method) โดยค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2 การวิเคราะห์วิถีตลาดกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร โดยวิเคราะห์วิธีการจัดจำหน่ายผลผลิตจากเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่จนถึงมือผู้บริโภค

3.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) จะทำการวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทน โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$TC = TFC + TVC$$

2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการผลิตสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\pi = TR - TC$$

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสภาพเศรษฐกิจทั่วไปของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 418 ตัวอย่าง ที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชรพบว่า ร้อยละ 61.01 เป็นเพศชาย ร้อยละ 43.07 มีอายุระหว่าง 50-59 ปี ร้อยละ 65.07 มีการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 47.37 มีสมาชิกในครัวเรือนระหว่าง 5-6 คน ร้อยละ 58.85 มีแรงงานในครัวเรือนระหว่าง 3-4 คน ร้อยละ 62.20 มีประสบการณ์ในการปลูกกล้วยไข่ 11 ปีขึ้นไป ร้อยละ 47.13 มีพื้นที่ในการปลูกกล้วยไข่ระหว่าง 1-10 ไร่ ร้อยละ 47.37 กู้ยืมธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 43.78 กู้ยืมเงินระหว่าง 10,001-49,999 บาท

ผลศึกษาปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่ปลูกกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ร้อยละ 74.40 ราคาขายปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีสูง ร้อยละ 72.01 วัสดุและอุปกรณ์มีราคาสูง ร้อยละ 98.09 ประสบปัญหาภัยธรรมชาติ ร้อยละ 83.73 ผลผลิตไม่แน่นอน ร้อยละ 78.95 พ่อค้าคนกลางกดราคา และร้อยละ 60.77 ราคาผลผลิตตกต่ำ ส่วนความต้องการความช่วยเหลือพบว่า ร้อยละ 96.17 มีต้องการความช่วยเหลือในการจัดหาปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืชราคาถูกร้อยละ 95.22 มีต้องการความช่วยเหลือในการให้เงินชดเชยเมื่อเกิดภัยธรรมชาติ และร้อยละ 55.26 ต้องการประกันราคาและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายกล้วยไข่

ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกรที่ปลูกกล้วยไข่พบว่า พื้นที่ทั้ง 3 ขนาด มีต้นทุนการผลิตต่อไร่รวมเฉลี่ยจำนวน 8,271.99 บาท/ไร่ แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ยจำนวน 6,048.77 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่เฉลี่ยจำนวน 2,223.33 บาท/ไร่ ผลผลิตรวมเฉลี่ย จำนวน 158.25 ตังต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ยรวมจำนวน 101.19 บาทต่อตัง ต้นทุนต่อหน่วยจำนวน 52.25 บาท/ตัง เมื่อแยกตามขนาดพื้นที่พบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 9,501.10 บาท แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรจำนวน 7,037.09 บาท ต้นทุนคงที่จำนวน 2,464.01 บาท พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ ต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 7,941.05 บาท แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรจำนวน 5,857.28 บาท

ต้นทุนคงที่จำนวน 2,083.77 บาท และพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 7,373.84 บาท แบ่งเป็น ต้นทุนผันแปรจำนวน 5,251.93 บาท ต้นทุนคงที่จำนวน 2,121.91 บาท ด้านผลผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกรพบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 158.65 ตังต่อไร่ พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 161.75 ตังต่อไร่ และ พื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีผลผลิตเฉลี่ย 154.34 ตังต่อไร่ ส่วนต้นทุนต่อหน่วยการผลิตกล้วยไข่ พบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีต้นทุนต่อหน่วย จำนวน 59.89 บาท/ตัง พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ มีต้นทุนต่อหน่วยจำนวน 49.09 บาท/ตัง และพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีต้นทุนต่อหน่วยจำนวน 47.78 บาท/ตัง

ผลการศึกษารายได้และผลตอบแทนจากการปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกรพบว่า พื้นที่ทั้ง 3 ขนาด มีรายได้เฉลี่ยรวมจำนวน 16,013.95 บาทต่อไร่ ผลตอบแทนเฉลี่ยรวมจำนวน 7,741.95 บาทต่อไร่ เมื่อแยกตามขนาดพื้นที่พบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีรายได้เฉลี่ย 16,309.13 บาทต่อไร่ พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ มีรายได้เฉลี่ย 16,247.79 บาทต่อไร่ และพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีรายได้เฉลี่ย 15,484.93 บาทต่อไร่ ส่วนผลตอบแทนการผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกร พบว่า พื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ มีผลตอบแทนเฉลี่ย 6,808.03 บาทต่อไร่ พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ มีผลตอบแทนเฉลี่ย 8,306.74 บาทต่อไร่ และพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีผลตอบแทนเฉลี่ย 8,111.09 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 1, 2)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยต้นทุนการผลิตกล้วยไข่แบ่งตามขนาดพื้นที่

รายการ	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่/ฤดูกาลผลิต)		
	1 – 10 ไร่	11 – 20 ไร่	21 ไร่ขึ้นไป
ต้นทุนผันแปร	7,037.09	5,857.28	5,251.93
1. ค่าจ้างแรงงาน			
- ไถพรวนดินดิน	553.44	522.15	378.36
- เตรียมหน่อพันธุ์	188.03	173.22	148.95
- ขุดหลุมและปลูก	368.64	348.71	330.53
- ดูแลรักษา	905.57	608.66	490.67
- การเก็บเกี่ยว	192.46	128.59	107.37
2. ค่าวัสดุ			
- ค่าพันธุ์กล้วย	1,154.43	1,140.41	1,137.34
- ค่าปุ๋ยเคมี	1,975.11	1,361.30	952.11
- ค่าปุ๋ยชีวภาพ	209.30	143.38	138.16
- ค่ายาปราบศัตรูพืช	729.57	652.54	598.19
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์	55.22	84.11	121.63
- ค่าวัสดุห่อกล้วย	114.75	110.19	80.67
- ค่าไม้ค้ำ	60.42	58.39	54.42
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	442.03	369.91	414.47
- ค่าน้ำมันหล่อลื่น	8.41	10.09	11.98
3. ค่าไฟฟ้า (สูบน้ำ)	32.50	41.60	60.76
4. ค่าดอกเบี้ยเงินกู้	47.21	104.03	226.32

ต้นทุนคงที่	2,464.01	2,083.77	2,121.91
1. ค่าเช่าที่ดิน	975.41	500.00	500.00
2. ค่าภาษีที่ดิน	5.00	5.00	5.00
3. ค่าเสื่อมราคารถไถ	818.03	913.76	956.43
4. ค่าเสื่อมราคาเครื่องสูบน้ำ	85.60	118.66	121.05
5. ค่าเสื่อมราคาเครื่องพ่นยา	119.91	225.89	237.11
6. ค่าเสื่อมราคาเครื่องตัดหญ้า	87.87	43.29	63.61
7. ค่าเสื่อมราคาเรือยนต์ร่อนน้ำ	-	128.68	122.89
8. ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (เช่น มีด มีดตายหญ้า มีดขอ)	372.19	148.49	115.82
รวมต้นทุนทั้งหมด	9,501.10	7,941.05	7,373.84

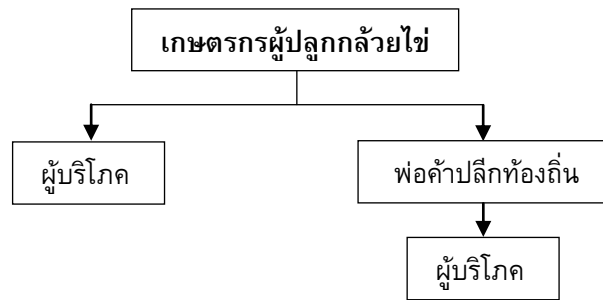
ตารางที่ 2 ผลตอบแทนเฉลี่ยการปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกร

รายการ	พื้นที่การปลูกกล้วยไข่		
	ขนาด 1 – 10 ไร่	ขนาด 11 – 20 ไร่	ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป
1. ผลผลิตกล้วยไข่เฉลี่ย (ตัง/ไร่)	158.65	161.75	154.34
2. ราคาผลผลิตราคาเฉลี่ย (บาท/ตัง)	102.78	100.45	100.33
3. รายได้เฉลี่ย/บาท/ไร่ (1 × 2)	16,309.13	16,247.79	15,484.93
4. ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (บาท)	9,501.10	7,941.05	7,373.84
5. ผลตอบแทนเฉลี่ยต่อไร่/บาท (3 - 4)	6,808.03	8,306.74	8,111.09

ผลการศึกษาช่องทางทางการจัดจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกรพบว่า ร้อยละ 23.68 จำหน่ายแบบหมายกสวนให้พ่อค้าคนกลางต่างถิ่น (ตัดและขนเอง) รองลงมา ร้อยละ 18.90 จำหน่ายแบบหมายกสวนให้พ่อค้าคนกลางท้องถิ่น (ตัดและขนเอง) ร้อยละ 15.55 จำหน่ายด้วยตนเองให้ผู้บริโภคโดยตรง ร้อยละ 14.60 จำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางท้องถิ่นบางส่วน ร้อยละ 14.35 จำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางต่างถิ่นบางส่วน ร้อยละ 7.66 จำหน่ายให้ผู้ค้าปลีกในท้องถิ่น และร้อยละ 5.26 จำหน่ายให้ผู้ส่งออก

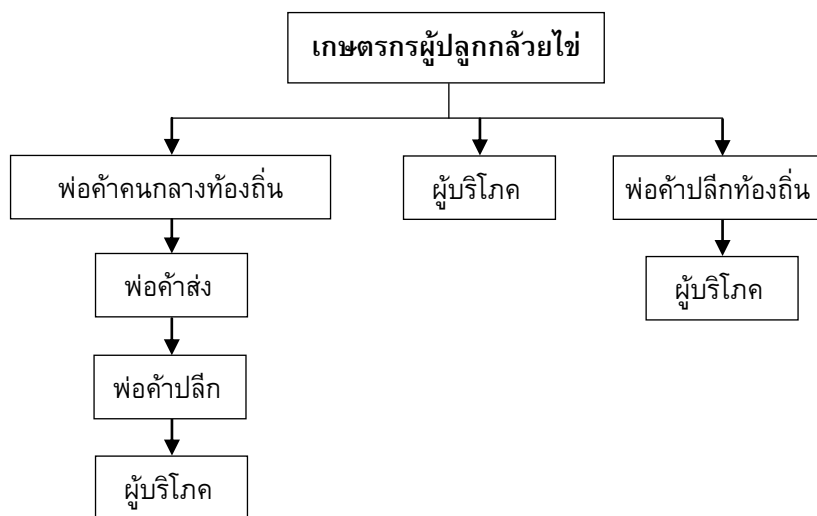
ผลการศึกษาวิถีตลาดของผลผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชร ตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกหรือผู้ผลิตกล้วยไข่จนถึงมือผู้บริโภคสามารถผ่านช่องทางการตลาดต่างๆ ได้ในหลายลักษณะ โดยผลผลิตกล้วยไข่จะออกสู่ตลาดตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และจะออกสู่ตลาดมากที่สุดในเดือนกันยายน-ตุลาคม ดังนี้

1. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ ให้แก่ผู้บริโภคโดยตรงและจำหน่ายให้พ่อค้าปลีกท้องถิ่น ซึ่งพ่อค้าปลีกท้องถิ่นก็จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภค ดังภาพที่ 1



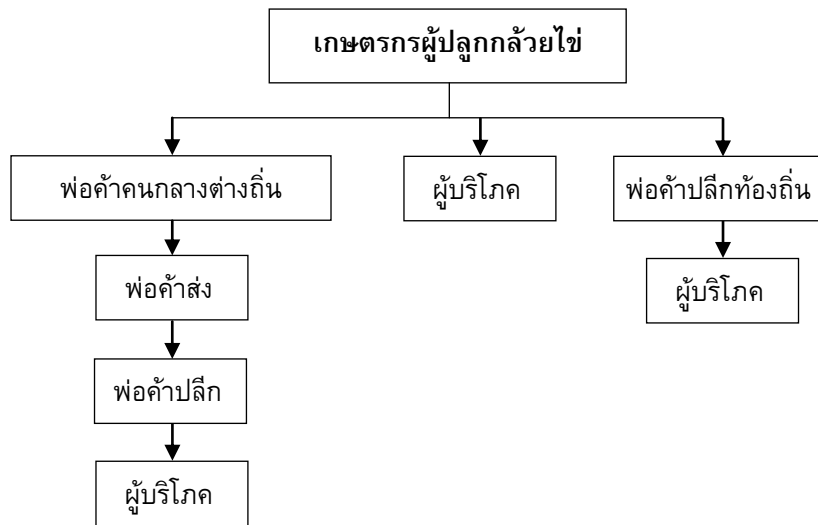
ภาพที่ 1 วิธีตลาดกล้วยไข่จากเกษตรกรถึงผู้บริโภครวมและพ่อค้าปลีกท้องถิ่น

2. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ ให้แก่พ่อค้าคนกลางท้องถิ่นบางส่วน ซึ่งพ่อค้าคนกลางท้องถิ่นที่รับซื้อผลผลิตกล้วยไข่มาบางส่วน จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่ง และพ่อค้าส่งจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าปลีก ซึ่งพ่อค้าปลีกจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ส่วนผลผลิตกล้วยไข่ที่เหลือจะจำหน่ายให้ผู้บริโภครวมโดยตรง และจำหน่ายให้พ่อค้าปลีกท้องถิ่น ซึ่งพ่อค้าปลีกท้องถิ่นจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ดังภาพที่ 2



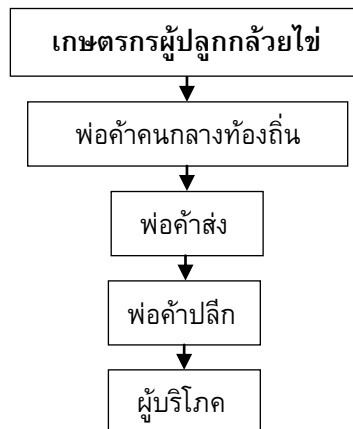
ภาพที่ 2 วิธีตลาดกล้วยไข่จากเกษตรกรถึงพ่อค้าคนกลางท้องถิ่น

3. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ ให้แก่พ่อค้าคนกลางต่างถิ่นบางส่วน ซึ่งพ่อค้าคนกลางต่างถิ่นที่รับซื้อผลผลิตกล้วยไข่มาบางส่วน จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่ง และพ่อค้าส่งจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าปลีก ซึ่งพ่อค้าปลีกจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ส่วนผลผลิตกล้วยไข่ที่เหลือจะจำหน่ายให้ผู้บริโภครวมโดยตรง และจำหน่ายให้พ่อค้าปลีกท้องถิ่น ซึ่งพ่อค้าปลีกท้องถิ่นจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ดังภาพที่ 3



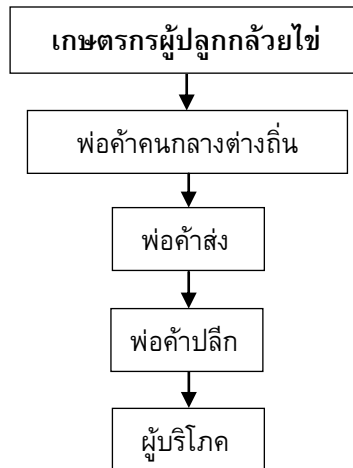
ภาพที่ 3 วิธีตลาดกล้วยไข่จากเกษตรกรถึงพ่อค้าคนกลางต่างถิ่น

4. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ ให้แก่พ่อค้าคนกลางท้องถิ่นแบบเหมายกสวน ซึ่งพ่อค้าคนกลางท้องถิ่นจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่ง และพ่อค้าส่งจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าปลีก ซึ่งพ่อค้าปลีกจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ดังภาพที่ 4



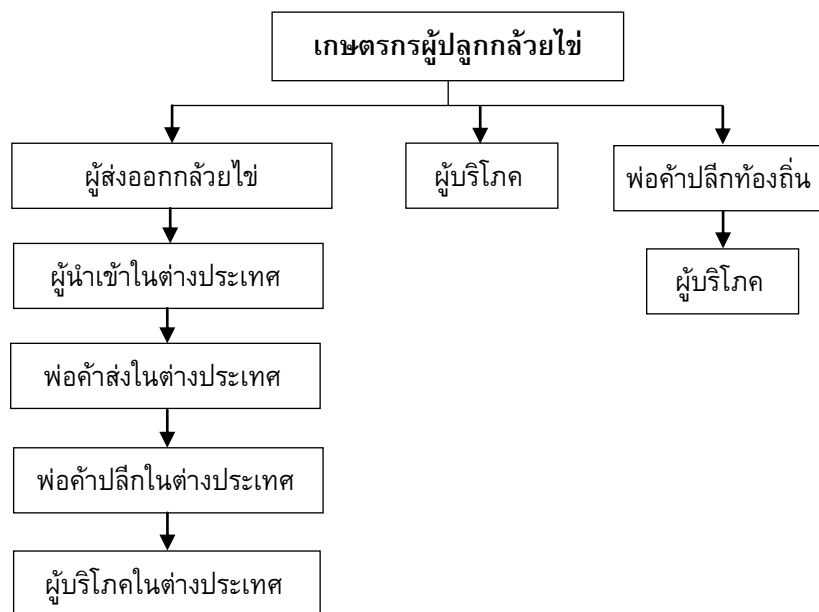
ภาพที่ 4 วิธีตลาดกล้วยไข่แบบจำหน่ายเหมายกสวนให้พ่อค้าคนกลางท้องถิ่น

5. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ ให้แก่พ่อค้าคนกลางต่างถิ่นแบบเหมายกสวน ซึ่งพ่อค้าคนกลางต่างถิ่นจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่ง และพ่อค้าส่งจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าปลีก ซึ่งพ่อค้าปลีกจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภครวม ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 วิธีตลาดกล้วยไข่แบบจำหน่ายหมายกสวนให้พ่อค้าคนกลางท้องถิ่น

6. เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ตัดเกรดให้แก่ผู้ส่งออก ซึ่งผู้ส่งออกที่รับซื้อผลผลิตกล้วยไข่จะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้นำเข้าในต่างประเทศ ซึ่งผู้นำเข้าในต่างประเทศจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่งในต่างประเทศ และพ่อค้าส่งในต่างประเทศจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าปลีกในต่างประเทศ ซึ่งพ่อค้าปลีกในต่างประเทศจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภคในต่างประเทศ ส่วนผลผลิตกล้วยไข่ตกเกรดที่เหลือจะจำหน่ายให้ผู้บริโภคโดยตรงและจำหน่ายให้พ่อค้าปลีกท้องถิ่น ซึ่งพ่อค้าปลีกท้องถิ่นจะจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังผู้บริโภคดีงภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วิธีตลาดกล้วยไข่จากเกษตรกรถึงผู้ส่งออก

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน และวิถีตลาดของการผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดกำแพงเพชรพบว่า มีต้นทุนการผลิตต่อไร่รวมเฉลี่ยจำนวน 8,271.99 บาท/ไร่ แบ่งเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ยจำนวน 6,048.77 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่เฉลี่ยจำนวน 2,223.33 บาท/ไร่ ผลผลิตรวมเฉลี่ย จำนวน 158.25 ตังต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ยรวมจำนวน 101.19 บาทต่อตัง ต้นทุนต่อหน่วยจำนวน 52.25 บาท/ตัง และรายได้เฉลี่ยรวมจำนวน 16,013.95 บาทต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนเฉลี่ยรวมจำนวน 7,741.95 บาทต่อไร่ ซึ่งชูชีพ พิพัฒน์ศิริ [4] ได้อธิบายถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนคือการเปรียบเทียบผลประโยชน์กับต้นทุนของโครงการซึ่งผลการวิเคราะห์อาจจะออกมาในรูปของโครงการที่คาดว่าจะได้สูงหรือต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป ถ้าผลตอบแทนสูงกว่าค่าใช้จ่ายโครงการนั้นเป็นโครงการที่ดีทางเศรษฐกิจ แต่ถ้าผลตอบแทนต่ำกว่าค่าใช้จ่ายแสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่ดีทางเศรษฐกิจ นั้นแสดงให้เห็นว่าโครงการการเพาะปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกรในจังหวัดกำแพงเพชรเป็นโครงการที่ดี และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับการศึกษาของบุษรา ใจยศ [5] ที่ได้วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดตากพบว่า กลุ่มเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยรวม 24,653.57 บาทต่อไร่ มีรายได้ทั้งหมดจากการผลิตกล้วยไข่เฉลี่ยรวมจำนวน 27,163.50 บาทต่อไร่ มีผลผลิตกล้วยไข่เฉลี่ยเท่ากับ 2,587 กิโลกรัมต่อไร่ และมีผลตอบแทนเฉลี่ยรวม 2,509.93 บาทต่อไร่ โดยสายพันธุ์กล้วยไข่ที่จังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดตากปลูกคือ สายพันธุ์กำแพงเพชร จะเห็นได้ว่าเกษตรกรในจังหวัดกำแพงเพชรมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าถึงแม้รายได้จะต่ำกว่าแต่ผลตอบแทนที่ได้สูงกว่าเกษตรกรในจังหวัดตาก ส่วนเมื่อเปรียบเทียบขนาดพื้นที่การเพาะปลูกพบว่า พื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป มีต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 7,373.84 บาท ต่ำกว่าพื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ ที่มีต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 7,941.05 บาท และต่ำกว่าพื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ ที่มีต้นทุนรวมต่อไร่เท่ากับ 9,501.10 บาท ซึ่งวันรักษ์ มิ่งมณีนาคิน [6] ได้อธิบายถึงการประหยัดต่อขนาดภายนอกกว่าเมื่อมีการขยายขนาดการผลิตให้ใหญ่มากขึ้นย่อมหมายถึงการใช้ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกันซึ่งในกรณีนี้จะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลงมาด้วย แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทน พื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ มีผลตอบแทนเฉลี่ย 8,306.74 บาทต่อไร่ สูงกว่าพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป ที่มีผลตอบแทนเฉลี่ย 8,111.09 บาทต่อไร่ และสูงกว่าพื้นที่ขนาด 1-10 ไร่ ที่มีผลตอบแทนเฉลี่ย 6,808.03 บาทต่อไร่ ถึงแม้ว่าพื้นที่ขนาด 11-20 ไร่ จะมีผลตอบแทนที่สูงกว่าพื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป แต่ไม่ได้สูงอย่างมีนัยสำคัญมากนัก ดังนั้นพื้นที่พื้นที่ขนาด 21 ไร่ขึ้นไป จึงเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์วิถีตลาดพบว่า ผลผลิตกล้วยไข่จากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคได้หลายวิธีด้วยกัน คือ การที่เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ให้ผู้บริโภคโดยตรง เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ให้พ่อค้าคนกลางท้องถิ่น เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ให้พ่อค้าคนกลางต่างถิ่น และเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไข่จำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ให้ผู้ส่งออกจากนั้นพ่อค้าคนกลางในระดับต่าง ๆ รวมถึงผู้ส่งออกจะทำการจำหน่ายผลผลิตกล้วยไข่ไปยังพ่อค้าส่งและพ่อค้าปลีก ซึ่งจะทำการจำหน่ายผลผลิตนั้นไปยังผู้บริโภคอีกทอดหนึ่ง ซึ่ง Lancaster & Massingham [7] ได้อธิบายถึงวิถีตลาดว่าเป็นการเดินทางของผลผลิตที่เคลื่อนที่จากผู้ผลิตหรือเกษตรกร ไปยังผู้ซื้อหรือผู้บริโภคคนสุดท้าย และการศึกษาที่สอดคล้องกับการศึกษาของ กมลศักดิ์ สุระดม [8] ที่ได้วิเคราะห์เศรษฐกิจการผลิตและการตลาดกล้วยไข่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ปีการผลิต 2544/45 พบว่า มีผู้ที่เกี่ยวข้องในตลาดผลผลิตกล้วยไข่ คือ เกษตรกร พ่อค้าคนกลาง พ่อค้าส่งและพ่อค้าปลีกทั้งในท้องถิ่นและต่างท้องถิ่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2554). *สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2553*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [2] สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร. (2554). *สถิติการปลูกกล้วยไข่ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร*. กำแพงเพชร: สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร.
- [3] Yamane, Taro. (1973). *Statistic: Introduction Analysis and ed*. Harper International Edition. Tokyo: n.d.
- [4] ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. (2544). *เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ*. กรุงเทพฯ: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] บุษรา ใจยศ. (2551). *การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตกล้วยไข่ในจังหวัดตาก*. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์เกษตร). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [6] วันรักษ์ มิ่งมณีนาถิน. (2551). *หลักเศรษฐศาสตร์จุลภาค*. พิมพ์ครั้งที่ 19. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [7] Lancaster, G.; & Massingham, L. (2002). *Essentials of Marketing*. 4th ed. Maidenhead: McGraw-Hill.
- [8] กมลศักดิ์ สุระดม. (2546). *การวิเคราะห์เศรษฐกิจการผลิตและการตลาดกล้วยไข่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ปีการผลิต 2544/45*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เศรษฐศาสตร์เกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

**SWU6-1004: การวิเคราะห์ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรง
ในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย**

**ANALYSIS OF OWNERSHIP ADVANTAGE INFLUENCING TENDENCY OF OUTWARD
FOREIGN DIRECT INVESTMENT OF THAI GARMENT INDUSTRY**

อาริษา ปาน้อยหนะ^{*}, สมชนก ภาสกรจรัส

Aliza Panoinont^{*}, Somchanok Passakonjaras

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Faculty of Commerce and Accountancy, Chulalongkorn University, Thailand.

^{*}Corresponding author, E-mail: thisisaliza@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบตัวแบบของการวิจัยให้มีความเหมาะสม วิธีการเก็บข้อมูลจะใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งการรวบรวมข้อมูลทางการเงินของบริษัท และนำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression)

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า 67% ของบริษัทในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มมีแนวโน้มที่จะลงทุนทางตรงในต่างประเทศ โดยประเทศที่บริษัทสนใจจะไปลงทุนทางตรงมากที่สุด ได้แก่ เวียดนาม และกัมพูชา คิดเป็น 28.26% และ 26.10% ตามลำดับ ทั้งนี้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแบบงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการจัดการ และความสามารถในการเข้าถึงตลาด เป็นข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ

คำสำคัญ: ธุรกิจระหว่างประเทศ การลงทุนทางตรง ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของ อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย

Abstract

The purpose of this study is to analyze ownership advantage, which influences tendency of outward foreign direct investment (Outward FDI) of garment industry of Thailand. The research framework develops by depth interview. This research collected the data by using questionnaires, which sent to executive of companies in garment industry, and The hypothesis of this research are tested by using Logistic Regression.

The results find that garment companies in Thailand have intention to go abroad. There are 67% of garment company plan to foreign direct investment. Vietnam and Cambodia are the most favorite countries to invest at 28.26% and 26.10% respectively. Research results confirm the causal link between 2 factors, managerial capabilities and market accessibility, and tendency of outward foreign direct investment.

Keywords: International Business Foreign, Direct investment, Ownership advantage, Garment industry

บทนำ

เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้า และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทุกประเทศต่างได้รับผลกระทบจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ การขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศพัฒนาแล้วไปยังประเทศอื่นทั่วโลก การแข่งขันทางธุรกิจมิใช่เพียงการแข่งขันภายในประเทศอีกต่อไป ทำให้ผู้เกี่ยวข้องหลายๆ ฝ่ายหันมาให้ความสำคัญกับธุรกิจระหว่างประเทศ (International Business) มากขึ้น ซึ่งในอดีตที่ผ่านมารัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการส่งออก (Export) และการลงทุนทางตรงจากต่างประเทศ (FDI Inflow) เป็นหลัก [1] ในขณะที่ประเทศในแถบเอเชียหลายประเทศกำลังปรับตัวโดยการปรับปรุงนโยบายเพื่อส่งเสริมการลงทุนอย่างมากจะเห็นได้จากมูลค่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของภูมิภาคแถบเอเชียมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้หากประเทศไทยไม่ปรับตัวในเชิงโครงสร้างทางธุรกิจโดยแปรสภาพจากการเป็นประเทศผู้ผลิต (Manufacturing Base) มาเป็นประเทศผู้ค้า (Trading Nation) และประเทศผู้ลงทุน (Investor Country) อาจทำให้ประเทศไทยต้องสูญเสียความได้เปรียบเชิงการแข่งขัน (Comparative Advantage) ในระยะยาวและแบบยั่งยืน และถึงแม้ว่ามูลค่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของไทยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2552 มูลค่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของไทยมีมูลค่าประมาณ 3,818 ล้านดอลลาร์สหรัฐ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านแล้วพบว่ามูลค่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของไทยมีสัดส่วนที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านซึ่งมูลค่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศคิดเป็นมูลค่า 2.9% ของ GDP หรือคิดเป็นมูลค่าสะสมเพียง 6.2% ของ GDP อีกทั้งเมื่อไปดูความสามารถในการแข่งขันด้านการลงทุนระหว่างประเทศของธุรกิจไทยในเวทีโลกยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับประเทศใกล้เคียงอย่าง สิงคโปร์ จีน และฮ่องกง โดยวัดจากดัชนีประสิทธิภาพในการลงทุนทางตรงในต่างประเทศพบว่าประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 62 และจากข้อมูลเหล่านี้ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าประเทศไทยควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการลงทุนทางตรงในต่างประเทศมากขึ้น [2] เนื่องจากในปัจจุบันสภาพแวดล้อมในการแข่งขันทางธุรกิจมีกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเนื่องกับธุรกิจระหว่างประเทศมากขึ้น หากธุรกิจในประเทศไทยละเลยการดำเนินธุรกิจระหว่างประเทศ อาจทำให้สูญเสียความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืนได้

ถึงแม้ว่าจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องจากหลากหลายหน่วยงานได้ให้คำแนะนำถึงอุปสรรคและปัญหาของธุรกิจไทย โดยประเด็นที่ถูกหยิบยกมาพูดถึงในหลายๆ ครั้งคือ การที่ธุรกิจไทยยังขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ ขาดระบบงานที่ได้มาตรฐาน (Best practice) รวมถึงซอฟต์แวร์ และเครื่องมือต่างๆ [3] ทำให้ไม่สามารถขยายกิจการออกนอกประเทศได้ แต่คำแนะนำเหล่านั้นก็ยังไม่มียุทธศาสตร์ที่เป็นรูปธรรม ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาถึงสาเหตุที่จะก่อให้เกิดแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ เพื่อเป็นข้อพิสูจน์สมมุติฐานเหล่านั้นและเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพทางการจัดการของธุรกิจไทยให้มีการลงทุนทางตรงในต่างประเทศต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

ไทย

การทบทวนวรรณกรรม

สมชนก [4] กล่าวว่า การลงทุนทางตรงต่างประเทศ (Foreign Direct Investment: FDI) หมายถึง การที่นักลงทุนหรือบริษัทหนึ่งๆ ได้มีการลงทุนในสินทรัพย์ถาวรต่างประเทศ หรือการลงทุนในกิจการที่อยู่ต่างประเทศ

โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเข้าควบคุมการบริหารสินทรัพย์หรือกิจการนั้น เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์กับกิจการโดยรวม โดยการลงทุนนี้อาจเป็นการร่วมลงทุนกับนักลงทุนท้องถิ่น หรือนักลงทุนจากประเทศที่สาม หรือเป็นการลงทุนเองทั้งหมด 100% ก็ได้ และกิจการมีการลงทุนทางตรงต่างประเทศอย่างน้อย 1 รายการก็จะถูกเรียกว่า เป็นบริษัทข้ามชาติ (Multinational Company: MNC) การลงทุนทางตรงต่างประเทศนั้นจะประกอบไปด้วยประเทศที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยสองประเทศขึ้นไป โดยประเทศที่เข้าไปเป็นผู้ลงทุน เรียกว่า ประเทศแม่ที่เป็นเจ้าของเงินลงทุน (Home Country) และประเทศที่ได้รับการลงทุน เรียกว่า ประเทศเจ้าบ้านที่รับเงินลงทุน (Host Country) [4] โดยการลงทุนทางตรงต่างประเทศในฐานะประเทศแม่ที่เป็นเจ้าของเงินลงทุนนั้นจะเรียกว่า การลงทุนทางต่างประเทศขาออก (Foreign Direct Investment Outflow: FDI Outflow) และการลงทุนทางตรงต่างประเทศในฐานะประเทศเจ้าบ้านที่รับเงินลงทุนนั้นจะเรียกว่า การลงทุนทางต่างประเทศขาออก (Inflow Foreign Direct Investment: FDI Inflow)

มีทฤษฎีจำนวนมากที่ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการที่บริษัทจะดำเนินธุรกิจระหว่างประเทศในรูปแบบของการลงทุนทางตรง ซึ่งในบรรดาทฤษฎีการลงทุนทางตรงต่างประเทศนั้น ทฤษฎีการลงทุนทางตรงจากต่างประเทศอย่างสมบูรณ (Eclectic Paradigm) ถือเป็นทฤษฎีที่ผู้วิจัยคิดว่าสมบูรณที่สุด ทฤษฎีดังกล่าวนี้เสนอโดย Dunning [5] กล่าวว่า การที่บริษัทจะลงทุนทางตรงต่างประเทศนั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อต้องมีข้อได้เปรียบครบทั้งสามประการ โดยข้อได้เปรียบทั้งสามประการนั้นได้แก่

- 1) ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของโดย (Ownership Advantage: O) คือ ข้อได้เปรียบของการที่บริษัทครอบครองสินทรัพย์ที่ก่อให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันบางประการ
- 2) ข้อได้เปรียบจากทำเลที่ตั้ง (Location Advantage: L) คือ การที่บริษัทจำเป็นต้องเข้าไปลงทุนและดำเนินงานในประเทศนั้นจึงจะได้ประโยชน์จากสิ่งเหล่านั้น
- 3) ข้อได้เปรียบจากการทำภายในบริษัทเอง (Internalization Advantage: I) คือ ความคล่องตัวและความสามารถในการผลิต และการทำภายในสาขาบริษัทตนเอง

จากข้อได้เปรียบทั้งสามประการนั้นจะเห็นได้ว่าหากมีข้อได้เปรียบไม่ครบทั้งสามประการบริษัทจะไม่มี การลงทุนทางตรงในต่างประเทศตัวอย่างเช่น หากบริษัทมีความได้เปรียบเฉพาะ O กับ I บริษัทจะเลือกที่จะส่งออกแทนเข้าตลาดของประเทศนั้นในรูปแบบของการลงทุนทางตรงเนื่องจากทำเลที่ตั้งไม่เอื้ออำนวยให้การลงทุนทางตรงในต่างประเทศเกิดประโยชน์สูงสุด และถ้าบริษัทมีเพียงความได้เปรียบเฉพาะ O บริษัทก็จะเลือกที่จะใช้วิธีเข้าตลาดของประเทศนั้นโดยผ่านการอนุญาตให้ใช้สิทธิ์ (Licensing) หรือกฏเกณฑ์ (Franchising) แทน ทั้งนี้ Dunning [5] ยกตัวอย่างข้อได้เปรียบของบริษัทในธุรกิจต่างๆ ดังภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อได้เปรียบในแต่ละประการนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุตสาหกรรม

The Determinants of International Production

Types of International Production	Ownership Advantages	Location Advantages	Internalization Advantages	Illustration of types of activity which favor MNEs
1. Resource-based	Capital, technology, access to markets	Possession of resources	To ensure stability of supply at right price. Control of markets	Oil, copper, tin, zinc, bauxite, bananas, pineapples, cocoa, tea
2. Import substituting manufacturing	Capital, technology, management and organizational skills; surplus r & d & other capacity, economies of scale; Trade marks	Material & labor costs, markets, government policy (with respect to barrier to imports, investment incentives, etc.)	Wish to exploit technology advantages, High transaction or information costs, Buyer uncertainty, etc.	Computers, pharmaceuticals, motor vehicles, cigarettes
3. Export platform manufacturing	As above, but also access to markets	Low labor costs Incentives to local production by host governments.	The economies of vertical integration	Consumer electronics, textiles & clothing, cameras, etc.
4. Trade & distribution	Products to distribute	Local markets. Need to be near customers. After-sales servicing, etc.	Need to ensure sales outlets & to protect company's name	A variety of goods—particularly those requiring close consumer contact
5. Ancillary services	Access to markets (in the case of other foreign investors)	Markets	Broadly as for 2/4	Insurance, banking & consultancy services
6. Miscellaneous	Variety—but include geographical diversification (airlines & hotels)	Markets	Various (see above)	Various kinds a) Portfolio investment—properties b) Where spatial linkages essential (airlines & hotels)

ภาพที่ 1 ข้อได้เปรียบสามประการของ Dunning แบ่งตามประเภทของการผลิตในระดับนานาชาติ

ที่มา: Dunning, J.H. (1980). [5]

จากภาพจะพบว่า อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มจัดอยู่ในการผลิตรูปแบบส่งออกโดยข้อได้เปรียบดังนี้ 1) ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของสินทรัพย์บางประการของอุตสาหกรรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ เงินทุน เทคโนโลยี การจัดการ และทักษะขององค์กร ความสามารถส่วนเกินของการวิจัยและพัฒนาและความสามารถอื่นๆ การประหยัดจากขนาด และตราสินค้า 2) ข้อได้เปรียบจากทำเลที่ตั้ง ได้แก่ ต้นทุนแรงงานต่ำ รวมถึงแรงจูงใจจากรัฐบาลของประเทศผู้รับทุน 3) ข้อได้เปรียบจากการทำเองภายในบริษัท ได้แก่ การประหยัดจากการขยายกิจการในแนวตั้ง เช่นการขยายกิจการไปผลิตวัตถุดิบเอง เพื่อลดความเสี่ยงด้านวัตถุดิบหรือลดต้นทุนของวัตถุดิบลง ทั้งนี้ Verbeke และ Yuan [6] ได้ให้ข้อเสนอแนะถึงข้อได้เปรียบในการเป็นเจ้าของบางประการว่า ข้อได้เปรียบในการเป็นเจ้าของสินทรัพย์ทั้งหลายนั้น ควรเป็นสินทรัพย์ที่สามารถโอนย้ายไปสร้างความได้เปรียบยังประเทศผู้รับทุนได้ มิเช่นนั้นหากข้อได้เปรียบนั้นเกิดที่ประเทศผู้ลงทุนแต่ไม่สามารถโอนย้ายไปยังประเทศผู้รับทุนแล้ว ข้อได้เปรียบเหล่านั้นจะไม่สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันให้แก่บริษัท

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต อธิบายว่าการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของธุรกิจในประเทศไทยไม่ใช่เรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย โดยจะเห็นได้จากการที่ธนาคารกรุงเทพได้ลงทุนทางตรงในต่างประเทศมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 [7] โดยแรงจูงใจที่ทำให้ธุรกิจในประเทศไทยลงทุนทางตรงในต่างประเทศ โดยกล่าวว่า แรงจูงใจหลักนั้นคือการแสวงหาตลาด (Market-seeking) ซึ่งประกอบด้วย การขยายตลาด การส่งเสริมการจัดส่ง และการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า สำหรับการแสวงหาประสิทธิภาพ (Efficiency-seeking) นั้นยังไม่เป็นสำคัญมากนักในขณะนี้แต่เชื่อว่าเป็นสิ่งที่ประเทศไทยจะต้องการในอนาคต ส่วนการแสวงหาทรัพยากร (Resource-seeking) นั้น

ยังเป็นไปได้อย่างจำกัด นอกจากนี้ Wee [7] ยังได้เสนอแนะถึงความท้าทาย และอุปสรรค โดยกล่าวถึงความท้าทายหลักที่ธุรกิจไทยว่าประกอบด้วยปัจจัยดังนี้

- 1) ความยากที่จะเข้าใจความซับซ้อนของนโยบาย และกฎเกณฑ์ภายในประเทศผู้รับทุน (Host country)
- 2) การขาดแคลนข้อมูลทางการตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลทางการตลาดเชิงลึกภายในประเทศผู้รับทุน ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการชะลอการตัดสินใจในการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ
- 3) การขาดแคลนการสนับสนุนของสถาบันที่เชื่อมโยงกัน และแนวทางส่งเสริมจากรัฐบาล แม้ว่ารัฐบาลจะมีนโยบายที่สนับสนุนเพื่อส่งเสริมการลงทุนทางตรงในต่างประเทศแต่อย่างไรก็ดี นโยบายและแนวทางเหล่านั้นล้วนแต่มีความคลุมเครือในมุมมองของบริษัทในประเทศไทย
- 4) แรงจูงใจจากภาครัฐบาลที่จะส่งเสริมการลงทุนทางตรงในต่างประเทศยังอยู่ในระดับต่ำ เช่น เงินอุดหนุนสำหรับการลงทุน หรือ การยกเว้นภาษีสำหรับผู้ลงทุนในต่างประเทศ
- 5) ข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งเงินทุนของบริษัทไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ
- 6) การขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ที่มีทักษะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้จัดการระดับกลาง การขาดทักษะทางภาษา และความไม่สมัครใจของผู้จัดการที่มีคุณภาพในการทำงานในต่างประเทศเป็นข้อจำกัดในการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของไทย
- 7) ข้อจำกัดที่เกิดจากประเทศผู้รับทุน อย่างเช่น อัตราแลกเปลี่ยนค่าเงินคงที่ ข้อกีดกันในการเข้าตลาดสาธารณูปโภคพื้นฐาน ข้อจำกัดในการจ้างงานผู้ที่ย้ายภูมิลำเนา ค่าดำเนินการที่สูง และความยากในการหาผู้ร่วมทุนในท้องถิ่นที่เหมาะสม

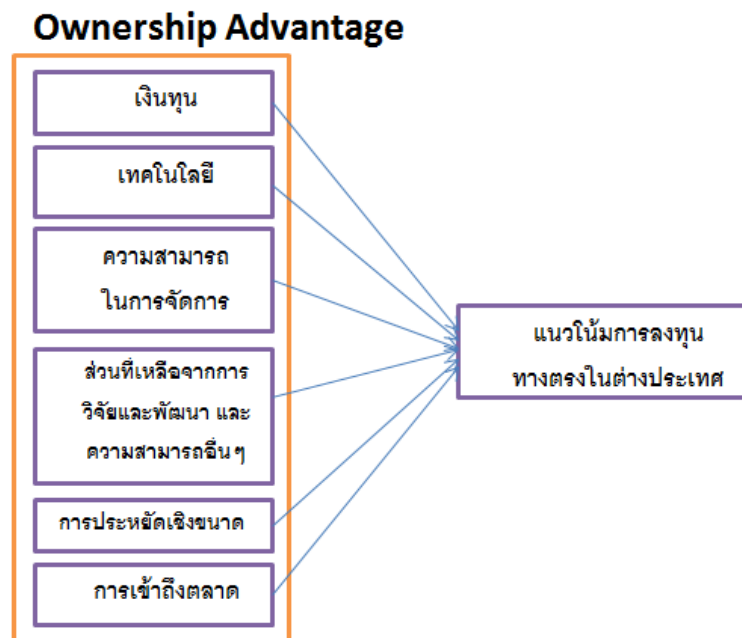
Banga [8] ได้อธิบายแรงผลักดันที่ประเทศไทยแถบเอเชียใต้ เอเชียตะวันออก และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลงทุนทางตรงในต่างประเทศซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา โดย Banga [8] ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการลงทุนทางตรงต่างประเทศอย่างสมบูรณ์ (Electric Paradigm) ของ Dunning [5] ใช้อธิบายการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของประเทศที่กำลังพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก 1) บริษัทในประเทศกำลังพัฒนานั้นไม่ได้ครอบครองความได้เปรียบที่เกิดขึ้นจากการเป็นเจ้าของสินทรัพย์บางอย่าง (Ownership advantages) ได้แก่ ชื่อสินค้า (Brand name) คุณภาพของสินค้า และเทคโนโลยี เหนือกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว 2) ข้อได้เปรียบจากทำเลที่ตั้ง (Location advantage) โดยค่าแรงงานของประเทศที่กำลังพัฒนานั้นต่ำกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว 3) ความได้เปรียบที่เกิดจากการทำให้เป็นภายในของบริษัท (Internalization advantage) โดยกล่าวว่า อัตราภาษีศุลกากรที่ไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการการค้าระหว่างประเทศ ทำให้ปัจจัยที่สอง และสามนั้นมีความเป็นไปได้น้อยลงที่จะอธิบายการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของประเทศที่กำลังพัฒนา โดย Banga [8] ได้สรุปแรงผลักดันที่ทำให้เกิดการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของประเทศที่กำลังพัฒนาไว้ใหม่ด้วยกัน 3 ปัจจัยได้แก่ 1) ปัจจัยความเกี่ยวข้องทางการค้า (Trade-relates factor) คือ การค้าระหว่างประเทศจะสามารถนำไปสู่การลงทุนทางตรงในต่างประเทศซึ่งบริษัทที่มีปริมาณการส่งออกมากนั้น จะมีความเสี่ยงน้อยเนื่องจากมีตลาดรองรับอยู่แล้ว ในขณะที่บริษัทที่นำเข้ามากนั้นจะช่วยลดต้นทุนทางการผลิต 2) ปัจจัยด้านความสามารถที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความรู้ และข้อมูลของประเทศเจ้าบ้านที่รับทุน ทักษะด้านการจัดการ ทักษะด้านการตลาด และทักษะด้านผู้ประกอบการ และเทคโนโลยีที่ทันสมัย 3) ปัจจัยภายในประเทศของประเทศผู้ลงทุน ได้แก่ ขนาดตลาดภายในประเทศ และความเสี่ยงที่จะสูญเสียส่วนแบ่งตลาดสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน ค่าแรงงานที่มีทักษะสูง การมีเทคโนโลยีที่ไม่ทันสมัย ต้นทุนเงินที่สูง รวมถึงนโยบายทางเศรษฐกิจ และกฎหมายแรงงาน

ธนาคารแห่งประเทศไทย [4] ได้อธิบายแรงจูงใจที่ 4 ประการที่ทำให้ธุรกิจไทยลงทุนทางตรงในต่างประเทศได้แก่

- 1) การขยายตลาด (Market-seeking) โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและสิ่งทอ อุตสาหกรรมพื้นตัว พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
- 2) การเพิ่มประสิทธิภาพจากปัจจัยการผลิต (Efficiency-seeking) โดยแสวงหาแหล่งที่มีปัจจัยการผลิตที่มีต้นทุนต่ำกว่า เช่น การย้ายฐานการผลิตในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้แรงงานสูงอย่าง สิ่งทอ เครื่องประดับ ไปยังประเทศที่มีค่าแรงต่ำ
- 3) การจัดหาวัตถุดิบที่สำคัญ (Resource-seeking) โดยการจัดหาแหล่งพลังงาน เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น
- 4) การจัดหาสินทรัพย์ (Asset-seeking) โดยการจัดหาสินทรัพย์เชิงกลยุทธ์ที่จะเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขัน เช่น เทคโนโลยี ชื่อสินค้า (Brand name)

นอกจากนี้ธนาคารแห่งประเทศไทยยังได้จัดทำกรณีศึกษา การลงทุนของไทยในจีนตอนใต้ โดยได้สรุปถึงปัจจัยที่ทำให้นักลงทุนจากประเทศไทยเข้าไปลงทุนทางตรงในจีนว่า 1) แรงจูงใจของนักลงทุนไทยประกอบไปด้วยความต้องการขยายฐานการตลาดของสินค้า โดยเพื่ออำนวยความสะดวกด้านการส่งออก และนำเข้าของบริษัท เพื่อแสวงหาวัตถุดิบและแรงงานราคาถูก และต้องการเพิ่มความหลากหลายให้ธุรกิจปัจจุบัน 2) จุดแข็งสำคัญของธุรกิจไทย ได้แก่ การมีเทคโนโลยี มีความรู้ และมีสินค้าที่เหนือกว่านักลงทุนท้องถิ่น การมีเงินทุนที่เพียงพอ มีคู่ค้าที่ดี และการมีความพร้อมด้านภาษาและวัฒนธรรม

ทั้งนี้หลังจากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้มีการพัฒนาตัวแบบของงานวิจัยตามข้อเสนอของ Dunning [5] ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของการดำเนินธุรกิจในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย โดยการพัฒนาตัวแบบของการวิจัยเป็นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ข้อได้เปรียบในการเป็นเจ้าของที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกประชากรในการวิจัยคือ บริษัทที่อยู่ในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่จดทะเบียนกับกระทรวงพาณิชย์เป็นประชากร สาเหตุที่เลือกเพียงอุตสาหกรรมเดียวเนื่องจาก อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานสูง (Labor intensive) โดยปัจจุบันค่าแรงงานในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อต้นทุนที่สูงขึ้น บริษัทต่างๆ พยายามมองหาความสามารถในการแข่งขันโดยการลดต้นทุน และการลงทุนทางตรงในต่างประเทศเป็นทางเลือกของบริษัทในอุตสาหกรรมนี้ โดยประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ บริษัทที่จดทะเบียนกับกระทรวงพาณิชย์และจัดอยู่ในหมวดอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องแต่งกายรวมทั้งการตกแต่งและย้อมสีขนสัตว์ ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 5,239 บริษัท

จากจำนวนประชากรดังกล่าวได้นำมาคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากทฤษฎีการคำนวณขนาดแบบมีความน่าจะเป็นของทาร์โร ยามาเน่ [9] ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การคำนวณขนาดตัวอย่างได้ = 373 บริษัท ถึงแม้ว่าประชากรของงานวิจัยจะเป็นประชากรที่ผู้วิจัยทราบขนาดของประชากร ซึ่งโดยปกติแล้วนั้นหากทราบขนาดของประชากร เทคนิคการเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมคือ การเลือกตัวอย่างด้วยวิธีชั้นภูมิ แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยสังเกตเห็นถึงความสำคัญของข้อมูลเชิงลึกของบริษัทในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม ทำให้ผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูลจนได้รับข้อมูลเชิงลึกจากสมาคมอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย (Thai Garment Manufacturers Association: TGMA) ดังนั้นการเลือกตัวอย่างในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีเลือกตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณ (Judgment Sampling) กล่าวคือ ผู้วิจัยจะใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกในสมาคมอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทยซึ่งมีจำนวนสมาชิกในปัจจุบันทั้งสิ้น 383 บริษัท ซึ่งผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้บริหารของบริษัทซึ่งเป็นผู้ที่มีอำนาจในการกำหนดเป้าหมาย และพันธกิจในการดำเนินงานของบริษัท

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยผู้วิจัยโดยตรงซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจะใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัย รวมถึงข้อมูลทางการเงินที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ผู้วิจัยได้ไปรวบรวมจาก Business Online ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เก็บรวบรวมข้อมูลงบการเงินจากกระทรวงพาณิชย์ ทำให้ข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การตรวจสอบความไม่เอนเอียงจากการไม่ตอบกลับ (Non-response bias test)

ผู้วิจัยได้ทดสอบความไม่เอนเอียงจากการไม่ได้รับข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบ Independent t-test โดยตัวแปรที่นำมาทดสอบได้แก่ ทุนจดทะเบียนของบริษัท สินทรัพย์รวม ยอดขายต่อปี และกำไรสุทธิต่อปี จากการทดสอบความไม่เอนเอียงจากการไม่ได้รับข้อมูลจากหน่วยตัวอย่าง (Non-response bias test) สามารถสรุปได้ว่า หน่วยตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามกลับมา ไม่มีความแตกต่างกับหน่วยตัวอย่างที่ไม่ได้ตอบแบบสอบถามกลับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่า หน่วยตัวอย่างที่ตอบกลับมาเป็นตัวแทนที่ดีของหน่วยตัวอย่างทั้งหมดที่ความเชื่อมั่น 95%

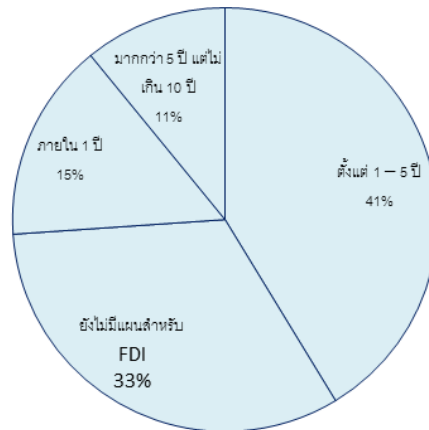
การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis)

การวิเคราะห์อิทธิพลของข้อได้เปรียบในการเป็นเจ้าของต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศนั้น จะใช้การวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกแบบไบนารี (Binary Logistic Regression Analysis)

ผลการวิจัย

แนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของกิจการนั้น มีแนวโน้มมากที่สุดในช่วงเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 5 ปี คิดเป็น 41% รองลงมาคือยังไม่มีแผนการลงทุนทางตรงในต่างประเทศคิดเป็น 33% มีแผนการลงทุนทางตรงในต่างประเทศภายใน 1 ปี คิดเป็น 15% และมีแผนการลงทุนมากกว่า 5 ปี แต่ไม่เกิน 10 ปี คิดเป็น 11% ดังภาพที่ 3

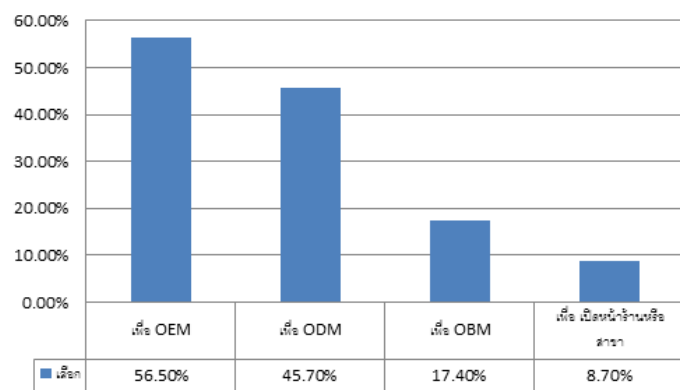
แนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของกิจการ



ภาพที่ 3 แนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของกิจการ

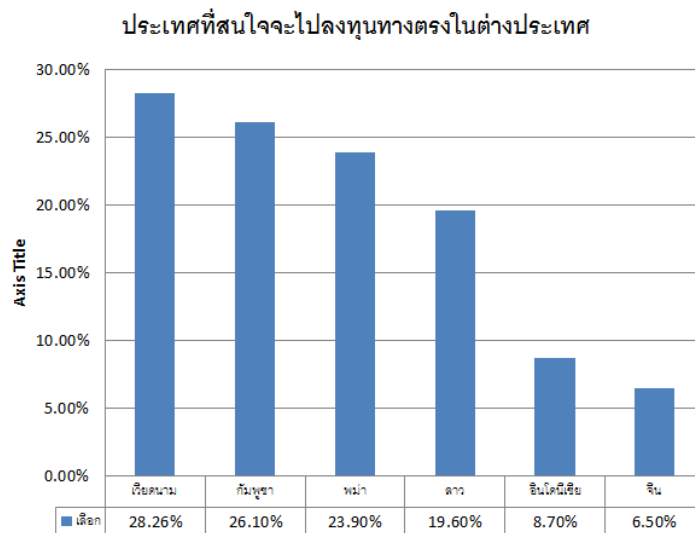
บริษัทมีวัตถุประสงค์ในการลงทุนทางตรงในต่างประเทศมากที่สุดเพื่อรับจ้างผลิตสินค้าสำเร็จรูป (OEM) คิดเป็น 56.50% รองลงมาคือ เพื่อการรับจ้างออกแบบและผลิต (ODM) คิดเป็น 45.70% การผลิตเพื่อขายในตราสินค้าของตนเอง (OBM) คิดเป็น 17.40% และเพื่อเปิดร้านหรือสาขาคิดเป็น 8.70% ดังภาพที่ 4

รูปแบบธุรกิจสำหรับการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ



ภาพที่ 4 รูปแบบธุรกิจสำหรับการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ

ประเทศที่บริษัทส่วนใหญ่สนใจที่จะลงทุนทางตรงในต่างประเทศมากที่สุดในประเทศเวียดนาม และ
กัมพูชา คิดเป็น 28.2% และ 26.10% ตามลำดับ ส่วนประเทศพม่ามีผู้สนใจจะไปลงทุนทางตรงคิดเป็น 23.90%
ประเทศลาวคิดเป็น 19.60% ประเทศอินโดนีเซียคิดเป็น 8.70% และสุดท้ายคือ ประเทศจีนคิดเป็น 6.5% ดังภาพ
ที่ 5



ภาพที่ 5 ประเทศที่สนใจจะไปลงทุนทางตรงในต่างประเทศ

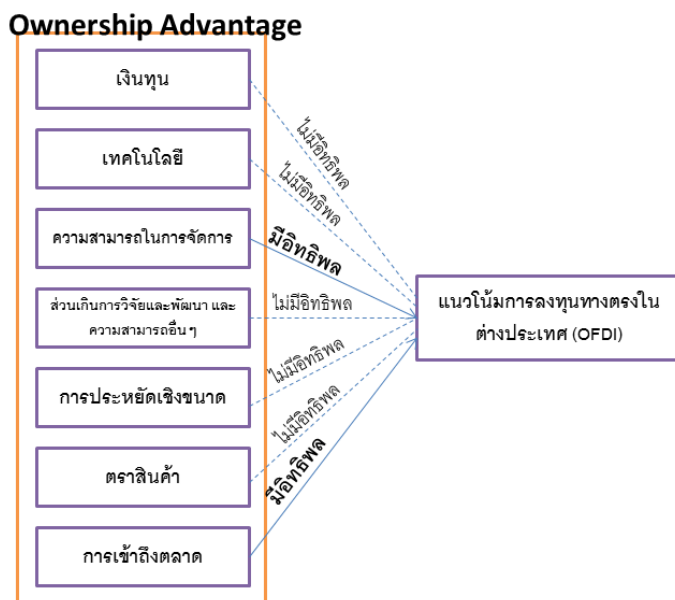
การวิเคราะห์ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ
โดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ
ได้แก่ ความสามารถในการจัดการ และการเข้าถึงตลาด ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ Binary Logistic Regression

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Capital	-0.362	0.259	1.948	1	0.163	0.696
	Technology	-0.291	0.581	0.251	1	0.616	0.748
	Managerial Capabilities	0.407	0.171	5.671	1	0.017	1.502
	SurplusR&D and Other	-0.418	0.223	3.514	1	0.061	0.658
	Economy of Scale	-0.024	0.340	0.005	1	0.943	0.976
	Access to Market	1.047	0.437	5.724	1	0.017	2.848
	Constant	1.269	0.518	5.989	1	0.014	3.557

a. Variable(s) entered on step 1: Capital, Technology, Managerial Capabilities, SurplusR&D and Other, Economy of Scale, Access to Market.

จากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Binary Logistic Regression พบว่า ตัวแปร ความสามารถทางการจัดการ และการเข้าถึงตลาด เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปตัวแบบจากการวิจัยครั้งนี้ได้ดังรูปภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลสรุปของงานวิจัย

สรุปและอภิปรายผล

อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มของประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่มีความคุ้นเคยกับการส่งออก (Export) เป็นอย่างมาก ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า บริษัท 93.50% มีการส่งออก ซึ่งการส่งออกเป็นธุรกรรมหนึ่งของธุรกิจระหว่างประเทศ การส่งออกที่มากบ่งบอกถึงระดับความเป็นนานาชาติของกิจการที่มากด้วย [10] ซึ่งเมื่อบริษัทมีกิจกรรมที่เกี่ยวกับการค้าระหว่างประเทศแล้วนั้นจะส่งผลทำให้บริษัทมีแนวโน้มที่จะลงทุนทางตรงในต่างประเทศ โดยความสัมพันธ์ของการส่งออกและการลงทุนทางตรงในต่างประเทศนั้นได้ถูกอธิบายไว้ด้วย Uppsala Internationalization Process Model [11] ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยได้มองหาปัจจัยที่จะส่งผลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของบริษัทในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อได้เปรียบจากการเป็นเจ้าของ (Ownership Advantage) 2 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการจัดการ (Managerial Capabilities) และความสามารถในการเข้าถึงตลาด (Access to Market) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศ

ความสามารถในการจัดการ (Managerial Capabilities) ของบริษัทเป็นเรื่องของความเพียงพอ รวมถึงความมีคุณภาพของผู้จัดการและผู้บริหาร ซึ่งจะเป็นข้อบ่งชี้สำคัญที่ทำให้บริษัทมีการมองหาการลงทุนในต่างประเทศ Wee [7] กล่าวถึงความขาดแคลนผู้จัดการระดับกลางของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่บริษัทไม่สามารถไปลงทุนทางตรงในต่างประเทศได้ ทั้งๆ ที่การตั้งโรงงานอยู่ในประเทศไทยจะทำให้บริษัทสูญเสียความสามารถในการแข่งขันด้านราคากับคู่แข่งจากประเทศอื่นๆ เนื่องจากต้นทุนค่าแรงงานที่มีราคาสูงขึ้น นอกจากนี้ปัญหาที่บริษัทไทยไม่สามารถไปลงทุนทางตรงในต่างประเทศได้เกิดจากการขาดแคลนจำนวนผู้จัดการ และประสบการณ์การทำงานของผู้บริหารในบริษัทที่ไม่คุ้นเคยกับการดำเนินงานในต่างชาติ ทำให้

บริษัทเลือกที่จะดำเนินธุรกิจอยู่ภายในประเทศ ทั้งๆ ที่มีการแข่งขันสูงมากทั้งจากคู่แข่งภายในประเทศเอง รวมถึงคู่แข่งที่มีต้นทุนต่ำกว่าจากต่างประเทศ [12]

ความสามารถในการเข้าถึงตลาด (Access to Market) แสดงถึงความคุ้นเคย และประสบการณ์เกี่ยวกับตลาดในต่างประเทศ ซึ่งจะส่งผลให้บริษัทมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ ส่งผลต่อการพัฒนาความเป็นนานาชาติของประเทศ [13] สิ่งเหล่านี้จะทำให้บริษัทเกิดความมุ่งมั่นและโอกาสที่จะลงทุนทางตรงในต่างประเทศ [11] ซึ่งการมีลูกค้าหรือตลาดในต่างประเทศอยู่แล้วนั้นทำให้บริษัทมีประสบการณ์ เรียนรู้ความต้องการของลูกค้า รวมถึงความสัมพันธ์อันดี จะส่งผลต่อการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของบริษัท โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่ไม่ค่อยมีความซับซ้อนทางโครงสร้างในการจัดการอย่างอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและแฟชั่นนั้น ความสัมพันธ์และเครือข่ายอันดีระหว่างผู้ขายและลูกค้าล้วนมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการลงทุนทางตรงในต่างประเทศมากกว่าอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนทางโครงสร้างทางการจัดการอย่างอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ น้ำมัน และเคมีภัณฑ์ [14] การมีลูกค้าอยู่ในต่างประเทศทำให้เรารู้ถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคในประเทศนั้นๆ พอเรารู้ความต้องการของผู้บริโภค เราก็จะสามารถออกแบบสินค้าได้ตรงใจลูกค้า ทำให้ตลาดในต่างประเทศของเราเข้มแข็ง สามารถยืนหยัดได้ทั้งๆ ที่เราไม่ได้เป็นบริษัทของประเทศนั้นๆ [15] โดยการเรียนรู้ตลาดเป็นสิ่งสำคัญการมีลูกค้าอยู่มาก ก็เหมือนเรามีช่องทางขายของมากกว่าคนอื่น ถ้าเราไม่มีตลาดรองรับก็จะส่งผลให้การไปดำเนินการหรือไปลงทุนทางตรงในต่างประเทศเป็นความเสี่ยงที่มากกว่าผู้บริหารจะรับได้ [16]

ข้อสรุปจากงานวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแนวโน้มการลงทุนทางตรงในต่างประเทศของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย ได้แก่ ความสามารถทางการจัดการ และการเข้าถึงตลาด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการวิจัยของอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยนั้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ ในด้านของความสามารถในการจัดการและการเข้าถึงตลาด ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้เป็นเหมือนความพร้อมทางด้านจัดการและความพร้อมทางด้านการตลาด เพื่อใช้ในการดำเนินธุรกิจระหว่างประเทศอย่างเต็มตัวนั่นคือ การลงทุนทางตรง ผู้วิจัยหวังว่าผลสรุปจากงานวิจัยชิ้นนี้จะสะท้อนปัจจัยที่จะทำให้บริษัทในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มสามารถพัฒนาตัวเองเพื่อการลงทุนทางตรงในต่างประเทศต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการค้าส่งออก. (2554). *กรมส่งเสริมการค้าส่งออก กระทรวงพาณิชย์*. จาก www.depthai.go.th
- [2] United Nations Conference on Trade and Development. (2010). *Inward and outward foreign direct investment flows, annual, 1970-2010*. Switzerland: UNCTAD.
- [3] สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2551). สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. จาก <http://www.thaitextile.org>
- [4] สมชนก ภาสกรจรัส. (2551). *หลักการจัดการธุรกิจระหว่างประเทศ*. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล.
- [5] Dunning, J.H. (1980). Toward an Eclectic Theory of International Production: Some Empirical Tests. *International Business Studies*. 11(1): 9-31.
- [6] Verbeke, A.; & Yuan, W. (2010). A Strategic Management Analysis of Ownership Advantages in the Eclectic Paradigm. *Multinational Business Review*. 18(2): 89-108.
- [7] Wee, K.H. (2007). Outward foreign direct investment by enterprises from Thailand. *Transnational Corporations*. 16(1): 89-116.
- [8] Banga, R. (2007). *Explaining Asian Outward FDI*. India: UNCTAD-India.
- [9] Yamane, T. (1973). *Statistics: an introductory analysis*. Newyork: Harper and Row.

- [10] Wickramasekera R.; & Oczkowski E. (2006). Stage Models Re-visited: A Measure of the Stage of Internationalisation of a Firm. *Management International Review*. 46(1): 39-55.
- [11] Johanson, J.; & Vahlne, J. (2006). Commitment and Opportunity Development in the Internationalization Process: A Note on the Uppsala Internationalization Process Model. *Management International Review*. 46(2): 165-178.
- [12] ทศนีย์ ธรรมพิทักษ์. (2555, 12 มกราคม). สัมภาษณ์โดย อาริษา ปานอ่อนนธ์ ที่บริษัท การ์เมนต์ ทาว์น จำกัด.
- [13] Johanson, J.; & Vahlne, J. (1977). The Internationalization Process of the Firm - A Model of Knowledge Development and Increasing Foreign Market. *Journal of International Business Studies*. 8(1): 25-34.
- [14] Tavoletti, E. (2011). The Internationalization Process of Italian Fashion Firms: Looking for an Analytical Generalization. *South Asian Journal Of Management*. 18(2): 7-29.
- [15] บุญชัย บัณฑิตอร่ามพร. (2555, 12 มกราคม). สัมภาษณ์โดย อาริษา ปานอ่อนนธ์ ที่บริษัท ซาบีน่า จำกัด (มหาชน).
- [16] กฤษดา เจนพณิช. (2555, 16 มกราคม). สัมภาษณ์โดย อาริษา ปานอ่อนนธ์ ที่บริษัท ไทย เจ.เพรส จำกัด.

SWU6-1049: สิทธิประโยชน์ทางภาษีและภาระภาษีเงินได้นิติบุคคล TAX INCENTIVE AND EFFECTIVE CORPORATE TAX RATE

วริทธิ์ คัมภีพันธ์

Warit Kampeepan

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Faculty of Economics, Chulalongkorn University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: ai._kway@hotmail.com

บทคัดย่อ

ถึงแม้ว่าจะมีการกำหนดอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลไว้อยู่ที่ร้อยละ 30 แต่อย่างไรก็ตามภาระภาษีเงินได้นิติบุคคลที่เกิดขึ้นนั้นจะน้อยกว่าร้อยละ 30 และไม่เท่ากันในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท เนื่องจากภาครัฐได้ให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อดึงดูดให้เกิดการลงทุนและเพื่อใช้ในการสนับสนุนนโยบายต่างๆ ของภาครัฐ วิทยานิพนธ์เรื่องนี้จึงทำการศึกษาสหสัมพันธ์ทางภาษีด้านต่างๆ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อภาระภาษีเงินได้นิติบุคคล อีกทั้งยังทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของภาระภาษีจากอดีตจนถึงปัจจุบันและศึกษาความแตกต่างของภาระภาษีในแต่ละอุตสาหกรรม โดยใช้ข้อมูลงบการเงินของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยใน 5 อุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรมทรัพยากร อุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเทคโนโลยี ในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2554 ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การประมาณค่าด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data จากการศึกษาพบว่า ระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ทำให้ภาระภาษีเงินได้นิติบุคคลลดลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ บริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI จะมีการเปลี่ยนแปลงของภาระภาษีจากปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 ลดลงมากกว่าบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ซึ่งอาจแสดงถึงในช่วงเวลาดังกล่าวภาครัฐได้ให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารมากกว่าอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ถ้าหากกำหนดปัจจัยต่างๆ คงที่จะมีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาระภาษีจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ภาระภาษีเงินได้นิติบุคคล สิทธิประโยชน์ทางภาษี การส่งเสริมการลงทุน

Abstract

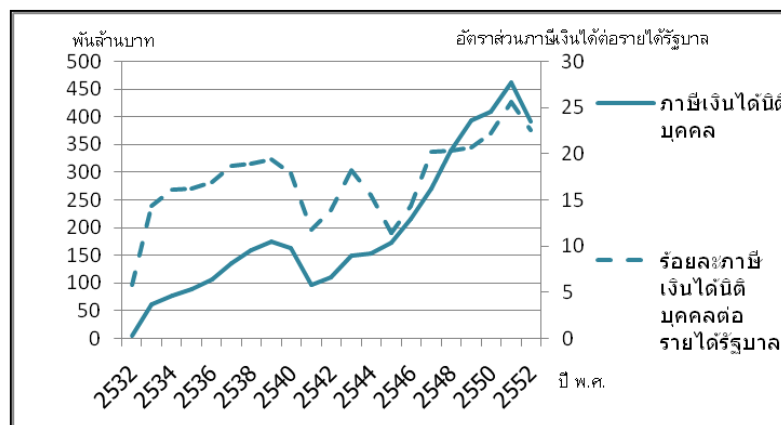
Although, the statutory tax rate on corporate income has long been 30 percent of net profit. The effective corporate tax rate, however, may be less than 30 percent and unequal in all industries. Because of the government gives tax benefits to induce investment and to support some of government's policies. Therefore, the study focuses on tax benefits and some factors that affect the effective corporate tax rate. The study investigated, moreover, the change of the corporate tax rate in the past and the different of the corporate tax rate in some industries. In estimation, panel data collected from 5 groups of companies in The Stock Exchange of Thailand (SET) such as agriculture and food industry, technology industry, resource industry, consumption good industry, industrial good industry in

2545, 2550 and 2555. Three Time Periods First Differenced Panel Data used to estimation. The study finds the tax benefits from BOI reduce the effective tax rate in statically significant. Companies in industrial good industry and agriculture and food industry that received the tax benefits from BOI will reduce the effective corporate tax rate in 2550 to 2555 more than companies in consumption good industry that received the tax benefits from BOI. If assume other factors do not change, moreover, consumption good industry has increasing the effective corporate tax rate in 2545 to 2555.

Keywords: The effective corporate tax rate, Tax benefits, BOI

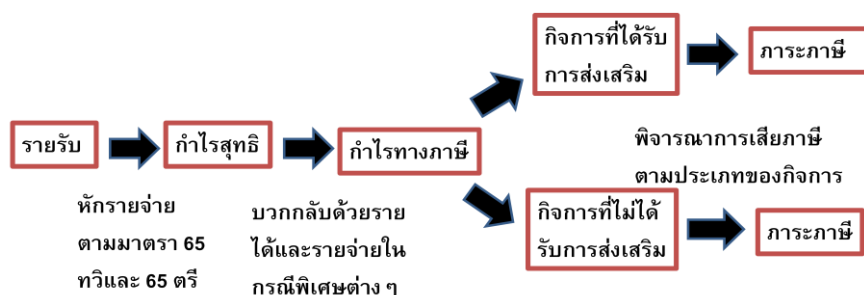
บทนำ

ในปัจจุบันภาษีเงินได้นิติบุคคลถือเป็นรายได้ที่สำคัญของภาครัฐซึ่งใช้ในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยภาษีเงินได้นิติบุคคลถือเป็นภาษีทางตรงที่จัดเก็บจากรายได้สุทธิของนิติบุคคลที่ประกอบกิจการหรือได้รับเงินได้ในกรณีต่างๆ จากภาพที่ 1 จะเห็นว่า มีการเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลเพิ่มขึ้นจากในอดีต โดยในปี พ.ศ. 2532 มีการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลซึ่งมีสัดส่วนต่อรายได้ของรัฐบาลเป็นร้อยละ 6 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเศรษฐกิจของประเทศไทยกำลังเริ่มขยายตัวจึงทำให้การจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลจึงยังไม่มากนัก แต่หลังจากปี พ.ศ. 2532 ได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้มีการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลได้มากขึ้นมาตลอด ซึ่งมีสัดส่วนภาษีเงินได้นิติบุคคลต่อรายได้ของรัฐบาลประมาณร้อยละ 15-20 จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2540 ที่เกิดวิกฤตเศรษฐกิจในประเทศไทยทำให้การจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลลดลงมาก เนื่องจากบริษัทหลายแห่งประสบปัญหาขาดทุนหรือเลิกกิจการ ดังนั้นในปีนี้จึงเป็นปีที่มีการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลได้น้อยลงโดยมีสัดส่วนภาษีเงินได้นิติบุคคลต่อรายได้รัฐบาลประมาณร้อยละ 12 ต่อรายได้รัฐบาล หลังจากปี พ.ศ. 2543 วิกฤตเศรษฐกิจเริ่มคลี่คลายลงการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลจึงเพิ่มมากขึ้นทุก โดยในปี พ.ศ. 2551 สามารถจัดเก็บภาษีได้มากที่สุดซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 25 ของรายได้รัฐบาล แต่ในปี พ.ศ. 2552 ได้เกิด Hamburger Crisis การจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลจึงลดลง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าภาษีเงินได้นิติบุคคลถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการพัฒนาของประเทศ โดยในระยะหลังภาษีเงินได้นิติบุคคลนั้นมีสัดส่วนต่อรายได้รัฐบาลที่สูงมาก สาเหตุส่วนหนึ่งก็เนื่องมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศและการเข้ามาลงทุนของชาวต่างชาติ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงภาษีเงินได้นิติบุคคลที่จัดเก็บได้ ระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2552

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะพบว่า ภาวะภาษีที่เกิดขึ้นจริงอาจต่ำกว่าร้อยละ 30 และอาจไม่เท่ากันในแต่ละอุตสาหกรรม เนื่องจากในการคำนวณภาษีเงินได้นิติบุคคล บริษัทจะนำรายรับจากการดำเนินงานมาหักด้วยรายจ่ายตามมาตรา 65 ทวิและมาตรา 65 ตี¹ ซึ่งจะได้เป็นกำไรสุทธิ จากนั้นจะนำกำไรสุทธิมาทำการคำนวณกำไรทางภาษีและทำการคำนวณภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลจากกำไรทางภาษี ซึ่งนอกจากการพิจารณาอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลตามประเภทของนิติบุคคลและข้อกำหนดบางข้อที่ทางบริษัทสามารถใช้ลดหย่อนภาษีหรือใช้เป็นรายจ่ายในกรณีพิเศษได้ อาทิ การนำค่าใช้จ่ายในการวิจัยและการพัฒนาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแรงงานมาเป็นรายจ่ายในกรณีพิเศษ เป็นต้น จะต้องพิจารณาด้วยว่ากิจการนั้นได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) หรือไม่โดยบริษัทต่างๆ อาจมีการประกอบกิจการในหลายๆ กิจการพร้อมกัน ซึ่งมีทั้งกิจการที่ได้รับสิทธิประโยชน์และไม่ได้รับสิทธิประโยชน์รวมอยู่ ดังนั้นจะต้องพิจารณาว่าในแต่ละกิจการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีอะไรบ้าง จากนั้นก็จะคำนวณภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลตามสิทธิประโยชน์ของแต่ละกิจการที่ได้รับ แล้วค่อยนำภาวะภาษีในแต่ละกิจการมารวมเป็นภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลทั้งหมดที่บริษัทนั้นจะต้องเสียให้แก่ภาครัฐ ด้วยสาเหตุนี้เองที่อาจทำให้อุตสาหกรรมในแต่ละประเภทมีภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลไม่เท่ากัน โดยบริษัทต่างๆ อาจมีการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะของแต่ละกิจการว่ามีความสอดคล้องกับข้อกำหนดในการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) หรือไม่ ซึ่งการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนก็ต้องกำหนดขึ้นให้มีความสอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐด้วย ดังนั้นอาจทำการอนุมานได้ว่าอุตสาหกรรมที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีมักย่อมเป็นอุตสาหกรรมที่ภาครัฐมีการออกนโยบายให้การสนับสนุน



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณภาษีเงินได้นิติบุคคล

โดยส่วนใหญ่แล้วในประเทศที่กำลังพัฒนาภาครัฐจะมีการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกิดการลงทุน ซึ่งอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอาจมีการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีไม่เท่ากัน ตามลักษณะความแตกต่างที่เกิดขึ้นในแต่ละอุตสาหกรรม อาทิ การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีสำหรับการนำเข้าและการส่งออก ย่อมเป็นผลดีแก่กิจการที่เน้นการนำเข้าและการส่งออก การให้สิทธิประโยชน์ในด้านค่าสึกหรอจากทรัพย์สินประเภทเครื่องจักรและอุปกรณ์ของเครื่องจักรย่อมเป็นผลดีแก่กิจการที่มีการใช้เครื่องจักรในจำนวนมากหรือ การยกเว้นภาษีเงินได้ที่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อทำการวิจัยและพัฒนาให้แก่หน่วยงานของรัฐ หรือเอกชนตามที่กำหนดก็ย่อมเป็นผลดีแก่กิจการที่ต้องการพัฒนาเทคโนโลยี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาครัฐมีการให้สิทธิประโยชน์หลายอย่างเพื่อดึงดูดให้เกิดการลงทุนโดยจะทำให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยี การพัฒนาความสามารถของแรงงาน การเกิด

¹ มาตรา 65 ทวิจะเกี่ยวกับการคำนวณค่าเสื่อมราคา การประเมินมูลค่าทรัพย์สิน ส่วนมาตรา 65 ตี จะเกี่ยวกับรายจ่ายที่ไม่สามารถนำมาหักกับรายรับได้

การจ้างงานและยังเกิดประโยชน์แก่ประเทศอีกหลายอย่างที่ไม่สามารถประเมินค่าได้ แต่อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้ามผลกระทบของการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีก็จะทำให้ภาครัฐมีรายได้เพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศลดลง การสูญเสียทรัพยากรในประเทศหรือการเกิดปัญหาอุปสรรคเนื่องจากการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่มากเกินไป การกำหนดนโยบายการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลจึงควรทำการพิจารณาในหลายๆ ด้าน เนื่องจากถ้าหากจัดเก็บในอัตราที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดผลกระทบหลายอย่าง อาทิ ถ้าเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลในอัตราที่สูงเกินไป อาจจะทำให้ไม่เกิดการลงทุนหรือถ้าหากเก็บในอัตราต่ำเกินไปก็จะทำให้ภาครัฐมีรายได้น้อยเกินไปหรือปัญหาอื่นๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในช่วงต้น ดังนั้นการจัดเก็บภาษีเงินได้นิติบุคคลจะต้องมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความสูญเสียเปล่าทางเศรษฐกิจน้อยที่สุด ซึ่งนโยบายทางภาษีของแต่ละประเทศจะไม่เหมือนกันจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างพื้นฐานและลักษณะเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ

ไม่เพียงเท่านั้นลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละอุตสาหกรรมก็จะมีผลกระทบต่อการกำหนดนโยบายภาษีของภาครัฐที่ต่างกันด้วย ตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เครื่องจักรเป็นจำนวนมากจะต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐโดยการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีในค่าเสื่อมของเครื่องจักร เป็นต้น ดังนั้นถ้าหากภาครัฐต้องการให้การสนับสนุนอุตสาหกรรมประเภทนี้ย่อมต้องมีการกำหนดนโยบายที่ให้สิทธิประโยชน์ในด้านค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร หรือในบางอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันที่สูงทำให้มีกำไรต่ำ การกำหนดอัตราภาษีที่ต่ำหรือการให้สิทธิประโยชน์ในด้าน Tax holidays จะเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถดึงดูดให้เกิดการลงทุนในอุตสาหกรรมเหล่านี้ได้ ดังนั้นการศึกษาเรื่องสิทธิประโยชน์ทางภาษีและภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลจึงมีความสำคัญ ซึ่งจะทำให้สามารถเสนอแนะนโยบายที่เหมาะสมที่จะสามารถดึงดูดให้เกิดการลงทุนและเกิดรายได้ให้กับภาครัฐเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศต่อไป

ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาระยะภาษีของนิติบุคคลที่ประกอบกิจการในประเทศไทยในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อศึกษาการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของบริษัทในแต่ละอุตสาหกรรมและปัจจัยต่างๆ ที่กระทบต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคล อีกทั้งยังสามารถทำให้ทราบถึงการให้การสนับสนุนอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วยการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีต่างๆ จากภาครัฐ นอกจากนี้ยังทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีที่เกิดขึ้นจากในอดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากในปัจจุบันได้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบเศรษฐกิจ ทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตประจำวัน โดยใช้ข้อมูลงบการเงินของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) และจะใช้การศึกษาด้วยวิธี Panel data แบบ Fixed effects model

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเงินได้นิติบุคคลของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคล อาทิ ระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี สัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติ สัดส่วนการใช้สินทรัพย์ทุน เป็นต้น
2. ศึกษาความแตกต่างของภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลในบริษัทที่ประกอบกิจการในอุตสาหกรรมที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของอุตสาหกรรมต่างๆ ตามที่ภาครัฐกำหนด
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีจากในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจะสามารถทราบถึงผลของการเปลี่ยนแปลงทางสภาพเศรษฐกิจและสังคมต่อภาวะภาษีของบริษัทต่างๆ ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ทำการศึกษา

ในการศึกษาจะเป็นการศึกษาภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งจะทำการคำนวณภาวะภาษีด้วยวิธี average effective tax rate นอกจากนี้ยังใช้วิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data ในการประมาณค่า โดยจะทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2554 ในการคำนวณ average effective tax rate ของนิติบุคคลที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยจะคำนวณจากข้อมูลงบการเงินรายปีของบริษัทต่างๆ ซึ่งสามารถใช้การคำนวณจากรายรับของบริษัทหรือกำไรสุทธิของบริษัทก็ได้ โดยการคำนวณในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีที่ต่างกัน อาทิ การคำนวณโดยใช้กำไรสุทธิจะเป็นการพิจารณาถึงผลตอบแทนที่เกิดจากการดำเนินกิจการของบริษัทและกำไรสุทธิยังใช้ในการคำนวณกำไรทางภาษี โดยจะคำนวณจากการนำกำไรสุทธิมาบวกกลับด้วยรายได้และรายจ่ายในกรณีพิเศษต่างๆ อาทิ เงินได้จากเงินปันผล ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและการพัฒนา การนำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษี รายจ่ายต่างๆ ตามมาตรา 65 ตรี เป็นต้น จากนั้นจึงทำการคำนวณภาษีเงินได้นิติบุคคลจากกำไรทางภาษี อีกทั้งการคำนวณด้วยวิธีนี้ยังมีผู้ทำการศึกษามากมาย ได้แก่ Chadin Rochananonda [1] และ Euamporn Phijaisanit [2] ส่วนการคำนวณโดยใช้รายรับของบริษัทอาจสามารถใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้สินทรัพย์ทุนกับภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลได้ดีกว่า ในการศึกษาจะใช้กำไรก่อนต้นทุนทางการเงินและภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลทำการคำนวณค่า average effective tax rate

$$ETR_{it} = \frac{t_{it}}{i_{it}}$$

เมื่อ ETR_{it} เท่ากับ average effective tax rate ของบริษัท i ณ เวลา t

t_{it} เท่ากับจำนวนภาษีเงินได้นิติบุคคลที่เสียจริงของบริษัท i ณ เวลา t

i_{it} กำไรที่ก่อนหักภาษีเงินได้นิติบุคคลและต้นทุนทางการเงินของบริษัท i ณ เวลา t

เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของภาวะภาษีในแต่ละอุตสาหกรรมและศึกษาปัจจัยความแตกต่างในด้านเวลาต่อภาวะภาษี ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงมีตัวแปรดังต่อไปนี้

อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (ROA) อัตราส่วนนี้สามารถบอกถึงความสามารถในการทำกำไรหรือปริมาณกำไรของบริษัทเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสินทรัพย์ที่บริษัทนั้นมี ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนจำนวนกำไรเพื่อใช้ในการประมาณค่าได้ เนื่องจากถ้าหากมีอัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ (%ROA) ที่สูงจะมีแนวโน้มที่จะทำให้ภาวะภาษีสูงขึ้นด้วย อีกทั้งอัตราส่วนนี้ยังสามารถนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างบริษัทเล็กกับบริษัทใหญ่ได้ โดยบริษัทขนาดใหญ่จะมีจำนวนกำไรมากกว่าบริษัทขนาดเล็กแต่เมื่อหารด้วยจำนวนสินทรัพย์จะทำให้ความแตกต่างด้านขนาดของบริษัทหมดไป

อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น (D/E) อัตราส่วนนี้สามารถบอกถึงปริมาณหนี้สินที่บริษัทนั้นมีมากน้อยขนาดไหน และจากผลการศึกษาในงานวิจัยหลายชิ้น อาทิ Overesch and Voeller [3], Buettner; et.al [4] และ Gropp [5] เป็นต้น ได้พบว่า หนี้สินมีความสัมพันธ์กับภาวะภาษีในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงตั้งสมมุติฐานว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้นต่อภาวะภาษีจึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน²

² อาจมีกรณีที่บริษัทที่มีหนี้สินมากจะมีจำนวนดอกเบี้ยสูงและทำให้ต้นทุนเพิ่มมากขึ้น บริษัทเหล่านี้จึงอาจจะมีปัญหาในการดำเนินงานหรือประสบกับปัญหาขาดทุนในอนาคตและบริษัทที่ขาดทุนจะสามารถนำส่วนขาดทุนมาลดหย่อนภาวะภาษีในปีนั้นและในรอบบัญชีถัดไปได้

นอกจากนี้ถ้าหากบริษัทต่างๆ ทำการเสนอโครงการเพื่อขอรับการส่งเสริมการลงทุน คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนย่อมอัตราส่วนเหล่านี้มาประกอบในการพิจารณาในให้การส่งเสริมด้วย³ ดังนั้นตัวแปรเหล่านี้สามารถมีผลกระทบต่อภาวะภาษีของบริษัทได้

ในการประมาณค่าภาวะภาษีเพื่อที่จะให้ได้การประมาณค่าที่แม่นยำมากขึ้น จึงควรมีการพิจารณาถึงลักษณะรายละเอียดเฉพาะของบริษัทนั้น จึงได้มีการนำตัวแปรด้านลักษณะพิเศษของบริษัทมาใช้ในการประมาณค่าด้วย อาทิ

สัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติ (Foreign) โดยจะคำนวณจาก 100 หักลบด้วยสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนไทย ซึ่งการเป็นบริษัทร่วมทุนอาจมีผลกระทบต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลได้

การถือครองหุ้นของนักลงทุนอาเซียน (ASEAN) เป็นการคำนวณสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนในกลุ่มประเทศอาเซียน เนื่องจากประเทศสมาชิกต่างๆ ในอาเซียนกำลังมีการปรับตัวเข้าสู่การเป็นประชาคมอาเซียน โดยได้เริ่มมีการบังคับใช้กฎเกณฑ์บางข้อตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ซึ่งจะมีผลทำให้มีการเคลื่อนย้ายเงินทุนได้อย่างเสรีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นปัจจัยการถือครองหุ้นของนักลงทุนอาเซียนอาจมีผลกระทบต่อภาวะภาษีได้

การได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี (BOI) จะทำการคำนวณโดยนำจำนวนรายรับที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI มาหารด้วยจำนวนรายรับของบริษัททั้งหมด ก็จะทำให้ทราบถึงระดับสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่บริษัทต่างๆ ได้รับ ความสัมพันธ์ของระดับสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่บริษัทได้รับควรจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคล

ระดับการใช้สินทรัพย์ทุน (Capital) โดยจะนำการหักค่าเสื่อมราคามาหารด้วยจำนวนค่าใช้จ่ายทั้งหมดของบริษัท ตัวแปรนี้สามารถนำมาประมาณระดับการใช้เครื่องจักรและสินทรัพย์ทุนในบริษัทได้ เนื่องจากบริษัทที่มีการใช้เครื่องจักรมากย่อมมีจำนวนค่าเสื่อมราคาที่สูงด้วยและเมื่อนำมาหารด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมดของบริษัทก็จะเป็นการทำให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณการใช้สินทรัพย์ทุนระหว่างบริษัทขนาดใหญ่กับบริษัทขนาดเล็กได้

ขนาดของบริษัท (Size) โดยการนำสินทรัพย์ของบริษัททั้งหมดมาเป็นตัวแทนขนาดของบริษัทและทำให้อยู่ในรูปของ log ซึ่งในบางข้อกำหนดของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนได้มีการให้สิทธิประโยชน์ตามขนาดของกิจการด้วย ดังนั้นขนาดของบริษัทอาจจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับภาวะภาษี

อุตสาหกรรม	จำนวนบริษัท (n)	ETR1	ETR2	ROA	D/E	foreign	ASEAN	Capital	Size	BOI	บริษัทที่นำผลขาดทุนลดหย่อนภาษี
เกษตรและอาหาร	28	1.4713	17.302	11.019	0.8821	19.863	7.017	4.8168	5073	34.963	1
ทรัพยากร	12	4.479	10.21	11.173	12.581	21.109	3.3243	16.287	58868	32.37	4
เทคโนโลยี	12	1.1954	8.9242	9.8942	0.4933	40.137	12.508	5.5339	19819	38.682	3
สินค้าอุตสาหกรรม	28	1.5476	12.457	11.722	2.2033	29.12	3.3336	6.6297	3480	27.022	13
สินค้าอุปโภคบริโภค	23	1.6225	13.725	12.519	0.6468	23.774	1.9405	6.556	3184	20.154	6
MEAN		2.0631	12.524	11.265	3.3613	26.801	5.6248	7.9646	18085	30.638	5.4

ภาพที่ 3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในปี พ.ศ. 2545

³ ในการให้สิทธิประโยชน์บางประเภทจะกำหนดอัตราส่วนหนี้สินต่อผู้ถือหุ้นว่าจะต้องไม่เกินเท่าไรไว้

อุตสาหกรรม	จำนวนบริษัท (n)	ETR1	ETR2	ROA	D/E	foreign	ASEAN	Capital	Size	BOI	บริษัทที่นำผลขาดทุนลดหย่อนภาษี
เกษตรและอาหาร	28	1.513	13.572	10.07	1.07	16.937	3.6856	4.4175	8861	33.163	6
ทรัพยากร	12	4.96	16.764	14.778	0.9975	24.079	2.5709	14.824	123143	16.628	2
เทคโนโลยี	12	2.1956	16.698	12.708	1.3008	34.432	13.315	5.6513	25217	32.665	1
สินค้าอุตสาหกรรม	28	1.5781	15.892	9.6296	0.9156	24.411	3.5953	5.1379	4892.9	21.787	3
สินค้าอุปโภคบริโภค	23	1.1794	14.362	7.1873	0.555	16.888	0.8789	5.6805	3836.2	16.562	7
MEAN		2.2852	15.458	10.874	0.9678	23.349	4.809	7.1423	33190	24.161	3.8

ภาพที่ 4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในปี พ.ศ. 2550

อุตสาหกรรม	จำนวนบริษัท (n)	ETR1	ETR2	ROA	D/E	foreign	ASEAN	Capital	Size	BOI	บริษัทที่นำผลขาดทุนลดหย่อนภาษี
เกษตรและอาหาร	28	1.6591	14.691	13.922	0.8792	16.789	5.0798	3.8642	15180	33.371	4
ทรัพยากร	12	6.4235	28.198	13.783	1.0058	22.943	2.8354	12.147	206263	3.9481	1
เทคโนโลยี	12	1.7022	15.941	12.563	1.6175	32.109	13.226	7.0103	23165	37.833	1
สินค้าอุตสาหกรรม	28	1.8762	16.409	10.386	0.7342	22.723	3.6132	4.3228	5645.7	20.607	5
สินค้าอุปโภคบริโภค	23	2.1376	23.327	9.1105	0.5175	15.903	0.2022	5.9745	4504.6	6.6062	2
MEAN		2.7597	19.713	11.953	0.9508	22.093	4.9913	6.6637	50952	20.473	2.6

ภาพที่ 5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในปี พ.ศ. 2554

ถึงแม้ว่าจะมีบริษัทที่จดทะเบียนอยู่ในตลาดหลักทรัพย์เป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาโดยใช้ข้อมูล panel นั้นจำเป็นที่จะต้องติดตามเก็บข้อมูลบริษัทเดียวกันตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้มีตัดข้อมูลของบริษัทมากกว่าครึ่งหนึ่งออกไป เนื่องจากบริษัทเหล่านั้นเลิกกิจการ ออกจากการเป็นบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์หรือเพิ่งเข้ามาเป็นบริษัทจดทะเบียนในภายหลังช่วงเวลาปี พ.ศ. 2545 อีกทั้งยังมีบริษัทส่วนหนึ่งที่ประสบปัญหาขาดทุนในปีที่ทำการศึกษาจึงทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลของบริษัทเหล่านี้ทำการศึกษาได้ นอกจากนี้ยังมีบริษัทอีกส่วนหนึ่งที่มีการใช้ผลขาดทุนในช่วงเวลาก่อนหน้ามาลดหย่อนภาษีจึงอาจส่งผลต่อการประมาณค่าได้ ดังนั้นจึงได้มีการแยกตัวแปรออกเป็นสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีซึ่งจะประมาณค่าตามปกติ ส่วนตัวแปรกลุ่มที่สองจะเป็นตัวแปรทั้งหมดแต่เพื่อการประมาณค่าที่แม่นยำขึ้นจึงได้เพิ่มตัวแปร dummy เข้ามา ซึ่งจะมีค่าเป็น 1 ถ้าบริษัทนั้นใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีและมีค่าเป็น 0 หากไม่ใช่

เมื่อพิจารณาค่า average effective tax rate จะพบว่า ทั้งการคำนวณโดยใช้รายรับ (ETR1) และการคำนวณโดยใช้กำไรสุทธิ (ETR2) ค่าเฉลี่ยของ average effective tax rate ในทุกอุตสาหกรรมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น โดยค่าเฉลี่ยของ ETR2 ในปี พ.ศ. 2545 อยู่ที่ประมาณร้อยละ 12.52 และค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ประมาณร้อยละ 19.71 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chadin Rochananonda [1] และ Euamporn Phijaisanit [2] แต่อาจมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากมีการกำหนดกลุ่มบริษัทและมีการใช้ข้อมูลของบริษัทที่ต่างต่างกัน ส่วน

ค่าเฉลี่ยของ ETR1 นั้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 2 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ส่วนตัวแปร BOI นั้นจะพบว่าค่าเฉลี่ยของ BOI มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมทรัพยากร ในปี พ.ศ. 2554 มีค่าเฉลี่ยของ BOI อยู่ที่ประมาณร้อยละ 6.6 และร้อยละ 3.9 ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของค่า BOI นั้นอาจมาจากการใช้ข้อมูล panel จะทำการศึกษาบริษัทเดิมตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปสิทธิประโยชน์ที่บริษัทต่างๆ ได้รับย่อมหมดอายุจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของ BOI ลดลงได้ ส่วนอุตสาหกรรมที่เหลือนี้อาจมีค่าเฉลี่ย BOI ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักโดยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30 โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเทคโนโลยีที่มีค่าเฉลี่ยของ BOI มากกว่าอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งการที่ค่าเฉลี่ยของ BOI ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักอาจแสดงถึงการที่คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนได้มีการออกนโยบายสนับสนุนอุตสาหกรรมเหล่านี้ที่อยู่เป็นระยะ

ค่าเฉลี่ยของ D/E และจำนวนบริษัทที่นำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน โดยในปี พ.ศ. 2545 นั้นมีการนำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลกระทบจากวิกฤตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2541 อีกทั้งการประสบปัญหาขาดทุนนั้นสามารถทำให้บริษัทต่างๆ มีหนี้สินเพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราส่วน D/E ในปี พ.ศ. 2545 จึงสูงด้วย ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน ROA จะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนอาเซียนแล้วจะพบว่าอุตสาหกรรมเทคโนโลยีเป็นอุตสาหกรรมที่มีนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนอาเซียนถือครองมากที่สุด โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2545 ที่มีสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติอยู่ที่ประมาณร้อยละ 40 และนักลงทุนอาเซียนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 13⁴ ซึ่งอาจแสดงถึงการขาดความรู้และความชำนาญทางเทคโนโลยีจึงต้องมีการร่วมกันลงทุนของนักลงทุนต่างชาติ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาด้านปัจจัยการใช้สินทรัพย์ทุนและขนาดของกิจการจะพบว่า อุตสาหกรรมทรัพยากรธรรมชาตินั้นมีค่าเฉลี่ยของการใช้สินทรัพย์ทุน (capital) และขนาดของกิจการ (size) มากที่สุด เนื่องจากบริษัทที่ประกอบกิจการในอุตสาหกรรมพลังงาน อาทิ โรงไฟฟ้าต่างๆ โรงกลั่นปิโตรเลียม โครงการก่อสร้างท่าอากาศยาน เป็นต้น ดังนั้นบริษัทที่สามารถดำเนินโครงการเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีขนาดกิจการที่ใหญ่และการใช้สินทรัพย์ทุนที่สูง

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากอุตสาหกรรมแต่ละอุตสาหกรรมนั้นมีความแตกต่างกัน จึงควรแยกแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณค่าตามภาคอุตสาหกรรมเพื่อให้การประมาณค่ามีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นภาคอุตสาหกรรมใหญ่ๆ อาทิ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรมทรัพยากร อุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเทคโนโลยี ซึ่งจะมีแบบจำลอง ดังต่อไปนี้

การประมาณค่าด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data

กำหนดให้ a_i เป็น unobserved effect ซึ่งเป็นผลกระทบต่างๆ ที่ไม่สามารถวัดได้และผลกระทบนี้ไม่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาที่ส่งผลต่อภาวะภาษีที่อาจเป็นปัจจัยทางด้านลักษณะเฉพาะของอุตสาหกรรม ความเชี่ยวชาญหรือชื่อเสียงจากในอดีต ความได้เปรียบจากสภาพทางภูมิศาสตร์และทางสังคม

U_{it} เป็น idiosyncratic error ซึ่งเป็นผลกระทบต่างๆ ที่ไม่สามารถวัดได้ และผลกระทบนี้เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาที่ส่งผลต่อภาวะภาษี ได้แก่ การถดถอยของระบบเศรษฐกิจในต่างประเทศ การเปลี่ยนแปลงการจัดเก็บภาษีในประเทศเพื่อนบ้าน temporary shock ที่กระทบในแต่ละอุตสาหกรรม

⁴ นักลงทุนอาเซียนส่วนใหญ่จะเป็นนักลงทุนสิงคโปร์ เนื่องจากมีความพร้อมด้านเงินทุนและมีการพัฒนาทางตลาดการเงินมากกว่าประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคอาเซียน

สมการที่ 1

$$\begin{aligned} ETR_{it} = & \delta_1 + \delta_2 d50_t + \delta_3 d54_t + \delta_4 d50_t BOI_{it} + \delta_5 d54_t BOI_{it} \\ & + \beta_1 ROA_{it} + \beta_2 DE_{it} + \beta_3 Capital_{it} + \beta_4 \log(size_{it}) \\ & + \beta_5 Foreign_{it} + \beta_6 ASEAN_{it} + a_i + u_{it} \end{aligned}$$

ย้อนหลังไปหนึ่งช่วงเวลาจะได้เป็นสมการที่ 2

$$\begin{aligned} ETR_{it-1} = & \delta_1 + \delta_2 d50_{t-1} + \delta_3 d54_{t-1} + \delta_4 d50_{t-1} BOI_{it-1} \\ & + \delta_5 d54_{t-1} BOI_{it-1} + \beta_1 ROA_{it-1} + \beta_2 DE_{it-1} \\ & + \beta_3 Capital_{it-1} + \beta_4 \log(size_{it-1}) + \beta_5 Foreign_{it-1} \\ & + \beta_6 ASEAN_{it-1} + a_i + u_{it-1} \end{aligned}$$

นำสมการที่ 1 ลบกับสมการที่ 2

$$\begin{aligned} \Delta ETR_{it} = & \delta_2 \Delta d50_t + \delta_3 \Delta d54_t + \delta_4 \Delta (d50_t BOI_{it}) + \delta_5 \Delta (d54_t BOI_{it}) \\ & + \beta_1 \Delta ROA_{it} + \beta_2 \Delta DE_{it} + \beta_3 \Delta Capital_{it} + \beta_4 \Delta \log(size_{it}) \\ & + \beta_5 \Delta Foreign_{it} + \beta_6 \Delta ASEAN_{it} + \Delta u_{it} \end{aligned}$$

ทำการจัดรูปจะได้เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

$$\begin{aligned} \Delta ETR_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 d54_t + \alpha_2 (\Delta d50_t BOI_{it}) + \alpha_3 (\Delta d54_t BOI_{it}) \\ & + \beta_1 \Delta ROA_{it} + \beta_2 \Delta DE_{it} + \beta_3 \Delta Capital_{it} + \beta_4 \Delta \log(size_{it}) \\ & + \beta_5 \Delta Foreign_{it} + \beta_6 \Delta ASEAN_{it} + \Delta u_{it} \end{aligned}$$

โดยที่ ΔETR_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลง average effective tax rate ของบริษัท i ณ เวลา t

$d50_t$ $d54_t$ จะเป็นตัวแปร Dummy ซึ่งจะมีค่าเป็น 1 ถ้าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรของช่วงเวลานั้น และมีค่าเป็น 0 หากไม่ใช่

ΔROA_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลง %ROA ของบริษัท i ณ เวลา t

ΔDE_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนหนี้สินต่อทุนของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta Foreign_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติของบริษัท i ณ

เวลา t

$\Delta Capital_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับการใช้สินทรัพย์ทุนของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta \log(size_{it})$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริษัท i ณ เวลา t

ΔBOI_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta ASEAN_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนอาเซียนของบริษัท i ณ

เวลา t

ในแบบจำลองนี้จะมีตัวแปรที่สำคัญคือ ตัวแปร BOI ซึ่งเป็นระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ของบริษัท i ในเวลา t โดยคำนวณจากรายรับจากโครงการที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI หาดด้วยรายรับทั้งหมด ซึ่งตัวแปร BOI จะขึ้นอยู่กับตัวแปร Dummy เวลา ดังนั้นจะสามารถทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการได้รับสิทธิประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นในเวลาต่างๆ ได้ โดยถ้าสมมุติให้ปัจจัยต่างๆ คงที่ α_0 จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงภาวะภาษี

จากปี พ.ศ. 2545 ถึง ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจมาจากการเปลี่ยนแปลงด้านสภาวะเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านเทคโนโลยีหรือการเปลี่ยนแปลงในด้านนโยบายรัฐบาล แต่ถ้ากำหนดให้บริษัทในอุตสาหกรรมนั้นได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI เพิ่มขึ้น 1 หน่วย บริษัทในอุตสาหกรรมนั้นจะมีเปลี่ยนแปลงภาวะภาษีจากปี พ.ศ. 2545 ถึง ปี พ.ศ. 2550 เท่ากับ $\alpha_0 + \alpha_2$ ดังนั้นจึงสามารถทำการเปรียบเทียบกันระหว่างความแตกต่างของการได้รับสิทธิประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นในเวลาต่างๆ ได้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีจากปี พ.ศ. 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2554 ก็จะทำให้ได้ลักษณะเดียวกัน

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาปัจจัยความแตกต่างระหว่างกลุ่มบริษัทที่ได้รับสิทธิประโยชน์จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนในระดับที่สูงกับกลุ่มบริษัทที่ได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับที่ต่ำและไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ที่ส่งผลกระทบต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคล โดยจะกำหนดให้ตัวแปร HBOI และ LBOI เป็นตัวแปร dummy ดังนั้นจะได้แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

การศึกษาผลกระทบของระดับการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ด้วยวิธี **Three Time Periods First Differenced Panel Data**

$$\begin{aligned} \Delta ETR_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 d54_t + \beta_1 \Delta ROA_{it} + \beta_2 \Delta DE_{it} + \beta_3 \Delta Capital_{it} \\ & + \beta_4 \Delta \log(size_{it}) + \beta_5 \Delta Foreign_{it} + \beta_6 \Delta ASEAN_{it} \\ & + \beta_7 \Delta dHBOI_{it} + \beta_8 \Delta dLBOI_{it} + \Delta u_{it} \end{aligned}$$

โดยที่ ΔETR_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลง average effective tax rate ของบริษัท i ณ เวลา t

$d50_t$ $d54_t$ จะเป็นตัวแปร Dummy ซึ่งจะมีค่าเป็น 1 ถ้าตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรของช่วงเวลานั้น และมีค่าเป็น 0 หากไม่ใช่

ΔROA_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลง %ROA ของบริษัท i ณ เวลา t

ΔDE_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนหนี้สินต่อทุนของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta Foreign_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta Capital_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับการใช้สินทรัพย์ทุนของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta \log(size_{it})$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริษัท i ณ เวลา t

ΔBOI_{it} เท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของบริษัท i ณ เวลา t

$\Delta ASEAN_{it}$ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนอาเซียนของบริษัท i ณ เวลา t

$dHBOI_{it}$ มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าบริษัทนั้นมีระดับได้รับสิทธิประโยชน์จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนมากกว่าร้อยละ 50 และมีค่าเป็น 0 หากไม่ใช่

$dLBOI_{it}$ มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าบริษัทนั้นมีระดับได้รับสิทธิประโยชน์จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนต่ำกว่าร้อยละ 50 และมีค่าเป็น 0 หากไม่ใช่

ดังนั้นจึงสามารถศึกษาความแตกต่างของระดับการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีได้ โดย β_7 จะแสดงถึงผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในระดับสูงต่อภาวะภาษี β_8 จะเป็นผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในระดับต่ำ

ผลการวิจัย

จากการตัดข้อมูลของบริษัทที่เลิกกิจการ ไม่ได้จดทะเบียนอยู่ในตลาดหลักทรัพย์ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาและประสบปัญหาขาดทุนในปีที่ทำการศึกษา ทำให้สามารถทำการประมาณค่าได้เพียง 3 อุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค ส่วนอุตสาหกรรมทรัพยากรและอุตสาหกรรมเทคโนโลยีนั้นมีย่านข้อมูลน้อยเกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาประมาณค่า นอกจากนี้ยังได้ทำการแยกข้อมูลเป็นสองชุด โดยเป็นข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีและเป็นชุดข้อมูลที่ตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีออก ซึ่งจะได้ผลการประมาณค่า ดังนี้

ผลการประมาณค่าการศึกษาผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคลในช่วงเวลาต่าง ๆ

จากการศึกษาพบว่า มีตัวแปรหลายตัวที่มีระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการประมาณค่าด้วยภาวะภาษีที่คำนวณจากกำไรก่อนหักต้นทุนและภาษี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีและชุดข้อมูลที่ตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีออก ส่วนใหญ่จะมีตัวแปรที่มีระดับนัยสำคัญและมีเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมือนกัน แต่การนำข้อมูลของบริษัทที่นำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีจะได้ผลที่ดีกว่า เนื่องจากการมีข้อมูลในการประมาณค่ามากกว่า โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค ที่ทำให้ตัวแปรบางตัวเปลี่ยนจากไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเป็นมีนัยสำคัญทางสถิติได้ เนื่องจากในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีจำนวนข้อมูลบริษัทที่ไม่ได้ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีเพียงแค่ 20 และ 28 ข้อมูลตามลำดับ ดังนั้นในการตีความผลการศึกษาก็จึงตีความเฉพาะการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีเข้ามาด้วย

ตัวแปร	อุตสาหกรรม					
	เกษตรและอาหาร		สินค้าอุตสาหกรรม		สินค้าอุปโภคบริโภค	
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2
a ₀	-5.306	-4.199	3.681	1.519	4.002	4.744**
d54	4.606	2.817	-2.728	-1.57	-0.041	-2.394
d50boi	-0.13	-0.151*	-0.02	-0.133***	-0.220**	-0.226**
d54boi	-0.301**	-0.357**	-0.285***	-0.402***	-0.254**	-0.333**
ROA	0.034	0.071	0.321	0.360**	0.355	0.273
D/E	-3.788	-1.845	-3.107	0.326	-9.705	0.609
foreign	0.076	0.094	0.347	0.125	-0.065	-0.076
asean	-0.245	-0.332	-1.248**	-0.154	-0.152	0.332
capital	0.096	0.632	1.542*	-0.052	-1.894*	-0.861
log(size)	2.368	3.251	0.386	-0.237	-10.235	-8.285**
loss	-	-9.051*	-	-12.303***	-	-15.456***
observation	44	56	20	56	28	46
R-squared	0.237735	0.312641	0.763917	0.669386	0.454754	0.582458

Note แบบที่ 1 เป็นการประมาณค่าโดยตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษี
แบบที่ 2 เป็นการประมาณค่าโดยรวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษี
*มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90
**มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95
***มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99

ภาพที่ 6 ตารางแสดงผลการประมาณค่าผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาวะภาษีในช่วงเวลาต่าง ๆ ด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced โดยการใช้ภาวะภาษีที่คำนวณโดยกำไรสุทธิ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีในช่วงเวลาต่างๆ โดยที่ปัจจัยต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลง นั้น พบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคอุตสาหกรรมเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงภาวะภาษีจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.744 อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ส่วนการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีในอุตสาหกรรมอื่นๆ และการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2554 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีที่เพิ่มขึ้นจากในอดีตอาจมาจากผลกระทบของการออกพระราชกฤษฎีกา ฉบับที่ 387 พ.ศ. 2544 ซึ่งได้ลดอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลในบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ลงเหลือร้อยละ 25 เฉพาะกำไร 300 บาทแรกเป็นเวลาห้ารอบระยะเวลาบัญชีต่อเนื่องกัน ดังนั้นพระราชกฤษฎีกาฉบับนี้จึงมีผลบังคับใช้ตั้งแต่รอบบัญชี ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2549 จึงทำให้ภาวะภาษีสามารถเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นได้ อีกทั้งอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค ส่วนใหญ่จะมีขนาดอุตสาหกรรมไม่ใหญ่มากนัก ซึ่งอาจทำให้มีกำไรไม่มากนัก ผลของการลดอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลในบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ลงเหลือร้อยละ 25 เฉพาะกำไร 300 บาทแรก จึงอาจเป็นผลกระทบที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค

เมื่อพิจารณาผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในช่วงเวลาต่างๆ จะพบว่า การได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในปี พ.ศ. 2550 จะทำให้ภาวะภาษียลดลงในทุกอุตสาหกรรม โดยการเพิ่มขึ้นของการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในร้อยละ 1 จะทำให้ภาวะภาษีในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร สินค้าอุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภคบริโภคลดลงร้อยละ 0.151 0.133 และ 0.226 ตามลำดับ การได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในปี พ.ศ. 2554 จะทำให้ภาวะภาษียลดลงในทุกอุตสาหกรรมมากกว่าการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในปี พ.ศ. 2550 ถึงแม้จะดูเหมือนว่าการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ใน พ.ศ. 2550 ของอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคจะทำให้ภาษียลดลงมากกว่าอุตสาหกรรมอื่น แต่อย่างไรก็ตามภาวะภาษีของบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคก็ได้เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถตีความได้ว่า เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ ถ้าหากไม่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ภาวะภาษีของบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคจะเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.74 แต่ถ้าบริษัทนั้นได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ภาวะภาษีของบริษัทนั้นเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้นร้อยละ $4.74 + (-0.226) = 4.514$ แทน ส่วนการเปลี่ยนแปลงภาวะภาษีจากปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 นั้นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีระดับนัยสำคัญ จึงทำให้บริษัทที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI เพิ่มขึ้นมีภาวะภาษีเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.74 เท่าเดิม และถ้าบริษัทนั้นได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ภาวะภาษีของบริษัทนั้นเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นร้อยละ $4.74 + (-0.333) = 4.407$ นอกจากนี้อุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมนั้น ภาวะภาษีของบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าบริษัทในอุตสาหกรรมเหล่านั้นได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ภาวะภาษีของบริษัทนั้นเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 ลดลงร้อยละ 0.151 และ 0.133 แทน อีกทั้งบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ในปี พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษียลดลง 0.357 และ 0.402 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำกำไร (ROA) แล้วพบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมเท่านั้นที่มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน ROA ร้อยละ 1 จะทำให้ภาวะภาษีเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.36 ซึ่งแสดงถึงบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความสามารถในการทำกำไรได้มากจะมีภาวะภาษีที่มากขึ้น ส่วนอุตสาหกรรมอื่นนั้นแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวกเหมือนกันแต่ก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริษัทจะพบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีนัยสำคัญทางสถิติ บริษัทที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นจะมีภาวะภาษีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guha [6] และตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยถ้าหากบริษัทมีขนาดเพิ่มขึ้นจากอดีต 1 เท่า จะทำให้มีภาวะภาษีลดลงร้อยละ 0.99⁵ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบของการใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษี (loss) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเหตุผลที่ใส่ตัวแปร loss เข้ามาก็เพื่อช่วยในการประมาณค่าในแบบจำลอง จึงไม่ได้ให้ความสำคัญที่ค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งการใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีย่อมทำให้ภาวะภาษีลดลงอยู่แล้วและบริษัทก็ต้องมีการใช้สิทธินำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีให้มากที่สุดเท่าที่บริษัทนั้นจะทำได้อยู่แล้ว ดังนั้นสัมประสิทธิ์ของตัวแปร loss จึงไม่ได้มีความหมายมากนัก

ส่วนผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น สัดส่วนการใช้สินทรัพย์ทุน สัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนอาเซียนนั้น ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทุกอุตสาหกรรม

แต่อย่างไรก็ตามในการประมาณค่าได้เกิดปัญหา Multicollinearity โดยทำการตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (correlation) จึงพบว่า เกิดปัญหา Multicollinearity ในระดับที่ไม่รุนแรงเนื่องจากตัวแปรอิสระมีค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ไม่เกิน 0.80 ซึ่งตัวแปร d54 จะมีค่าสหสัมพันธ์กับตัวแปร d50boi และ d54boi อยู่ที่ประมาณ 0.5-0.7 ในการแก้ปัญหา Multicollinearity อัครพงศ์ อันทอง ได้ให้คำแนะนำไว้ว่า

“ก. ไม่ต้องดำเนินการแก้ไขปัญหา Multicollinearity เนื่องจากความพยายามในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว อาจทำให้เกิดผลเสียหลาย ๆ ด้านต่อตัวประมาณค่าของสมการถดถอย นอกจากนี้ปัญหา Multicollinearity ไม่ได้ก่อให้เกิด Bias และในบางครั้งก็ไม่ได้ทำให้ t-statistic ที่คำนวณได้มีขนาดลดลงจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข. ตัดตัวแปรที่ก่อให้เกิดปัญหา Multicollinearity โดยเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในระดับที่สูง แต่ต้องไม่ใช่ตัวแปรอิสระที่สนใจ หรือมีความสำคัญในแบบจำลอง”

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากตัวแปร d54 ไม่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหา Multicollinearity ส่วนตัวแปรตัวอื่นที่มีปัญหา Multicollinearity อาทิ d50boi d54boi loss เป็นตัวแปรที่สำคัญและมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงได้ทำการตัดตัวแปร d54 ออกและทำการประมาณค่าใหม่ ซึ่งได้ผลการประมาณค่าดังนี้

⁵ คำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณ $[Exp(-8.25)-1] = -0.99$

ตัวแปร	อุตสาหกรรม		
	เกษตรและอาหาร	สินค้าอุตสาหกรรม	สินค้าอุปโภคบริโภค
a ₀	-2.728	0.438	3.451**
d50boi	-0.147*	-0.138***	-0.233**
d54boi	-0.359**	-0.402***	-0.326**
ROA	0.116	0.333***	0.212
D/E	-1.975	0.303	0.455
foreign	0.088	0.11	-0.085
asean	-0.257	-0.158	0.357
capital	0.546	-0.109	-0.9
log(size)	2.966	0.264	-7.997*
loss	-9.853**	-12.633***	-14.810***
observation	56	56	46
R-squared	0.302639	0.665502	0.574311

Note ทำการประมาณค่าโดยรวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษี

*มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90

**มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95

***มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99

ภาพที่ 7 ตารางแสดงผลการประมาณค่าผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาระภาษี
ในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data
โดยการใช้ภาระภาษีที่คำนวณโดยกำไรสุทธิและตัดตัวแปร d54 ออก

จากการประมาณค่าโดยตัดตัวแปร d54 ออก ก็จะได้ผลที่คล้ายคลึงกับการประมาณค่าในแบบที่ไม่ได้ตัดตัวแปร d54 ออก โดยที่ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ยังคงมีนัยสำคัญและเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ที่เหมือนเดิม ส่วนค่าของสัมประสิทธิ์ก็มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

การศึกษาผลกระทบของความแตกต่างในระดับการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI

จากการศึกษาพบว่า มีตัวแปรไม่มากนักที่มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีผลการประมาณค่าสอดคล้องกับผลของการประมาณค่าผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาระภาษีในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีและชุดข้อมูลที่ตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีออกจะพบว่า ผลการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลที่ตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีออกนั้นแทบจะไม่มีตัวแปรใดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีข้อมูลไม่มากนักโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีจำนวนข้อมูลบริษัทที่ไม่ได้ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีอยู่ที่ 20 และ 28 ข้อมูลตามลำดับ การประมาณค่าโดยการรวมข้อมูลของบริษัทที่นำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีจะได้ผลที่ดีกว่า เนื่องจากมีการข้อมูลในการประมาณค่ามากกว่า ดังนั้นในการตีความผลการศึกษาก็ตีความเฉพาะการประมาณค่าด้วยข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีเข้ามาด้วย

ตัวแปร	อุตสาหกรรม					
	เกษตรและอาหาร		สินค้าอุตสาหกรรม		สินค้าอุปโภคบริโภค	
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2
a ₀	-4.991	-3.503	1.998	1.727	2.583	4.375*
d54	5.661	4.059	-0.235	-2.04	-0.162	-2.325
ROA	0.125	0.146	0.017	0.404**	0.322	0.232
D/E	-3.419	-1.23	-4.732	0.383	-8.458	0.607
foreign	0.062	0.084	-0.136	0.084	-0.135	-0.149
asean	-0.131	-0.064	-1.154*	-0.248	-0.335	0.343
capital	0.195	0.185	0.949	-0.265	-1.920*	-0.799
log(size)	2.421	1.355	-5.754	0.872	-5.254	-7.220*
hboi	-11.530*	-14.090**	-4.341	-13.509***	-2.666	-6.427
lboi	-6.771	-8.852*	5.768	-4.274*	4.645	2.231
loss	-	-4.205	-	-11.185***	-	-14.990***
observation	44	56	20	56	28	46
R-squared	0.20196	0.29991	0.612733	0.594	0.414649	0.559835

Note แบบที่ 1 เป็นการประมาณค่าโดยตัดบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษี
แบบที่ 2 เป็นการประมาณค่าโดยรวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษี
*มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90
**มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95
***มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99

ภาพที่ 8 ตารางแสดงการประมาณค่าผลกระทบของความแตกต่างในระดับการได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI ด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data โดยการใช้ภาวะภาษีที่คำนวณโดยกำไรสุทธิ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีในช่วงเวลาต่างๆ โดยที่ปัจจัยต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลง นั้นพบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคอุตสาหกรรมเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงภาวะภาษีจากปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.375 อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 90% ส่วนการเปลี่ยนแปลงของภาวะภาษีในอุตสาหกรรมอื่นๆ และการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2554 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการประมาณค่าผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาวะภาษีในช่วงเวลาต่างๆ

เมื่อพิจารณาผลของการได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับที่สูงและต่ำจะพบว่า อุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเกษตรและอาหารนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับสูงจะทำให้ภาวะภาษีลดลงมากกว่าการได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับต่ำ โดยบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมที่ได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับสูงจะมีภาวะภาษีลดลง 14.09 และ 13.50 ตามลำดับ ส่วนบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมที่ได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับต่ำ จะมีภาวะภาษีลดลง 8.85 และ 4.27 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสอดคล้องกับความเป็นจริง ส่วนอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริคนั้นไม่มีระดับนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้อาจมาจากข้อมูลการได้รับสิทธิประโยชน์ในระดับสูงและต่ำเป็นข้อมูลตัวแปร dummy ซึ่งถ้าหากบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ก็อาจทำให้ค่า dummy ไม่เปลี่ยนแปลงและทำให้การประมาณค่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติได้

เมื่อพิจารณาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำกำไร (ROA) แล้วพบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมเท่านั้นที่มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลกระทบของการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจาก BOI ต่อภาระภาษีในช่วงเวลาต่างๆ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน ROA ร้อยละ 1 จะทำให้ภาระภาษีเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.404 ซึ่งแสดงถึงบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความสามารถในการทำกำไรได้มากจะมีภาระภาษีที่มากขึ้น ส่วนอุตสาหกรรมอื่นนั้นแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นบวกเหมือนกันแต่ก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริษัทจะพบว่า มีเพียงอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีนัยสำคัญทางสถิติ บริษัทที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นจะมีภาระภาษีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guha [6] และตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยถ้าหากบริษัทมีขนาดเพิ่มขึ้นจากอดีต 1 เท่า จะทำให้มีภาระภาษีลดลงร้อยละ 0.99 นอกจากนี้ยังมีผลกระทบของการใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษี (loss) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเหตุผลที่ใส่ตัวแปร loss เข้ามาก็เพื่อช่วยในการประมาณค่าในแบบจำลอง จึงไม่ได้ให้ความสำคัญที่ค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งการใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีย่อมทำให้ภาระภาษีลดลงอยู่แล้วและบริษัทก็จะต้องมีการใช้สิทธินำผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีให้มากที่สุดเท่าที่บริษัทนั้นจะทำได้อยู่แล้ว ดังนั้นสัมประสิทธิ์ของตัวแปร loss จึงไม่ได้มีความหมายมากนัก

ส่วนผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น สัดส่วนการใช้สินทรัพย์ทุน สัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนอาเซียนนั้น ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทุกอุตสาหกรรม

สรุปและอภิปรายผล

ภาระภาษีของบริษัทในอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นมีความไม่เท่ากัน ซึ่งบริษัทในแต่ละอุตสาหกรรมจะมีลักษณะที่แตกต่างกันและความแตกต่างอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ในแต่ละอุตสาหกรรมมีการใช้สิทธิประโยชน์จากภาษีไม่เท่ากัน โดยในปัจจุบันภาครัฐอาจสามารถออกนโยบายให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อเป็นเครื่องมือหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงให้เป็นไปตามที่ภาครัฐต้องการ อาทิ การอนุญาตให้นำค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาแรงงานมาใช้ลดหย่อนภาษี ซึ่งสามารถเป็นแรงจูงใจให้บริษัทต่างๆ ทำการพัฒนาทางเทคโนโลยีหรือทางแรงงานได้ ดังนั้นนโยบายเหล่านี้จึงอาจแสดงถึงการให้ความสำคัญของภาครัฐในบางอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากนโยบายนี้จะเป็นประโยชน์แก่อุตสาหกรรมที่มีการใช้เทคโนโลยีและมีการต้องการใช้แรงงานฝีมือ อีกทั้งการได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ภาระภาษีของบริษัทลดลงได้ แต่อย่างไรก็ตามนโยบายของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยสาเหตุหลายประการ อาทิ การต้องการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในบางอุตสาหกรรม โดยในอดีตภาครัฐได้มีการเน้นการสนับสนุนการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า ซึ่งเหมาะกับประเทศไทยในขณะนั้น เนื่องจากมีความซับซ้อนทางการผลิตและมีการใช้เทคโนโลยีที่ไม่มากนัก ดังนั้นอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนได้ให้ความสำคัญจะเป็นอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค แต่ในภายหลังภาครัฐก็ได้มีการให้การสนับสนุนการผลิตเพื่อการส่งออกมากขึ้น อุตสาหกรรมเทคโนโลยี อุตสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าส่งออกที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ ส่วนประกอบรถยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น จึงได้รับการสนับสนุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนมากขึ้น โดยในปัจจุบันบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI จะทำให้ภาระภาษีลดลงมากกว่าบริษัทในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคที่ได้รับสิทธิประโยชน์จาก BOI นอกจากนี้ภาระภาษีของบริษัทในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารกับอุตสาหกรรมสินค้า

อุตสาหกรรมไม่ได้เปลี่ยนแปลงจากในอดีต ส่วนอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภคนั้นจะมีภาวะภาษีเพิ่มขึ้นจากในอดีต

อีกทั้งยังมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่สามารถมีผลกระทบกับภาวะภาษีได้ อาทิ บริษัทที่มีความสามารถในการทำกำไรมากขึ้นจะมีภาวะภาษีที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่สมเหตุสมผล เนื่องจากบริษัทที่สามารถทำกำไรได้มากย่อมควรมีภาวะภาษีที่มากขึ้นด้วย ปัจจัยด้านขนาดจะมีผลในเฉพาะอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคบริโภค โดยบริษัทที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีภาวะภาษีลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจมาจากบริษัทที่มีขนาดใหญ่อาจนำเงินมาใช้ในการพัฒนาบริษัทในด้านต่างๆ อาทิ การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและแรงงาน หรืออาจนำเงินมาลงทุนในทรัพย์สินต่างๆ ตัวอย่างเช่น นำเงินมาลงทุนในบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งเงินได้จากเงินปันผลนี้จะได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ดังนั้นบริษัทที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจึงสามารถมีภาวะภาษีที่ลดลงได้ ส่วนปัจจัยในด้านหนี้สิน สัดส่วนการใช้สินทรัพย์ทุน การถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนอาเซียน นั้นจะไม่มีผลกระทบต่อภาวะภาษีเงินได้นิติบุคคล

ปัญหาที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ การมีข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าไม่มากนัก ถึงแม้ว่าจะมีบริษัทที่จดทะเบียนอยู่ในตลาดหลักทรัพย์อยู่เป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามบริษัทที่จดทะเบียนอยู่ในตลาดหลักทรัพย์ในช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2545 จนถึง พ.ศ. 2554 อีกทั้งบริษัทเหล่านั้นจะต้องไม่ขาดทุนในเวลาที่ทำการศึกษาด้วย กลับมีอยู่จำนวนไม่มากนักจนทำให้ไม่สามารถประมาณค่าในอุตสาหกรรมทรัพยากรและอุตสาหกรรมเทคโนโลยีได้ นอกจากนี้บริษัทบางบริษัทยังมีการใช้ผลขาดทุนในช่วงเวลาก่อนหน้ามาลดหย่อนภาษีทำให้บริษัทเหล่านี้มีภาวะภาษีลดลง การแก้ปัญหาด้วยการใส่ตัวแปร dummy สำหรับบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีอาจเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามจำนวนข้อมูลที่รวมบริษัทที่ใช้ผลขาดทุนทางภาษีก็ยังมีไม่มากนักและการเพิ่มตัวแปรการใช้ผลขาดทุนมาลดหย่อนภาษีก็อาจส่งผลต่อการประมาณค่าได้ ดังนั้นผู้ที่สนใจทำการศึกษเกี่ยวกับสิทธิประโยชน์ทางภาษี อาจสามารถเลือกเจาะจงทำการศึกษาในบางอุตสาหกรรมและทำการศึกษบริษัทที่ไม่ได้จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ได้เปรียบเทียบกับบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ได้

การใส่ตัวแปร dummy มากเกินไปก็อาจทำให้การประมาณค่ามีปัญหาได้ โดยตัวแปร dummy ช่วงเวลาหรือตัวแปร dummy การได้รับสิทธิประโยชน์ของ BOI สามารถเกิดปัญหา Multicollinearity ได้ ซึ่งบางครั้งจะทำให้บางครั้งไม่สามารถประมาณค่าได้ ดังนั้นจึงอาจตัดตัวแปร dummy ที่มีค่าสหสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นออกจากแบบจำลองได้ แต่อย่างไรก็ตามตัวแปรที่ตัดออกก็ควรเป็นตัวแปรที่ไม่มีความสำคัญ นอกจากนี้การประมาณค่าด้วยวิธี Three Time Periods First Differenced Panel Data นั้น ควรระวังเรื่องการใส่ตัวแปรที่ค่าไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยในการประมาณค่า อาทิ เพศ การศึกษา เป็นต้น เพราะสามารถทำให้การประมาณค่ามีปัญหาได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chadin Rochananonda. (2006). *Tax Incentives and FDI in Thailand, Fiscal Policy Office Ministry of Finance in Thailand.* n.p.
- [2] Euamporn Phijaisanit. (2010). Fiscal Revenue Consideration for Potential Tax Treaties in AFTA: Theoretical Exercise and Application on Thailand's Data. *International Research Journal of Finance and Economics.* 52.
- [3] Overesch, Michael; & Voeller, Dennis. (2008). *The Impact of Personal and Corporate Taxation on Capital Structure Choices.* n.p.: Centre for European Economic Research.

- [4] Buettner, Thiess; et.al. (2006). *Taxation and Capital Structure Choice–Evidence from a Pane of German Multinationals*. n.p.
- [5] Gropp, Reint E. (1997). The Effect of Expected Effective Corporate Tax Rates on Incremental Financing Decisions. *International Monetary Fund*. 44(4): 485-509.
- [6] Guha, Atulan. (2007). Company Size and Effective Corporate Tax Rate: Study on Indian Private Manufacturing Companies. *Economic and Political Weekly*. 42(20): 1869-1874.

SWU6-1075: การจัดการเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่: กรณีศึกษาห้างค้าปลีก สัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติ

THE IDENTITY MANAGEMENT OF MODERN RETAIL BUSINESS: A CASE STUDY ON THAI AND MUTI-NATIONAL RETAILERS

บุปผา ลาภะวัฒนาพันธ์

Buppa Lapawattanaphun

คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

School of Communication Arts, University of the Thai Chamber of Commerce, Thailand.

Corresponding author, E-mail: buppa135@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง “การจัดการเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่: กรณีศึกษาห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติ” ผู้วิจัยเลือกใช้การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับวิธีการสร้างและการจัดการเอกลักษณ์ให้มีความแข็งแกร่ง อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยผลการวิจัยเกือบทั้งหมดเก็บรวบรวมมาจากเครื่องมือการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงเพิ่มน้ำหนักและความสมบูรณ์ของข้อมูลโดยการค้นคว้าหาหลักฐานจากเอกสารต่าง ๆ ควบคู่ไปกับการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม สามารถแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ข้อสรุป ดังนี้

ข้อสรุปที่ 1 การสร้างเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ ภายในโครงสร้างเอกลักษณ์ของห้างค้าปลีกต่างสัญชาติต่างประเภทได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาระสำคัญของเอกลักษณ์ (essence) เอกลักษณ์หลัก (core identity) และส่วนขยายเอกลักษณ์ (extended identity) อย่างเด่นชัด กล่าวคือ ความโดดเด่นของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสที่สะท้อนผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์ทั้ง 5 มิติ ได้แก่ มิติวัฒนธรรมองค์กร มิติพฤติกรรมองค์กร มิติสภาพตลาดและกลยุทธ์ทางการตลาด มิติผลิตภัณฑ์และบริการ มิติการสื่อสารและการออกแบบ ซึ่งกลุ่มผู้รับสารเป้าหมายรับรู้และสัมผัสได้ง่ายที่สุดตลอดระยะเวลาของการเลือกซื้อสินค้าเป็นผลมาจากการสร้างความชัดเจนให้แก่เอกลักษณ์หลักซึ่งมีตำแหน่งทางการตลาดและบุคลิกภาพหลอมรวมอยู่ใน ทลอดจนการกำหนดวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมองค์กรในฐานะสาระสำคัญของเอกลักษณ์ที่สัมพันธ์กับรูปแบบการดำเนินธุรกิจ

ข้อสรุปที่ 2 การจัดการเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ การแสดงให้กลุ่มผู้รับสารเป้าหมายเห็นถึงสาระสำคัญของเอกลักษณ์หรือเอกลักษณ์ที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมองค์กรจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการจัดการเอกลักษณ์แต่ละรูปแบบ กระนั้นก็ดี แม้จะพบความต่างในรายละเอียดของประเภทเครื่องมือซึ่งเป็นเรื่องปกติของธุรกิจที่มีภูมิหลังทางประวัติศาสตร์ รูปแบบการดำเนินงาน และการปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้านั้นแตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาในแง่แบบแผนร่วมของประเภทเครื่องมือพบว่า เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ที่ห้างค้าปลีกทั้งสองใช้ร่วมกัน ประกอบด้วย เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ภายในองค์กร ได้แก่ จรรยาบรรณในการประกอบธุรกิจ การฝึกอบรมพนักงาน การปฏิบัติตัวเป็นแบบอย่างของผู้บริหาร และรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาสาระ ส่วนเครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ภายนอกองค์กร ได้แก่ สินค้าหลากหลายบริการครบครัน พนักงานขายเป็นมิตร และกิจกรรมการส่งเสริมการตลาดโดนใจ

คำสำคัญ: เอกลักษณ์องค์กร การจัดการเอกลักษณ์ การสื่อสารเอกลักษณ์ ธุรกิจค้าปลีก

Abstract

In the study on "The Identity Management of Modern Retail Business: A Case Study on Thai and Multi-National Retailers, the researcher has used qualitative research methodology to gather in-depth information about corporate identity management starting from building and management process. Nevertheless, most of gathered information have been collected from in-depth interviews, the researcher has then weighed up and completed the information with document researches and non-participant observations to make information analysis to be more concrete and substantial. There are two major conclusions in relation to the studying objectives:

1. The Building of Corporate Identity of Modern Retail Business. Under identity structure, retailers with different types and nationalities have shared the same concurrent in relation to three major opponents, which are Essence, Core Identity, and Extended Identity. The outstanding of Central Department Store and Tesco Lotus Hypermarket has been reflected through the five dimensions of Extended Identity, comprising corporate culture, corporate behaviour, market conditions and strategies, product and services, communication and designs. This is a result of their ability in creating the distinctness in Core Identity, which combines market positioning and personality, as well as identifying the Essence, which consists core purpose and values, that are in line with the business pattern.

2. The Identity Management of Modern Retail Business. In order to make the key audiences recognize about the Essence, which has been built base on core purpose and corporate values, It require appropriate tools in managing corporate identity. However, despite the different in business background, working principle and business adjustment to fit in with consumer behaviors, which are changing very quickly, both Central Department Store and Tesco Lotus have shared the common tools of enhancing identity management internally, comprising code of conduct, staff training, exemplary leadership, and presentation format. Identity management externally, which are offering product variety, one-stop service, good-care staff, and attractive promotions.

Keywords: Corporate identity, Identity management, Identity communication, Retail

บทนำ

การที่ห้างค้าปลีกสัญชาติไทยอย่างห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลสามารถผ่านพ้นวิกฤตการณ์นับแต่อดีตจนได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งห้างสรรพสินค้าไทยในปัจจุบัน หรือแม้แต่การต่อสู้เพื่อให้ได้มาซึ่งการยอมรับของไฮเปอร์มาร์เก็ตข้ามชาติที่มีโครงสร้างองค์กรและวัฒนธรรมแตกต่างจากสังคมไทยอย่างเทสโก้ โลตัส นับเป็นบทพิสูจน์ถึงศักยภาพด้านการบริหารจัดการของห้างค้าปลีกทั้งสองประเภทชัดเจนที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อการแข่งขันในสมรภูมิต้าปลีกสมัยใหม่ได้ทำให้การกำหนดนโยบายและการดำเนินกลยุทธ์ต่างๆ ของห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติคล้ายคลึงกันอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากความสนใจที่โน้มเอียงไปสู่เรื่องการมอบประสบการณ์ใหม่ๆ แก่ลูกค้า การเพิ่มประเภทสินค้าและบริการให้ครบครัน การจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์ ความพึงพอใจในการคัดเลือกร้านค้าย่อยที่เข้ามาเช่าพื้นที่ หรือแม้แต่การเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน ส่งผลให้การค้นหายุทธวิธีหรือกลยุทธ์อื่นเพื่อสร้างความแตกต่างเหนือคู่แข่งจึงเป็นโจทย์สำคัญที่ธุรกิจต้องเผชิญ โดยวิธีการหนึ่งที่จะช่วยห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีก

ข้ามชาติสร้างความได้เปรียบจากสิ่งที่ตนเองมีอยู่เพื่อให้ธุรกิจของตนสามารถยืนหยัดอยู่ในใจของพนักงานและลูกค้าก็คือ “เอกลักษณ์องค์กร”

ด้วยเพราะเอกลักษณ์เป็นสิ่งที่ได้มาจากประสบการณ์ในอดีตตั้งแต่เริ่มก่อตั้งไม่ว่าจะเป็นความสำเร็จและความล้มเหลว เปรียบเสมือนการแสดงตัวตนหรือการนำเสนอตนเอง (self-presentation) เพื่อพัฒนาไปสู่การสร้างภาพลักษณ์ฝั่งตรงและชื่อเสียงให้กับธุรกิจ แต่เอกลักษณ์ดังกล่าวจะไม่มีประสิทธิภาพมากพอหากขาดวิธีจัดระบบที่ดี แกนหลักของการจัดการเอกลักษณ์จึงอยู่ที่การแสดงให้เห็นพนักงานภายในและลูกค้าภายนอกเห็นถึงวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมซึ่งเป็นจุดกำเนิดของเอกลักษณ์ [1] ทั้งนี้ การสื่อสารจะเข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนให้เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ทำงานเต็มประสิทธิภาพ สามารถส่งผ่านสาระสำคัญของเอกลักษณ์หรือเอกลักษณ์ที่ธุรกิจสร้างขึ้นบนพื้นฐานวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมไปสู่กลุ่มผู้รับสารเป้าหมายจนเกิดเป็นความเข้าใจร่วมกันในที่สุด เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างห้างค้าปลีกสัญชาติไทยอย่างห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและห้างค้าปลีกข้ามชาติอย่างไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสทั้งในแง่จุดกำเนิด วิวัฒนาการ รูปแบบการดำเนินธุรกิจ และการปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้านำไปสู่ข้อสงสัยที่ผู้วิจัยต้องการค้นหาคำตอบว่า แม้ห้างค้าปลีกทั้งสองจะมีความต่างอย่างเด่นชัด แต่ภายใต้ความเป็นธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ (modern retail business) ที่เหมือนกัน ห้างค้าปลีกทั้งสองจะมีจุดร่วมใดบ้างในการบริหารจัดการเอกลักษณ์ของตนทั้งในแง่การสร้างและการจัดการเอกลักษณ์ ซึ่งหากจุดร่วมด้านการบริหารจัดการเอกลักษณ์มีจริง ข้อค้นพบที่ได้ย่อมกลายเป็นองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับผู้ประกอบการ เจ้าของกิจการธุรกิจค้าปลีก นักการตลาด นักสื่อสารการตลาด นักการประชาสัมพันธ์ รวมถึงนักวางแผนสื่อ นำมาใช้วางแผนนโยบายและกลยุทธ์การดำเนินงานต่อไป ที่สำคัญการถอดบทเรียนความสำเร็จอันประยุกต์องค์ความรู้ด้านการตลาด ด้านการจัดการ และด้านการสื่อสารเข้าด้วยกันครั้งนี้ ยังสามารถกำหนดเป็นหัวข้อการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัยและสถาบันฝึกอบรมต่างๆ เพื่อขยายองค์ความรู้เดิมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสร้างเอกลักษณ์ของห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติที่ดำเนินธุรกิจในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาการจัดการเอกลักษณ์ของห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการแปลความหมายเชิงรูปธรรมจากสาระสำคัญของเอกลักษณ์ไปสู่ส่วนขยายเอกลักษณ์

แนวคิดและทฤษฎี

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ได้แก่ ทฤษฎีการสื่อสารองค์กร (corporate communication theory) แนวคิดเรื่องการจัดการเอกลักษณ์องค์กร (corporate identity management) แนวคิดเรื่องการจัดการทางการสื่อสาร (communication management) แนวคิดเรื่องการสร้างตราสินค้าของธุรกิจค้าปลีก (retail branding) แนวคิดเรื่องการจัดการตลาดธุรกิจค้าปลีก (retail marketing management) และแนวคิดเรื่องการตลาดบริการ (service marketing) มาสังเคราะห์จนเกิดเป็นแนวทางการศึกษาเชิงองค์รวมภายใต้ชื่อ “กรอบความคิดทฤษฎีที่ว่าด้วยการจัดการทางการสื่อสารเกี่ยวกับเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่” สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลในการได้มาซึ่งคำตอบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แนวทางการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เกิดขึ้นจากปัจจัยสำคัญ 2 ประการ ประการแรก เมื่อสถานการณ์แข่งขันในสมรรถุณิค้าปลีกได้ทวีความรุนแรงจนยากที่ธุรกิจจะคิดหาญวิธีหรือกลยุทธ์อื่นเพื่อสร้างความแตกต่างเหนือคู่แข่ง ส่งผลให้การย้อนมองตัวตนเพื่อค้นหาสิ่งที่เรียกว่า “เอกลักษณ์องค์กร” กลายเป็นประเด็นที่อยู่ในความสนใจอีกครั้งในฐานะตัวแปรที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถยืนหยัดในสมรรถุณิการค้าปลีกได้อย่างมั่นคง ขณะเดียวกันแม้จะมีงานวิจัยศึกษาเรื่องเอกลักษณ์อยู่จำนวนมาก แต่จากการทบทวนวรรณกรรมกลับพบว่าไม่มีเพียงน้อยชิ้นที่พยายามขยายขอบเขตการศึกษาเรื่องเอกลักษณ์ไปสู่แง่มุมใหม่ๆ ที่สำคัญงานวิจัยในประเทศไทยยังขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างการสร้างและการจัดการเอกลักษณ์โดยมีการสื่อสารเป็นแกนกลางภายใต้ความสัมพันธ์ร่วมกันในบริบทค้าปลีกสมัยใหม่ตามแนวทางการศึกษาเชิงองค์รวม ซึ่งสะท้อนให้เห็นจุดเชื่อมต่อที่หายไปในแวดวงวิชาการของประเทศไทยเป็นอย่างดี สำหรับเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัส ด้วยเพราะห้างค้าปลีกทั้งสองได้พิสูจน์ให้เห็นศักยภาพด้านการบริหารจัดการเอกลักษณ์ของตนจนเป็นที่ประจักษ์ เริ่มจากห้างค้าปลีกสัญชาติไทยอย่างห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลที่สามารถผ่านพ้นวิกฤตการณ์นับแต่อดีตจนได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งห้างสรรพสินค้าไทยในปัจจุบัน [2] หรือแม้แต่การปรับตัวให้เข้ากับวัฒนธรรมไทยที่เป็นอุปสรรคต่อการกำหนดนโยบาย พร้อมมุ่งเน้นกลยุทธ์การขยายสาขาครอบคลุมทั่วประเทศ จนทำให้วันนี้เทสโก้ โลตัส ไฮเปอร์มาร์เก็ตสัญชาติอังกฤษกลายเป็นผู้นำตลาดในที่สุด

เครื่องมือการวิจัย เนื่องจากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจึงมีฐานะเป็นเครื่องมือหลักร่วมกับเครื่องมือประเภทอื่นที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่ การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และอดีตผู้บริหารของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลจำนวน 13 ท่าน และไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจำนวน 7 ท่าน ซึ่งมีตำแหน่ง บทบาทหน้าที่ ตลอดจนความรับผิดชอบสัมพันธ์กับประเด็นศึกษาไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง การค้นคว้าหลักฐานจากเอกสารต่างๆ (document research) รวมทั้งการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation) โดยใช้การเดินทางสังเกตภายในห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสเพื่อทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติของสนามวิจัยที่ซึ่งห้างค้าปลีกทั้งสองต่างสื่อสารเอกลักษณ์แต่ละมิติไปสู่ลูกค้าตลอดช่วงเวลาแห่งการจับจ่าย

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล สำหรับการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบแบบย้าย่นจากแหล่งข้อมูลที่ต่างกัน (data triangulation) ทั้งการเปรียบเทียบมุมมองของผู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา การเปรียบเทียบข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลายๆ คนโดยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญจากแวดวงต่างๆ อาทิ สื่อมวลชน ผู้บริหารธุรกิจค้าปลีกประเภทอื่นที่ไม่ใช่ห้างสรรพสินค้าและไฮเปอร์มาร์เก็ต ผู้จัดการจำหน่ายสินค้าสินค้าอุปโภคบริโภคบริโภคขนาดใหญ่ ผู้เชี่ยวชาญด้านดนตรีจำนวนทั้งสิ้น 9 ท่าน รวมไปถึงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างการสัมภาษณ์กับเอกสารต่างๆ เพื่อให้ผลการวิจัยมีเหตุผลสนับสนุนทางวิชาการเป็นที่น่าเชื่อถือ

ผลการวิจัย

ข้อสรุปที่ 1 การสร้างเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่

แม้ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะสร้างเอกลักษณ์บนพื้นฐานความต่างทั้งในแง่จุดกำเนิด วิวัฒนาการ รูปแบบการดำเนินธุรกิจ และการปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้านั้น แต่ความต่างนั้นกลับมีจุดร่วมเกิดขึ้นภายในโครงสร้างเอกลักษณ์ซึ่งมีความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างสาระสำคัญของเอกลักษณ์ (essence) เอกลักษณ์หลัก (core identity) และส่วนขยายเอกลักษณ์ (extended identity) อธิบายความสัมพันธ์โดยเรียงลำดับตามข้อค้นพบดังนี้

1. สาระสำคัญของเอกลักษณ์ : “วัตถุประสงค์หลักและค่านิยม” จุดเริ่มแรกของเอกลักษณ์ ความเป็นห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและความเป็นไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสที่สะท้อนผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์แต่ละมิติ เป็นผลจากการยึดมั่นในสาระสำคัญของเอกลักษณ์ซึ่งก็คือวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมองค์กร สำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ค่านิยม “มุ่งพัฒนาอยู่เสมอ นำเสนอสิ่งที่ดีที่สุดแก่ลูกค้า ทำด้วยความซื่อสัตย์และจรรยา และให้ความเคารพในคุณค่าของคน” หรือเรียกสั้นๆ ว่า “มุ่ง นำ ทำ ให้” ที่กำหนดโดยบริษัท เซ็นทรัลรีเทล คอร์ปอเรชั่น จำกัด เริ่มต้นขึ้นเมื่อฝ่ายทรัพยากรบุคคลทำการรวบรวมแนวคิด หลักปรัชญาครอบครัว และคุณสมบัติที่ดีของผู้บริหารจิราธิวัฒน์ยุคก่อนมาปรับใช้ โดยมีห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลในฐานะห้างสรรพสินค้าแห่งแรกของตระกูลเป็นสถานที่ปมเพาะแนวคิดและปรัชญาครอบครัวให้มีความชัดเจนขึ้นเรื่อยๆ สูการเปิดตัวค่านิยมอย่างเป็นทางการในสมัยคุณทศ จิราธิวัฒน์ ทายาทรุ่นที่ 3 ของตระกูล

อีกด้านหนึ่ง การสะท้อนตัวตนผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์แต่ละมิติของไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสก็เป็นผลจากการยึดมั่นในวัตถุประสงค์หลัก “สร้างสรรคคุณค่าที่ดีที่สุดสำหรับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าอยู่กับเราตลอดไป” รวมทั้งคุณค่าองค์กร “ไม่มีใครทุ่มเทสำหรับลูกค้าเหนือไปกว่าเรา” และ “ปฏิบัติต่อเพื่อนพนักงานเช่นเดียวกับที่เราต้องการได้รับการปฏิบัติ” ที่กำหนดโดยกลุ่มเทสโก้ ประเทศอังกฤษในฐานะบริษัทแม่เพื่อให้การดำเนินงานของห้างเทสโก้ทั่วโลกอยู่ภายใต้หลักปรัชญาและกรอบนโยบายเดียวกัน เนื่องจากสองสิ่งนี้คือจุดกำเนิดของเอกลักษณ์ที่ส่งผลต่อการกำหนดปรัชญา เป้าหมาย แนวทางการปฏิบัติขององค์กร ตลอดจนคุณลักษณะของพนักงานที่คาดหวัง

2. เอกลักษณ์หลัก: ตำแหน่งทางการตลาดและบุคลิกภาพขององค์กร เมื่อสาระสำคัญของเอกลักษณ์มีความชัดเจน แน่นนอนว่าความชัดเจนนั้นจะถูกส่งผ่านมายังองค์ประกอบภายในโครงสร้างเอกลักษณ์ลำดับถัดไป นั่นคือ “เอกลักษณ์หลัก” เริ่มจากห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลที่สร้างความชัดเจนให้แก่เอกลักษณ์หลักด้วยการวางตำแหน่งทางการตลาดโดยตอกย้ำจุดยืนเรื่องความเป็นห้างสรรพสินค้าครบวงจร (one-stop shopping) ที่ตอบสนองทุกความต้องการของลูกค้ากลุ่มบนเพื่อมุ่งสู่ “Complete Lifestyle Destination” พร้อมกำหนดบุคลิกภาพให้เป็น “ผู้หญิงใจดีวัยกลางคนที่กระฉับกระเฉง มีเสน่ห์ มีความทันสมัย ชอบใช้สินค้ามีคุณภาพ ตลอดจนปรับเปลี่ยนตัวเองอยู่เสมอตามเทคโนโลยีของโลก” ขณะที่การสร้างเอกลักษณ์ของไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสนั้นก็กลับวางตำแหน่งทางการตลาดโดยตอกย้ำจุดยืนเรื่องความเป็นไฮเปอร์มาร์เก็ตที่เน้นตอบสนองความต้องการของคนทุกเพศทุกวัยด้วยสินค้าอุปโภคบริโภคจำเป็นในชีวิตประจำวันเพื่อมุ่งสู่การเป็นอันดับหนึ่งในทุกด้านภายใต้สโลแกน “เราใส่ใจคุณ” พร้อมสื่อให้เห็นภาพ “ชาวต่างชาติใจดีวัยกลางคนที่หัวใจเป็นคนไทย มีความรู้ความสามารถ มีความกระตือรือร้น มีความซื่อสัตย์ยุติธรรม โดยพยายามทำงานหนักเพื่อมอบสิ่งที่ดีที่สุดแก่ผู้อื่น”

3. ส่วนขยายเอกลักษณ์: การสะท้อนตัวตนผ่านเอกลักษณ์ทั้ง 5 มิติ แม้อุบัติหลังทางประวัติศาสตร์และรูปแบบการดำเนินธุรกิจของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะกำหนดให้ปัจจัยตั้งต้นอย่างวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมในฐานะสาระสำคัญของเอกลักษณ์มีความแตกต่าง แต่ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ภายในโครงสร้างเอกลักษณ์กลับพบความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบ 3 ส่วนที่เหมือนกัน เริ่มจากสาระสำคัญของเอกลักษณ์สู่การกำหนดเอกลักษณ์หลัก จากเอกลักษณ์หลักสู่การสะท้อนตัวตนผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์ 5 มิติ ได้แก่ มิติวัฒนธรรมองค์กร มิติพฤติกรรมองค์กร มิติสภาพตลาดและกลยุทธ์ทางการตลาด มิติผลิตภัณฑ์และบริการ มิติการสื่อสารและการออกแบบ อย่างไรก็ตาม ความโดดเด่นของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสที่สะท้อนผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์แต่ละมิติย่อมมีความแตกต่างกันไปตามรายละเอียดขององค์ประกอบ ซึ่งสิ่งนี้ก็คือ ความเป็นหนึ่งเดียวที่ลูกค้าสามารถรับรู้และสัมผัสได้ตลอดช่วงเวลาของการเลือกซื้อสินค้า

ข้อสรุปที่ 2 การจัดการเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่

แม้ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะกำหนดสาระสำคัญของเอกลักษณ์และเอกลักษณ์หลักที่ชัดเจน พร้อมกับสร้างส่วนขยายเอกลักษณ์ อันประกอบด้วย มิติวัฒนธรรมองค์การ มิติพฤติกรรมองค์การ มิติสภาพตลาดและกลยุทธ์ทางการตลาด มิติสินค้าและบริการ มิติการสื่อสารและการออกแบบ ให้มีความแตกต่างโดดเด่นเพื่อช่วงชิงความได้เปรียบทางการแข่งขัน แต่เอกลักษณ์ดังกล่าวจะไม่มีประสิทธิภาพมากพอหากขาดวิธีจัดระบบที่ดี ด้วยเหตุนี้ แกนหลักของการจัดการเพื่อให้เอกลักษณ์มีระบบระเบียบจึงอยู่ที่การแสดงให้เห็นกลุ่มผู้รับสารเป้าหมายทั้งพนักงานภายในและลูกค้าภายนอกเห็นถึงสาระสำคัญของเอกลักษณ์ ซึ่งกระบวนการแปลความหมายจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สอดคล้องกับการจัดการเอกลักษณ์แต่ละรูปแบบเพื่อให้การสะท้อนตัวตนของธุรกิจผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์มีความชัดเจน สำหรับเครื่องมือที่ห้างค้าปลีกทั้งสองใช้จัดการเอกลักษณ์นั้นพบว่า ในแง่ประเภทเครื่องมือมีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก เพียงแต่ในความคล้ายคลึงนั้นก็พบความต่างของรายละเอียดเช่นกัน ซึ่งไม่ใช่เรื่องแปลกสำหรับห้างค้าปลีกที่ดำเนินธุรกิจคนละประเภท การนำเสนอจะเริ่มด้วยผลการวิจัยของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลเป็นอันดับแรก

การจัดการเอกลักษณ์ของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สำหรับการจัดการเอกลักษณ์ภายในองค์การ บริษัท เซ็นทรัลรีเทล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ได้มอบหมายให้ฝ่ายทรัพยากรบุคคลรวบรวมแนวคิด หลักปรัชญา ครอบครั้ว หลักปรัชญาการทำงาน และคุณสมบัติที่ดีของผู้ก่อตั้งเพื่อกำหนดเป็นค่านิยม “มุ่ง นำ ทำให้” ซึ่งกระบวนการแปลความหมายจากค่านิยมในฐานะสาระสำคัญของเอกลักษณ์ไปสู่การแสดงตัวตนเชิงรูปธรรมผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์ทั้ง 5 มิติของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลได้อย่างถูกต้องจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือจัดการเอกลักษณ์หลากหลายรูปแบบ ประกอบด้วย การกำหนดจรรยาบรรณในการประกอบธุรกิจ (code of conduct) การฝึกอบรมพนักงาน (training) การสร้างบุคคลต้นแบบ (role model) การปฏิบัติตัวเป็นแบบอย่างของผู้บริหาร (exemplary leadership) การจัดกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์การ (event and activity) และรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาสาร (presentation format) ขณะที่การจัดการเอกลักษณ์ภายนอกองค์การนั้น ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลได้มอบหมายหน่วยงานหลักทั้ง 4 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายบริหารสินค้า ฝ่ายบริหารสาขา ฝ่ายการตลาด และฝ่ายออกแบบ ร่วมกันทำหน้าที่สื่อสารความเป็นตัวตนของห้างเพื่อให้ลูกค้าแต่ละคนมีประสบการณ์ที่ดีและรับรู้ว่า “คุณคือคนสำคัญสำหรับเรา” ด้วยเครื่องมือจัดการต่อไปนี้ 1. สินค้าหลากหลาย สินค้าคุณภาพดี และสินค้าแปลกใหม่หาซื้อที่ไหนไม่ได้ 2. พนักงานขายกับการมอบประสบการณ์อันน่าประทับใจ 3. การบริการเหนือความคาดหมาย 4. กลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดที่โดนใจ และ 5. การออกแบบตกแต่งที่บ่งบอกความเป็นห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล

การจัดการเอกลักษณ์ของไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัส ผลการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเอกลักษณ์ภายในองค์การพบว่า การยึดมั่นในวัตถุประสงค์หลักและคุณค่าได้สร้างความแข็งแกร่งให้กับนโยบายและแนวทางปฏิบัติของพนักงาน ซึ่งไม่เพียงไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัส ประเทศไทยเท่านั้น กลุ่มเทสโก้ ประเทศอังกฤษในฐานะบริษัทแม่ยังกำหนดให้ห้างเทสโก้ทั่วโลกปฏิบัติตามวัตถุประสงค์หลักและคุณค่านี้เพื่อสร้างความเป็นหนึ่งเดียวกัน โดยกระบวนการแปลความหมายจากวัตถุประสงค์หลักและคุณค่าในฐานะสาระสำคัญของเอกลักษณ์ไปสู่การแสดงตัวตนเชิงรูปธรรมผ่านส่วนขยายเอกลักษณ์ทั้ง 5 มิติของไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะใช้เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์รูปแบบเดียวกับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ขณะที่การจัดการเอกลักษณ์ภายนอกองค์การ เมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์หลัก “สร้างสรรค์คุณค่าที่ดีที่สุดสำหรับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าอยู่กับเราตลอดไป” มาสู่คุณค่าที่ธุรกิจมอบแก่ลูกค้า “ไม่มีใครทุ่มเทสำหรับลูกค้าเหนือไปกว่าเรา” พบว่า ไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสได้ขยายรายละเอียดของคุณค่าให้ชัดเจนยิ่งขึ้นผ่านคำมั่นสัญญาเรื่อง “ครบถ้วนในทุกๆ สิ่ง ไม่ว่าจะสินค้า ราคา และบริการ” โดยกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติไว้ 5 ประการ คือ ลูกค้าสะดวกสบายและเพลินเพลินในการจับจ่าย ลูกค้าได้ทุกสิ่งที่ต้องการ ราคาถูกใจ ลูกค้าไม่ต้องรอคิวนาน และพนักงานบริการเป็นกันเอง ซึ่งการแสดงให้ลูกค้าเห็นถึง

วัตถุประสงค์หลักและคุณค่าองค์การที่หลอมรวมอยู่ภายใต้สโลแกน “เราใส่ใจคุณ” ต้องดำเนินการผ่านเครื่องมือจัดการที่สอดคล้องกับค่านิยมสัญญาข้างต้น ประกอบด้วย 1. ความสะดวกสบายและความเพลิดเพลินในการจับจ่าย 2. สินค้าครบครันและบริการหลากหลายรูปแบบ 3. ราคาประหยัด ถูก...ทุกวัน และ 4. พนักงานเป็นมิตร

สรุปและอภิปรายผล

เอกลักษณ์ที่ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสสร้างขึ้นบนพื้นฐานความต่างทั้งในแง่จุดกำเนิด วิวัฒนาการ รูปแบบการดำเนินธุรกิจ และการปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้านั้นแสดงให้เห็นจุดร่วมอย่างหนึ่งว่า แท้จริงแล้วเอกลักษณ์ถูกสร้างมาจากองค์ประกอบ 3 ส่วนภายในโครงสร้างเดียวกัน นั่นคือ สารสำคัญของเอกลักษณ์ (essence) เอกลักษณ์หลัก (core identity) และส่วนขยายเอกลักษณ์ (extended identity) อธิบายความสัมพันธ์ได้ดังนี้ ไม่เพียงความแข็งแกร่งของเอกลักษณ์จะต้องอยู่บนวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมในฐานะสาระสำคัญที่ฝังรากลึกอยู่ในองค์การ ตำแหน่งทางการตลาดและบุคลิกภาพที่หลอมรวมอยู่ภายในเอกลักษณ์หลักยังสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับห้างค้าปลีกทั้งสองได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม แม้สาระสำคัญของเอกลักษณ์และเอกลักษณ์หลักจะมีบทบาทต่อการสร้างความแข็งแกร่งให้กับองค์การมากเท่าใด แต่ความแข็งแกร่งคงไม่เกิดขึ้นหากขาดจุดเชื่อมโยงไปสู่ลูกค้าและพนักงานซึ่งเป็นกลุ่มผู้รับสารเป้าหมาย โดยองค์ประกอบที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงสาระสำคัญของเอกลักษณ์และเอกลักษณ์หลักไปสู่ผู้รับสารปลายทางก็คือ ส่วนขยายเอกลักษณ์ทั้ง 5 มิติ เนื่องจากตลอดช่วงเวลาของการเลือกซื้อสินค้า ทั้งห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะพยายามสื่อสารส่วนขยายเอกลักษณ์นี้อยู่ตลอด ทำให้ส่วนขยายเอกลักษณ์กลายเป็นองค์ประกอบที่กลุ่มผู้รับสารเป้าหมายรับรู้และสัมผัสได้ง่ายกว่าเอกลักษณ์ส่วนอื่นๆ

แม้ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสจะกำหนดสาระสำคัญของเอกลักษณ์และเอกลักษณ์หลักอย่างชัดเจน ตลอดจนสร้างส่วนขยายเอกลักษณ์ให้มีความแตกต่างโดดเด่นเพื่อช่วงชิงความได้เปรียบทางการแข่งขัน แต่เอกลักษณ์ดังกล่าวจะไม่มีประสิทธิภาพมากพอหากขาดวิถีจัดระบบที่ดี ด้วยเหตุนี้แกนหลักของการจัดการเพื่อให้เอกลักษณ์มีระบบระเบียบจึงอยู่ที่การแสดงให้เห็นกลุ่มผู้รับสารเป้าหมายทั้งพนักงานภายในและลูกค้าภายนอกเห็นถึงสาระสำคัญของเอกลักษณ์ ซึ่งกระบวนการแปลความหมายจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สอดคล้องกับการจัดการเอกลักษณ์แต่ละรูปแบบเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามเป้าประสงค์ของการสื่อสารหนึ่ง ในการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ประการ คือ

1. ความเป็นห้างค้าปลีกข้ามชาติที่สังคมไทยมองว่าเข้ามาทำลายวัฒนธรรมและโครงสร้างธุรกิจกลายเป็นมูลเหตุหลักที่ชักนำเทสโก้ โลตัส ไฮเปอร์มาร์เก็ตสัญชาติอังกฤษไปสู่การเผชิญกับอุปสรรคมากมายที่ห้างสรรพสินค้าสัญชาติไทยอย่างเซ็นทรัลมีเคยพบเจอ โดยเฉพาะปัญหาการต่อต้านจากกลุ่มธุรกิจเดิมที่ผูกขาดตลาดมานาน ปัญหาการนำเสนอข่าวสารเชิงลบของสื่อมวลชน และปัญหาข้อจำกัดทางกฎหมายที่พยายามควบคุมอัตราการขยายสาขาของห้างค้าปลีกข้ามชาติขนาดใหญ่ เมื่อพิจารณากลวิธีกรปรับตัวเพื่อลดแรงต่อต้านปรับเปลี่ยนทัศนคติ และสร้างภาพลักษณ์เชิงบวกของเทสโก้ โลตัสผ่านแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนแนวทางปฏิบัติให้มีความยืดหยุ่น การแสดงตัวตนเพื่อให้ลูกค้ารับรู้ถึง “ความเป็นฝรั่งแต่หัวใจคนไทย” การชูประเด็นเรื่องการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม หรือการสนับสนุนการจ้างงานในท้องถิ่นจะพบว่า ไฮเปอร์มาร์เก็ตสัญชาติอังกฤษรายนี้ใช้กลยุทธ์บริหารจัดการท้องถิ่น (localization) ที่ยืดหยุ่นไปตามแบบแผนทางวัฒนธรรม ขนาดตลาด และพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้านั้นไทยภายใต้แนวคิด “ทุกอย่างอยู่ในคุณค่าเดียวกัน แต่วิถีปฏิบัติอาจไม่เหมือนกัน” เป็นสำคัญ ดังนั้น หากธุรกิจค้าปลีกหรือธุรกิจอื่นใดต้องการเข้าสู่ตลาดระหว่างประเทศซึ่งมีความต่างไปจากวัฒนธรรมของประเทศตน สิ่งที่ธุรกิจต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ก็คือ การคำนึงถึงกลยุทธ์บริหารจัดการท้องถิ่นตั้งสำนวนไทยที่ว่า “เข้าเมืองตาหลิ่ว ต้องหลิ่วตาตาม” สอดคล้องกับมุมมอง

ของ Ithor ที่กล่าวว่าการเข้าสู่ตลาดโลกได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับธุรกิจ โดยกลยุทธ์ความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจข้ามชาติต้องเริ่มจากการค้นหาวิธีการที่ทำให้กิจกรรมต่างๆ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของวัฒนธรรมท้องถิ่น ซึ่งธุรกิจควรให้ความสำคัญตระหนักเมื่อเข้าสู่ตลาดการค้าโลก [3] ไม่เพียงเท่านั้น การพยายามใช้กลยุทธ์ราคาเพื่อเพิ่มความประหยัดค่าน้ำค่าแก้อุปกรณ์ รวมถึงกลยุทธ์ขยายสาขาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการซื้อจนวนลูกค้ารับรู้ถึงมูลค่าเพิ่มและความโดดเด่นแตกต่างจากคู่แข่งยังสอดคล้องกับผลวิจัยของซีรชีย์ ศรีธนาประเสริฐ ที่พบว่า ธุรกิจดิสเคาท์ สโตร์มุ่งเน้นกลยุทธ์เร่งขยายสาขาหรือขยายเวลาทำการเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค [4]

2. Tybout และ Calkins กล่าวไว้ว่า การยืนยันสาเหตุที่ทำให้ตราสินค้ามีความเหนือชั้นก็คือ การค้นหา “จุดที่สร้างความแตกต่าง” (point of difference) อันประกอบด้วยคุณประโยชน์ด้านการใช้งาน (functional benefits) และคุณประโยชน์ด้านอารมณ์ (emotional benefits) [5] ดังนั้น ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลจึงนำเรื่องความเป็นห้างสรรพสินค้าครบวงจร (one-stop shopping) ที่ตอบสนองทุกความต้องการของลูกค้ากลุ่มบนเพื่อมุ่งสู่ “Complete Lifestyle Destination” มาเป็นจุดสร้างความแตกต่าง และเมื่อใดที่ลูกค้าก้าวเข้าสู่โลกของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ลูกค้าย่อมได้รับทั้งคุณประโยชน์ด้านการใช้งานผ่านความหลากหลาย ความมีคุณภาพ ความแปลกใหม่ของสินค้า รวมถึงคุณประโยชน์ด้านอารมณ์ซึ่งก็คือประสบการณ์อันน่าประทับใจที่ได้รับจากการบริการเหนือความคาดหมายและความสวยงามของบรรยากาศภายใน เพราะสำหรับห้างสรรพสินค้าชั้นนำอย่างเซ็นทรัลแล้ว ประสบการณ์ถือเป็นสิ่งจำเป็นในการขับเคลื่อนความสำเร็จของธุรกิจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้ลูกค้าเห็นว่า “ทุกช่วงเวลาของชีวิตจะมีห้างเซ็นทรัลเติบโตไปด้วยกัน” ส่วนการวางตำแหน่งทางการตลาดของเทสโก้ โลตัสเพื่อค้นหาพื้นที่ (location) อันเหมาะสมภายในจิตใจลูกค้า [6] ห้างค้าปลีกข้ามชาติรายนี้กลับสนใจเรื่องความเป็นไฮเปอร์มาร์เก็ตที่เน้นตอบสนองความต้องการของคนทุกเพศทุกวัยด้วยสินค้าอุปโภคบริโภคจำเป็นในชีวิตประจำวัน โดยพยายามสร้างความแตกต่างจากคู่แข่งเพื่อมุ่งสู่การเป็นอันดับหนึ่งในทุกด้าน เน้นการนำเสนอคุณประโยชน์ด้านการใช้งาน (functional benefits) ผ่านความคุ้มค่าเงิน ความสะดวกในการเดินทาง ตลอดจนความครบครันและความสดใหม่ของสินค้าเป็นหลัก ด้วยเพราะแนวคิดการบริหารงานด้วยต้นทุนต่ำ (low cost operation) ของธุรกิจค้าปลีกประเภทไฮเปอร์มาร์เก็ตไม่ยอมให้ความสำคัญกับคุณประโยชน์ด้านอารมณ์ผ่านการสร้างสรรค์บรรยากาศให้ดูหรูหราสวยงามหรือการบริการเหนือความคาดหมายเท่าใดนัก

3. เมื่อเชื่อมโยงผลการวิจัยกับแนวคิดเรื่องการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืนของ Michael E. Porter ผ่าน 3 กลยุทธ์หลักคือ กลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุน (overall cost leadership) กลยุทธ์การสร้าง ความแตกต่าง (differentiation) และกลยุทธ์การเจาะจงตลาดเฉพาะส่วน (focus) [7] จะพบว่า การสร้างความได้เปรียบอย่างยั่งยืนท่ามกลางสถานการณ์การแข่งขันที่รุนแรงและความผันผวนทางเศรษฐกิจในมุมมองของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลสอดคล้องกับกลยุทธ์การสร้าง ความแตกต่างด้วยการนำเสนอสินค้าภายใต้เครื่องหมาย Only@Central และการบริการเหนือความคาดหมาย ก่อนเข้าสู่กลยุทธ์การเจาะจงตลาดเฉพาะส่วนผ่านบัตรเดอะวันการ์ด ขณะที่ไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสกลับเลือกใช้กลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุนตามแนวคิดการบริหารด้วยต้นทุนต่ำ โดยกำหนดราคาสินค้าเพื่อสร้างการรับรู้และแสดงจุดยืนเรื่องสินค้าถูกทุกวันผ่านรายการส่งเสริมการตลาด 4 รูปแบบเรียงลำดับตามระยะเวลา ได้แก่ โปรโมชันสุดสัปดาห์ โปรโมชันรายสัปดาห์ โปรโมชันรายปักษ์ และโปรโมชันพิเศษ หรือแม้แต่การออกแคมเปญลดนิยมอย่างโรลแบ็คที่ช่วยตอกย้ำความรู้สึกเชิงบวกในจิตใจลูกค้า อย่างน้อยก็ทำให้ตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น สอดรับไปในทางเดียวกับมุมมองของ Varley ที่กล่าวว่าการตั้งราคาขายที่ต่ำกว่าคู่แข่งผ่านกลยุทธ์สินค้าราคาถูกทุกวันหรือ Everyday Low Price (EDLP) ช่วยตอกย้ำความรู้สึกเชิงบวกในจิตใจลูกค้าอย่างมาก เพราะข้อเสนอเรื่องราคายุติธรรมและความคุ้มค่าเงินสามารถพัฒนาไปสู่ความภักดีระยะยาว [8] นอกจากกลยุทธ์การเป็นผู้นำด้านต้นทุนแล้ว เทสโก้ โลตัสยังใช้กลยุทธ์การสร้าง ความแตกต่าง

ผ่านสินค้าแฮนด์แบรนด์สู่กลยุทธ์การเจาะจงตลาดเฉพาะส่วนผ่านบัตรคลับการ์ดที่มีสมาชิกกว่าหลายล้านคนในปัจจุบัน

4. แม้เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ส่วนใหญ่จะสะท้อนให้เห็นจุดร่วมระหว่างห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสก็ตาม แต่ในความเหมือนของประเภทเครื่องมือกลับพบความต่างในรายละเอียดของเครื่องมือเหล่านั้น เช่นกัน เหตุผลสนับสนุนข้อค้นพบน่าจะมาจากการที่ห้างค้าปลีกทั้งสองมีจุดร่วมของความเป็นธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ (modern retail business) เหมือนกัน แต่ความต่างในแง่จุดกำเนิด วิวัฒนาการ รูปแบบการดำเนินธุรกิจ และการปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคของลูกค้า การแสดงให้เห็นบุคคลภายในและภายนอกเห็นถึงวัตถุประสงค์หลักและค่านิยมองค์การซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของการจัดการเอกลักษณ์ [1] ผ่านเครื่องมือหลากหลายรูปแบบจึงมีความต่างในรายละเอียด ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่า การประยุกต์ใช้เครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ในสถานการณ์จริงจำเป็นต้องพิจารณาความเหมาะสมตามรูปแบบของธุรกิจ แนวคิดการดำเนินงาน ตลอดจน ภูมิหลังทางประวัติศาสตร์ อย่างไรก็ตาม สิ่งหนึ่งที่มีอาจมองข้ามก็คือการรักษาความเชื่อมโยงขององค์ประกอบแต่ละส่วนภายในโครงสร้างเอกลักษณ์ ไม่ว่าจะเป็นสาระสำคัญของเอกลักษณ์ เอกลักษณ์หลัก และส่วนขยายเอกลักษณ์ เพราะเปรียบเสมือนแกนกลางความสัมพันธ์ที่ทำให้กระบวนการจัดการเอกลักษณ์ประสบความสำเร็จ

5. เมื่อจุดมุ่งหมายของการจัดการเอกลักษณ์ตามที่ Schmidt กล่าวไว้คือ เพื่อแสดงให้เห็นบุคคลภายในและภายนอกเห็นถึงวัตถุประสงค์หลักและค่านิยม [1] ผู้วิจัยคาดว่าแบบแผนร่วมของเครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ที่ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลและไฮเปอร์มาร์เก็ตเทสโก้ โลตัสนำมาใช้ภายในองค์การ ไม่ว่าจะเป็นจรรยาบรรณในการประกอบธุรกิจ การฝึกอบรมพนักงาน การปฏิบัติตัวเป็นแบบอย่างของผู้บริหาร และรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาสารน่าจะเป็นผลสืบเนื่องจากการกำหนดให้มีเพียง 2 หน่วยงานหลักเข้ามาทำหน้าที่ เริ่มด้วยบริษัท เซ็นทรัลรีเทล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ในฐานะบริษัทแม่ของห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลที่กำหนดให้ฝ่ายทรัพยากรบุคคลเข้ามาดูแลเรื่องการสื่อสารภายในองค์การ ส่วนบริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม จำกัด กลับมอบหมายบทบาทนี้แก่แผนกสื่อสารองค์กร โดยมีฝ่ายทรัพยากรบุคคลทำหน้าที่หน่วยงานสนับสนุน ไม่ต่างจากแบบแผนร่วมของเครื่องมือจัดการเอกลักษณ์ภายนอกองค์การที่การสื่อสารความเป็นตัวตนของห้างมักกระทำผ่านองค์ประกอบด้านสินค้า ด้านการบริการ ด้านการตลาด และด้านการออกแบบไปสู่ลูกค้า ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานหลักเพียงไม่กี่หน่วยงาน ได้แก่ ฝ่ายบริหารสาขาหรือฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายบริหารสาขาหรือฝ่ายปฏิบัติการ ฝ่ายการตลาด ตลอดจนฝ่ายออกแบบ ส่งผลให้เครื่องมือที่เลือกใช้ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในอนาคตควรมีการวิจัยประเด็นดังกล่าวในแง่มุมมองของผู้รับสาร ไม่ว่าจะเป็นการวิจัยการรับรู้ของลูกค้าต่อเอกลักษณ์ที่สร้างขึ้น หรือการขยายประเด็นวิจัยไปสู่หัวข้อการวิเคราะห์ช่องว่างของเอกลักษณ์โดยใช้วิธีเปรียบเทียบระหว่างเอกลักษณ์ที่องค์การธุรกิจสร้างขึ้นและเอกลักษณ์ที่ลูกค้ารับรู้ ซึ่งการผนวกวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและวิธีวิจัยเชิงปริมาณเข้าด้วยกันไม่เพียงสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการบริหารจัดการเอกลักษณ์ที่ยังคงมีน้อยในแวดวงวิชาการของประเทศไทยเท่านั้น แต่ยังช่วยเติมเต็มองค์ความรู้เดิมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นจนพัฒนาไปสู่ข้อสรุปทั่วไปได้

2. ควรมีการวิจัยธุรกิจค้าปลีกประเภทห้างสรรพสินค้าและประเภทไฮเปอร์มาร์เก็ตอื่นเพิ่มเติม อาจแบ่งกรณีศึกษาออกเป็นธุรกิจค้าปลีกประเภทห้างสรรพสินค้า 2 องค์การ และธุรกิจค้าปลีกประเภทไฮเปอร์มาร์เก็ตอีก 2 องค์การ โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ การค้นหาแบบแผนร่วมของธุรกิจค้าปลีกประเภทเดียวกัน จนนำไปสู่การยืนยันข้อค้นพบและเพิ่มพลังในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. การวิจัยในประเด็นที่เชื่อมโยงกับเรื่องเอกลักษณ์ขององค์การธุรกิจซึ่งความรู้สึกซึ่งของข้อมูลมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการสร้างข้อสรุปทั่วไป หากผู้ศึกษาไม่ใช่ “คนใน” ผู้วิจัยเสนอแนะให้ผู้ศึกษาต้องวางแผนในการ

เข้าถึงข้อมูลอย่างละเอียด รอบคอบ และแม่นยำ พร้อมทั้งบูรณาการวิธีศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม การค้นคว้าจากเอกสารต่างๆ และการสังเกตการณ์เข้าด้วยกัน เพื่อให้การรวบรวมข้อมูลจากหลากหลายวิธีนำไปสู่การสร้างข้อสรุปที่เข้าใจถึงความจริงมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิตเรื่อง “การจัดการทางการสื่อสารเกี่ยวกับเอกลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่: กรณีศึกษาห้างค้าปลีกสัญชาติไทยและห้างค้าปลีกข้ามชาติ” คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยได้รับทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Schmidt, K. (1995). *The quest for identity: Corporate identity: strategies, methods and example*. Cassell: London.
- [2] ทศ टनाพร. (2548). *กลยุทธ์ 7-Eleven : คัมภีร์ธุรกิจค้าปลีกยุคใหม่*. เชียงใหม่: บลูพรีน ดีไซน์.
- [3] Ihator, Augustine S. (2004). Corporate communication: Reflections on twentieth century change. *Corporate communication : An International Journal*. 9(3): 249-251.
- [4] ชีรชัย ศรีธนาประเสริฐ. (2543). *โครงสร้างตลาดของธุรกิจดิสเคาน์สโตร์กับผลกระทบต่อผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [5] Tybout, Alice M.; & Calkins, Tim. (2005). *Kellogg on branding : the marketing faculty of the Kellogg School of Management*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- [6] Keller, K.L. (2008). *Strategic brand management : building, measuring, and managing brand*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- [7] Porter, Michael E. (1980). *Competitive strategy : Techniques for analyzing industries and competitors*. New York: Free Press.
- [8] Varley, Rosemary. (2006). *Retail product management: Buying and merchandising*. 2nd ed. London: Routledge.

SWU6-1093: การวิเคราะห์ผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศ ที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท

IMPACT OF DEVIATION IN OPTIMAL CAPITAL FLOWS ON THAI BAHT

นัทวีดี แป้นน้อย, บัณฑิต ชัยวิชญชาติ

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม โดยอาศัยแนวคิดจากงานวิจัยของ Bacchetta and Wincoop (2) เพื่อศึกษาผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท โดยการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยวิธี Structural Vector Autoregressive (SVAR) ทั้งนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ตั้งแต่ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2540 จนถึงไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2552 ผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริงมีความผันผวนและมีการเบี่ยงเบนไปจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม นอกจากนี้ ผลการศึกษาผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาทพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถส่งผลกระทบต่ออัตราแลกเปลี่ยนได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผ่านปริมาณเงินในประเทศ ซึ่งผลกระทบจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงควรพิจารณาการดำเนินนโยบายการเปิดเสรีทางการเงินอย่างระมัดระวังมากขึ้น เพื่อควบคุมให้ระดับการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศมีสัดส่วนใกล้เคียงกับระดับที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดความผันผวนของค่าเงินบาท

คำสำคัญ : เงินทุนต่างประเทศ ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม ค่าเงินบาท อัตราแลกเปลี่ยน

Abstract

The major objective of this research is to analysis the impact of deviation in optimal capital flows on Thai Baht. In first section aims to estimates the numerical of long run capital inflows to Thailand and compares it to actual inflows, based on the research of Bacchetta and Wincoop. After calculated the optimal capital flows, the Structural Vector Autoregressive Model (SVAR) was employed to analyze the effects of deviation in optimal capital flows on Thai Baht. The study found that the actual capital inflows are volatility and deviated from the optimal inflows. This deviation in optimal capital flows generates directly and indirectly negative significant effect on Thai Baht. The indirect effects caused by passed of money supply. In conclusion, the deviation in optimal capital flows is the cause of fluctuation in Thai Baht. Therefore, the Central Bank should have policy to stabilize the foreign capital inflows approximate to the optimal level.

Keywords: Foreign Capital Inflows, Deviation in Optimal Capital Flows, Thai Baht, Exchange Rate

บทนำ

ประเทศไทยมีการเปิดเสรีการเงินมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 โดยมีการผ่อนคลายนโยบายจำกัดและมาตรการในการควบคุมการเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศ ทั้งนี้ เนื่องจากการตระหนักถึงความสำคัญของระบบการเงินที่จะเป็นปัจจัยผลักดันให้เกิดการพัฒนาประเทศและส่งผลให้ระบบเศรษฐกิจขยายตัว [1] ประกอบกับประเทศไทยยังมีความจำเป็นต้องพึ่งพาเงินทุนต่างประเทศเพื่อชดเชยช่องว่างระหว่างการออมและการลงทุน จากงานของชาอูซึ อางานานท์ [2] และสุรัตน์า เจริญรัตน์ [3] ให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกันว่าเงินทุนเคลื่อนย้ายจากต่างประเทศและการพัฒนาของภาคการเงินเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากเงินลงทุนทางตรงที่เข้ามานั้นจะช่วยสะสมทุนในส่วนที่ขาดแคลนที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต ทำให้ประเทศปลายทางผู้รับเงินทุนมีทรัพยากรเพียงพอ

อย่างไรก็ตาม การไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศในปริมาณที่มากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจได้ โดยทำให้เกิดภาวะฟองสบู่ในตลาดหุ้นและอสังหาริมทรัพย์ อีกทั้งทำให้ระบบการเงินมีความเปราะบางจากการไหลออกของเงินทุนอย่างกะทันหันจนอาจนำไปสู่วิกฤตการณ์ทางการเงินได้ [4] เนื่องจากการเคลื่อนย้ายเงินทุนต่างประเทศขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ

จากที่กล่าวในข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เงินทุนจากต่างประเทศก่อให้เกิดทั้งคุณและโทษแก่ระบบเศรษฐกิจ ซึ่งการขาดแคลนเงินทุนต่างประเทศจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ขณะเดียวกันการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศจำนวนมากจนเกินไปก็จะสร้างความเสียหายให้กับระบบเศรษฐกิจ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม ซึ่งไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะนำไปสู่การเกิดวิกฤตการณ์ทางการเงินภายในประเทศ โดยจะเป็นการพิจารณาด้านการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศ และทำการเปรียบเทียบระดับการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมดังกล่าวกับระดับการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะทำให้ทราบถึงส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม หลังจากนั้นจึงศึกษาผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่ออัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม ซึ่งในการศึกษานี้หมายถึงเป็นระดับเงินทุนไหลเข้าที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รายไตรมาส ตั้งแต่ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2540 ถึงไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2552 รวมทั้งสิ้น 49 ไตรมาส ทั้งนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา สามารถรวบรวมได้จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้แก่ ธนาคารแห่งประเทศไทย ธนาคารโลก (World Bank) และกองทุนการเงินระหว่างประเทศ (International Monetary Fund: IMF)

ตัวแปรเงินทุนต่างประเทศที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นผลรวมของเงินทุนต่างประเทศ 4 ประเภท คือ เงินลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) เงินลงทุนในหลักทรัพย์จากต่างประเทศ (FPI) เงินกู้จากต่างประเทศ (Loan) และเงินทุนประเภทอื่นๆ

สำหรับตัวแปรส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมคำนวณจากผลต่างของสัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริงกับสัดส่วนเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม ซึ่งสัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริงคำนวณจากมูลค่าเงินทุนต่างประเทศของประเทศไทยเทียบกับมูลค่าการไหลออกของเงินทุนต่างประเทศทั่วโลก และสำหรับระดับสัดส่วนของเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมคำนวณจากสต็อกทุนของไทยเทียบกับสต็อกทุนโลก ทั้งนี้ ตัวแปรสต็อกทุนอาศัยการพยากรณ์ข้อมูลที่มีอยู่เดิมจากงานวิจัยของ Nehru, Vikram, and Dhareshwar [5]

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การคำนวณระดับเงินทุนเคลื่อนย้ายที่เหมาะสมตามแนวคิดของ Bacchetta and Wincoop [6] อาศัยการคำนวณจากตัวแปรสต็อกทุนของประเทศต่างๆ ซึ่งระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมได้จากสูตรการคำนวณต่อไปนี้

$$\frac{\left(1 - \frac{K_i}{K}\right) K_i}{\sum_{j \neq i} \left(1 - \frac{K_j}{K}\right) K_j} \quad (1)$$

โดยที่ K_i และ K_j = สต็อกทุนของประเทศ i และประเทศ j
 K = สต็อกทุนทั้งหมดของโลก

2) การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เพื่อศึกษาผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท ซึ่งใช้การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยวิธี Structural Vector Autoregressive (SVAR) เพื่อประมาณการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจาก Shock ของตัวแปร [7] โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา คือ

$$X_t = [EX_t, M2_t, RGDP_t, (i - i^*)_t, DOC_t] \quad (2)$$

โดย EX_t คือ อัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์

$M2$ คือ ปริมาณเงินในประเทศ

$RGDP$ คือ ระดับรายได้ที่แท้จริงของประเทศ

$i - i^*$ คือ ส่วนต่างของอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศ

DOC คือ ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม

x_t คือ เวกเตอร์ของตัวแปรภายในขนาด 5×5

$$y_t = B_0 + \sum_{i=1}^p B_i y_{t-i} + e_t \quad (3)$$

โดยที่ $B_0 = A^{-1}\Gamma_0$, $B_i = A^{-1}\Gamma_i$ และ $e_t = A^{-1}u_t$

ทั้งนี้ค่า e_t จะเป็น Shocks in All Error Terms หรือคือ Shock รวมทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ซึ่งจะเห็นว่า Shock ของปัจจัยต่างๆ นั้นจะอยู่ที่พจน์สุดท้ายเท่านั้น โดยแบบจำลอง SVAR จะสนใจเพียงแค่ Shock ของปัจจัยต่างๆ เราจึงทำการศึกษาเพียง Shock โดยนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (4)

$$A^{-1}\varepsilon_t = e_t \quad (4)$$

หรือเขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{M2t} \\ \varepsilon_{(i-i^*)t} \\ \varepsilon_{DOct} \\ \varepsilon_{EXT} \\ \varepsilon_{RGDPt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{M2t} \\ e_{(i-i^*)t} \\ e_{DOct} \\ e_{EXT} \\ e_{RGDPt} \end{bmatrix} \quad (5)$$

ขั้นตอนในการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การทดสอบความมีเสถียรภาพ (Stationary) หรือการทดสอบ Unit Root ของตัวแปรด้วยวิธี Augmented Dickey – Fuller test: ADF Test

ขั้นตอนที่ 2: การเลือกจำนวน Lag ที่เหมาะสมของแบบจำลอง ซึ่งค่าสถิติที่ใช้ในการคำนวณจำนวน Lag ที่เหมาะสมของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ อาศัยค่า Schwarz Information Criterion: SIC

ขั้นตอนที่ 3: การประมาณค่าแบบจำลองและกำหนด Zero Restriction เพื่อเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันตามทฤษฎีโดยในแบบจำลองของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีตัวแปรทั้งสิ้น 5 ตัวแปร ดังนั้น จำนวนเงื่อนไขที่เป็น 0

(Zero Restriction) จะมีค่าเท่ากับ $\frac{(n^2 - n)}{2} = \frac{(4^2 - 4)}{2} = 10$ ตัว จะได้สมการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจาก innovation หรือ shocks ในแบบจำลองที่แสดงในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & b_{13} & 0 & 0 \\ b_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{32} & 1 & b_{34} & 0 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & 1 & b_{45} \\ b_{51} & 0 & 0 & b_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{M2t} \\ \varepsilon_{(i-i^*)t} \\ \varepsilon_{DOct} \\ \varepsilon_{EXT} \\ \varepsilon_{RGDPt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{M2t} \\ e_{(i-i^*)t} \\ e_{DOct} \\ e_{EXT} \\ e_{RGDPt} \end{bmatrix} \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 4: นำผลที่ได้จากการประมาณค่าแบบจำลองไปทำการทดสอบค่า Impulse Response Function เพื่อทดสอบว่าการเปลี่ยนแปลง (Shock) ของตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลองมีผลกระทบต่ออัตราแลกเปลี่ยนอย่างไร และทดสอบค่า Variance Decomposition เพื่อพิจารณาว่า ความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรใดบ้างและมีสัดส่วนเป็นเท่าใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยแต่ละตัวที่มีอิทธิพลต่ออัตราแลกเปลี่ยน

ทั้งนี้ สมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐานทางทฤษฎี และสมมติฐานของงานวิจัย

สมมติฐานทางทฤษฎี คือ

1. ปริมาณเงินในประเทศมีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนในทิศทางเดียวกัน
2. รายได้ประชาชาติที่แท้จริงมีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนในทิศทางตรงกันข้าม
3. อัตราดอกเบี้ยเปรียบเทียบกับระหว่างประเทศมีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนในทิศทางตรงกัน

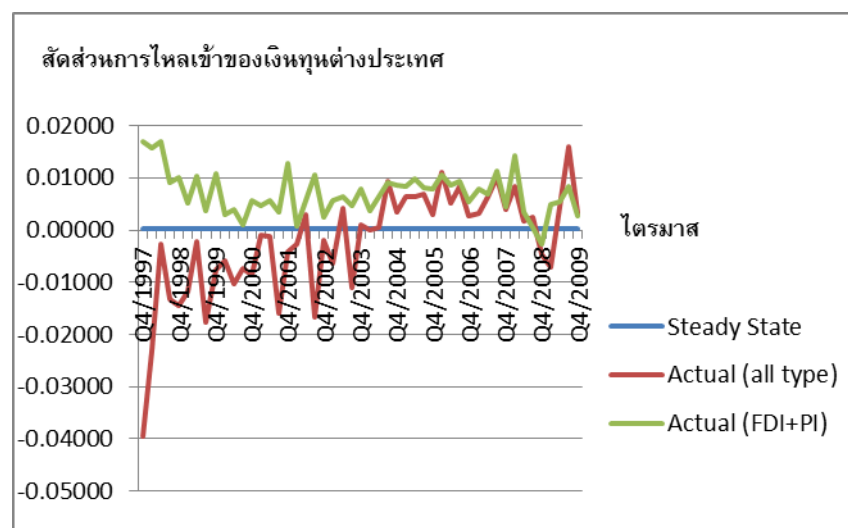
ข้าม

สมมติฐานการวิจัย คือ

1. ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมส่งผลกระทบต่ออัตราแลกเปลี่ยนได้ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม
2. ความผันผวนของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนมากกว่าปริมาณเงินในประเทศ ส่วนต่างอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศ และรายได้ประชาชาติที่แท้จริง

ผลการวิจัย

1. ผลการคำนวณระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม



ภาพที่ 1 ระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม และระดับเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริง

จากผลการศึกษาระดับของการไหลเข้าเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมพบว่า สัดส่วนการไหลเข้าที่เหมาะสมของเงินทุนต่างประเทศ ตลอดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00024 โดยสัดส่วนดังกล่าว คิดจากเงินทุนจากประเทศต่างๆ ทั่วโลกจำนวน 27 ประเทศ และเมื่อพิจารณาสัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริงพบว่า มีการเบี่ยงเบนไปจากระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังพบว่า เงินทุนต่างประเทศที่คิดจากจากเงินทุน 4 ประเภท ซึ่งได้แก่ เงินลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) เงินลงทุนในหลักทรัพย์ (FPI) เงินกู้จากต่างประเทศ และเงินทุนประเภทอื่นๆ จะมีสัดส่วนการไหลเข้าที่ผันผวนมากกว่าเงินทุนต่างประเทศที่คิดจากเงินทุน 2 ประเภท ได้แก่ FDI และ FPI

สัดส่วนการไหลเข้าที่เกิดขึ้นจริงของเงินทุนต่างประเทศรวม 4 ประเภท ตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2540 จนถึงปี พ.ศ. 2546 มีระดับที่ต่ำกว่าสัดส่วนการไหลเข้าที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นไป สัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนประเภทนี้มีระดับที่สูงกว่าสัดส่วนการไหลเข้าที่เหมาะสม ก่อนที่จะลดลงต่ำอีกครั้ง ในต้นปี พ.ศ. 2550 ในขณะที่สัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศประเภท FDI และ FPI มีสัดส่วนการไหลเข้าที่เกิดขึ้นจริงสูงกว่าระดับเหมาะสมมาโดยตลอด ยกเว้นในไตรมาส 4 ปี พ.ศ. 2551

2. ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อค่าเงินบาท

- การทดสอบความมีเสถียรภาพ (Stationary) หรือการทดสอบ Unit Root

ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลโดยใช้วิธี Augmented Dickey-Fuller Test พบว่า ส่วนต่างอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศมีคุณสมบัติ Stationary หรือมีความนิ่งของข้อมูลที่ระดับ Level สำหรับตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณเงินในประเทศ อัตราแลกเปลี่ยน ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม และรายได้ประชาชาติที่แท้จริง มีคุณสมบัติ Stationary หรือมีความนิ่งของข้อมูล ณ ผลต่างระดับที่ 1 (at First Difference)

- การเลือกจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสมของแบบจำลอง

ผลการกำหนดจำนวน Lag ที่เหมาะสมด้วยการคำนวณค่า Schwarz Information Criterion: SIC ทำให้ได้จำนวน Lag ที่เหมาะสมของแบบจำลองคือ 2 ไตรมาส

- ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function)

การคำนวณค่า Impulse Response Function จะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ จึงต้องนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มาทดสอบ t-test เพื่อพิจารณาว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบายที่ประมาณการได้นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยค่า t-test ซึ่งผลการศึกษาเป็นดังนี้

1) Shocks ของปริมาณเงินในประเทศมีผลกระทบต่ออัตราการแลกเปลี่ยนของอัตราแลกเปลี่ยน โดยมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้ มีเพียงค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงเวลาที่ 1 เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยค่าสัมประสิทธิ์ ณ ช่วงเวลาที่ 1 เท่ากับ -1.442 กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงเลาดังกล่าว สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนที่เกิดจาก Shocks ของปริมาณเงินในประเทศ โดยเมื่อปริมาณเงินในประเทศมีการเปลี่ยนแปลงไป 1,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ จะทำให้อัตราแลกเปลี่ยนมีการตอบสนองในทิศทางตรงกันข้ามขนาด 1.442 บาทต่อดอลลาร์ (ตารางที่ 1)

2) Shocks ของส่วนต่างของอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนได้ เนื่องจากค่า t-test ของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณการนั้น ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (ตารางที่ 1)

3) Shocks ของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมมีผลกระทบต่ออัตราแลกเปลี่ยน โดยมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้ มีเพียงค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงเวลาที่ 1 เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยค่าสัมประสิทธิ์ ณ ช่วงเวลาที่ 1 เท่ากับ -9.009 กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงเลาดังกล่าวที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของส่วนเบี่ยงเบนของเงินทุนต่างประเทศจากระดับเหมาะสม โดยเมื่อส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะทำให้อัตราแลกเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงไป 9.009 บาทต่อดอลลาร์ ในทิศทางตรงกันข้าม(ตารางที่ 1)

4) Shocks ของรายได้ประชาชาติที่แท้จริงไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนได้ เนื่องจากค่า t-test ของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณการนั้น ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของอัตราแลกเปลี่ยนที่เป็นผลมาจาก Shocks ของตัวแปรต่างๆ

เวลา	Response of Exchange Rate				
	M2	i-i*	DOC	EX	RGDP
1	-1.442**	0.195	-9.009**	1.00**	-0.261
2	-1.025	-1.012	-57.507	10.584	-0.151
3	-0.589	-0.870	-44.073	7.912	-0.155
4	-0.277	-0.725	-33.027	5.711	-0.167
5	-0.061	-0.641	-26.658	4.433	-0.176
6	0.085	-0.601	-23.448	3.777	-0.180
7	0.182	-0.586	-22.163	3.501	-0.179
8	0.247	-0.587	-21.984	3.442	-0.175
9	0.290	-0.595	-22.391	3.499	-0.167
10	0.318	-0.608	-23.068	3.608	-0.159
11	0.337	-0.621	-23.833	3.734	-0.150
12	0.349	-0.635	-24.589	3.859	-0.141
13	0.358	-0.649	-25.293	3.974	-0.133
14	0.366	-0.662	-25.932	4.076	-0.127
15	0.372	-0.674	-26.511	4.167	-0.121

หมายเหตุ: *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ที่มา: จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ

นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนของเงินทุนต่างประเทศสามารถส่งผลกระทบต่ออัตราแลกเปลี่ยนโดยผ่านทางปริมาณได้เช่นกัน โดยผลการทดสอบการตอบสนองของปริมาณเงินในประเทศที่มีผลมาจาก Shocks ของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมพบว่า มีค่าเพียงค่าสัมประสิทธิ์ ณ ช่วงเวลาที่ 1 เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงเวลาที่ 1 มีค่าเท่ากับ 27.204 (ตารางที่ 2) ซึ่งกล่าวได้ว่า เมื่อส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะทำให้ปริมาณเงินในประเทศเปลี่ยนแปลงไป 27,204 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมไม่สามารถส่งผลกระทบทางอ้อมต่ออัตราแลกเปลี่ยนโดยผ่านทางตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากปริมาณเงินได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทดสอบการตอบสนองของตัวแปรต่างๆที่เกิดขึ้นจากส่วนเบี่ยงเบนของเงินทุนต่างประเทศจากระดับเหมาะสม

Response to DOC			
เวลา	M2	i-i*	RGDP
1	27.204***	0.000	0.000
2	195.071	-87.337	59.037
3	172.439	-68.311	56.423
4	149.618	-46.513	51.881
5	136.292	-29.142	48.815
6	129.982	-16.075	46.845
7	128.250	-6.599	45.567
8	129.358	0.014	44.731
9	132.124	4.420	44.195
10	135.773	7.181	43.880
11	139.813	8.762	43.743
12	143.952	9.530	43.756
13	148.030	9.765	43.905
14	151.973	9.677	44.176
15	155.761	9.416	44.558

หมายเหตุ: *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ที่มา: จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ

- ผลการวิเคราะห์การแยกส่วนของความแปรปรวน (Variance Decomposition)

ผลการทดสอบความแปรปรวนแยกส่วนพบว่า ความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์ที่เกิดขึ้นได้รับอิทธิพลมาจากส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม มีสัดส่วนมากที่สุด โดยในช่วงเวลาที่ 1 มีสัดส่วนถึงร้อยละ 96.2239 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ตัวแปรรองลงมาที่มีผลต่อความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนคือ ปริมาณเงินในประเทศ โดยมีสัดส่วนร้อยละ 2.4647 ในช่วงเวลาที่ 1 และลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.0893 ในช่วงเวลาต่อมา อีกทั้งยังมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าปริมาณเงินในประเทศมีผลต่อความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนในระยะสั้นๆ เพียงแค่ช่วงเวลาเดียว ในขณะที่ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากตัวของมันเองมีสัดส่วนร้อยละ 1.1856 ในช่วงเวลาที่ 1 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.2242 ในช่วงเวลาที่ 2 หลังจากนั้นจึงค่อยๆ มีสัดส่วนลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแยกส่วนของความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์

(หน่วย: ร้อยละ)

เวลา	M2	i-i*	DOC	EX	RGDP
1	2.465	0.045	96.224	1.186	0.081
2	0.089	0.030	96.654	3.224	0.003
3	0.063	0.033	96.716	3.186	0.002
4	0.054	0.035	96.771	3.138	0.002
5	0.048	0.037	96.819	3.094	0.002
6	0.045	0.039	96.860	3.053	0.003
7	0.043	0.041	96.897	3.016	0.003
8	0.041	0.043	96.932	2.982	0.003
9	0.040	0.044	96.964	2.949	0.003
10	0.039	0.045	96.995	2.918	0.003
11	0.037	0.047	97.024	2.889	0.003
12	0.036	0.048	97.051	2.862	0.003
13	0.036	0.048	97.076	2.837	0.003
14	0.035	0.049	97.100	2.813	0.003
15	0.034	0.050	97.122	2.791	0.003

ที่มา: จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นศึกษาเกี่ยวกับระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม โดยพบว่า สัดส่วนการไหลเข้าที่เหมาะสมของเงินทุนต่างประเทศในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00024 และจากการเปรียบเทียบระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมดังกล่าวกับสัดส่วนการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดจริงพบว่า สัดส่วนของเงินทุนต่างประเทศที่เกิดขึ้นจริงมีการเบี่ยงเบนไปจากระดับที่เหมาะสม

ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่ออัตราแลกเปลี่ยนพบว่า อัตราแลกเปลี่ยนได้รับผลกระทบทางตรงจาก Shocks ของส่วนเบี่ยงเบนของเงินทุนต่างประเทศจากระดับเหมาะสมในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อส่วนเบี่ยงเบนของเงินทุนต่างประเทศมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์มีค่าลดลง นอกจากนี้ อัตราแลกเปลี่ยนยังได้รับผลกระทบทางตรงมาจาก Shocks ของปริมาณเงินในประเทศด้วยเช่นกัน โดยมีทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณเงินในประเทศเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้อัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์มีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของปริมาณเงินที่มีต่ออัตราแลกเปลี่ยนได้มีผลกระทบทางอ้อมที่ส่งผ่านมาจากส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่รวมอยู่ด้วย โดยผลกระทบของส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมที่มีต่อปริมาณเงินเป็นไปในทิศทางบวก แต่สำหรับ Shocks ของส่วนต่างของอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศและรายได้ประชาชาติที่แท้จริงไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนได้

สำหรับผลการวิเคราะห์ Variance Decomposition พบว่าในช่วงเวลาที่ 1 ส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนมากที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รองลงมาคือ ปริมาณเงินในประเทศ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนในช่วงเวลาสั้นๆ แต่ในช่วงเวลาที่ 1 เท่านั้น นอกจากนี้ ความแปรปรวนของอัตราแลกเปลี่ยนยังได้รับอิทธิพลมาจากตัวของมันเองแต่มีแนวโน้มลดลง ดังนั้น หลังจากช่วงเวลา 1 เป็นต้นไป ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับอัตราแลกเปลี่ยนเป็นผลมาจากส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสม และตัวของมันเองเป็นสำคัญ

จากผลการศึกษาโดยรวมทั้งหมดได้แสดงให้เห็นว่า ความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์ได้รับผลกระทบมาจากส่วนเบี่ยงเบนจากระดับเงินทุนต่างประเทศที่เหมาะสมเป็นสำคัญ โดยขนาดของส่วนเบี่ยงเบนดังกล่าวจะทำให้อัตราแลกเปลี่ยนเกิดความผันผวนอย่างรุนแรงและเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น เพื่อลดความผันผวนของค่าเงิน รัฐบาลและธนาคารกลางจึงควรมีนโยบายเพื่อใช้เป็นกรอบในการรักษาระดับการไหลเข้าของเงินทุนต่างประเทศให้ใกล้เคียงกับระดับที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐพร อุปสรร์. (2541). ผลกระทบของการเปิดเสรีทางการเงินที่มีผลต่ออัตราดอกเบี้ยในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การบริหารธุรกิจ). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] ชาญชัย อางมานนท์. (2543). บทบาทการเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศและการพัฒนาของภาคการเงินต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [3] สุรัตนา เจริญรัตน์. (2530). บทบาทของเงินทุนต่างประเทศที่มีผลต่อการออม และการจำเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] ธนา สมพรเสริม. (2554). รายงานการสัมมนาวิชาการ เรื่อง ผลกระทบของการเปิดเสรีทางการเงินต่อโอกาสหลักเข้าของเงินทุนเคลื่อนย้ายระหว่างประเทศ. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- [5] Nehru; & Dhareshwar. (1993). A new Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results. *Revises de Analisis Economico*. 8(1): 37-59.
- [6] Bacchetta; & Wincoop. (1998). Capital Flows to Emerging Markets: Liberalization, Overshooting, and Volatility. In *NBER Working Paper, No.6530*. n.p.
- [7] บัณฑิต ชัยวิชญชาติ. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการอบรมเครื่องมือทางสถิติเชิงปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

**SWU6-1101: ความสัมพันธ์ของงบประมาณการจัดซื้อหนังสือและการใช้หนังสือ
ของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

**THE RELATIONSHIP OF BOOK ACQUISITION BUDGET AND BOOK USAGE IN THE
MEDICAL LIBRARY, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY**

ศิริพรรณ ตันติวัชรประกาย

Siripun Tantivatcharaprakai

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Central Library, Srinakharinwirot University, Thailand.

Corresponding author, E-mail: siripan@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของงบประมาณการจัดซื้อหนังสือและการใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รวมทั้งปริมาณการใช้และไม่ใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ แยกตามหมวดหมู่ระบบหอสมุดแพทย์แห่งชาติ (National Library of Medicine - NLM) ผลการวิจัยสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือให้เหมาะสมกับความต้องการของภาควิชาต่าง ๆ ของคณะแพทยศาสตร์ได้ต่อไป ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) คณะแพทยศาสตร์ได้รับงบประมาณค่าหนังสือในรอบ 3 ปี ที่ศึกษาเป็นจำนวนทั้งสิ้น 2,882,877 บาท เมื่อพิจารณาแยกตามรายภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่ได้รับงบประมาณสูงสุดคือ ภาควิชาวิสัญญีวิทยาและภาควิชาศัลยศาสตร์ รองลงมาคือ ภาควิชาอายุรศาสตร์ ส่วนภาควิชาที่ได้รับต่ำสุดคือ ภาควิชานิติเวชศาสตร์ 2) หนังสือที่เกี่ยวข้องแยกตามภาควิชาพบว่า ภาควิชาอายุรศาสตร์ มีจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องสูงสุด รองลงมาคือ ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกัน ส่วนภาควิชาที่มีจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องต่ำสุด 2 ภาควิชา คือ ภาควิหารังสีวิทยา และภาควิชาจิตเวช ในเรื่องเกี่ยวกับปริมาณการใช้ พบว่าจากหนังสือทั้งหมด 4,254 เล่ม เป็นหนังสือที่มีการใช้เพียงร้อยละ 46.97 น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของที่มี 3) เมื่อพิจารณาแยกตามภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่มีปริมาณการใช้เกินกว่าร้อยละ 50.00 ของจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องในแต่ละภาควิชา มี 6 ภาควิชา คือ ภาควิหารังสีวิทยา รองลงมาคือ ภาควิชาวิสัญญีวิทยาและภาควิชาศัลยศาสตร์ ภาควิชาจักษุศาสตร์ ภาควิชาจิตเวช ภาควิชาสูติ-นรีเวช และภาควิชาออร์โธปิดิกส์ ส่วนภาควิชาที่มีการใช้ต่ำสุดคือ ภาควิชาพยาธิวิทยา 4) ด้านสัดส่วนการใช้หนังสือเทียบกับหนังสือที่เกี่ยวข้องโดยรวมมีค่าเป็น 1.00 : 7.53 เมื่อพิจารณาแยกตามภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่มีสัดส่วนการใช้สูงสุดคือภาควิชากุมารเวชศาสตร์ มีสัดส่วนการใช้ 1.00 : 10.94 ส่วนภาควิชาที่มีสัดส่วนการใช้ต่ำสุดคือ ภาควิชาพยาธิวิทยา มีสัดส่วนการใช้ 1.00 : 2.41 5) ความสัมพันธ์ของงบประมาณการจัดซื้อหนังสือกับปริมาณการใช้หนังสือพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก

คำสำคัญ: งบประมาณการจัดซื้อหนังสือ การใช้หนังสือ ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Abstract

This study aimed to investigate the relationship of book acquisition budget and book usage in the Medical Library, Srinakharinwirot University, and to determine the quantity of used and non-used books in related subject categories of the National Library of Medicine (NLM) classification system. The results of this study could be used as a guideline for allocating book budget that efficiently meets the needs of the departments in the Faculty of Medicine. The study results showed that: 1) The book acquisition budget that the Medical Library, Srinakharinwirot University received during the years 2004-2006 was 2,882,877 baht. The departments which received the highest budget were the Department of Anesthesiology and the Department of Surgery The department which received the lowest budget was the Department of Forensic Medicine 2) In determining the number of the books that were relevant to the subject fields of the departments, it was found that the Department of Internal Medicine had the highest number of relevant books whereas the Department of Radiology had the lowest number 3) Among the total number of books under study, only 46.97 percent were used. In studying the book usage of all departments, the result shows that 6 departments used over 50.00 percent of their collections. These included the Department of Radiology, the Department of Anesthetic and the Department of Internal Medicine, the Department of Ophthalmology, the Department of Psychiatry, the Department of Genecology and the Department of Orthopedics. The lowest use of books was found in the Department of Pathology. 4) The ratio between the total number of books used and the total number of the relevant books used was 1.00 : 7.53. The highest ratio was found in the Department of Pediatrics (1.00 : 10.94), while the lowest was found in the Department of Pathology (1.00 : 2.41). 5) The study showed high correlation between the total book acquisition budget and the book usage, at the statistically significant level of 0.05 level.

Keywords: Book Acquisition Budget, Book Usage, Medical Library, Srinakharinwirot University

บทนำ

ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพทางการศึกษาและการผลิตบัณฑิตของสถาบันอุดมศึกษา เนื่องจากห้องสมุดเป็นแหล่งสำคัญในการจัดหา รวบรวมจัดเก็บและบริการสืบค้นข้อมูล เพื่อสนับสนุนการศึกษา การค้นคว้าและการวิจัยของอาจารย์ นักศึกษาและบุคลากรของสถาบัน การศึกษาตลอดจนชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งสนับสนุนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องจนตลอดชีวิต ดังนั้นคุณภาพของห้องสมุดมหาวิทยาลัย จึงเป็นเรื่องสำคัญอันที่จะนำไปสู่การเพิ่มพูนคุณภาพการศึกษา [1]

ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2530 เพื่อให้บริการแก่คณาจารย์ นิสิตและบุคลากรของคณะแพทยศาสตร์ วชิรพยาบาล อยู่ภายใต้สังกัดของสำนักหอสมุดกลางโดยนิตินัย มีการจัดทำแผนงานและดำเนินนโยบายร่วมกัน และในทางปฏิบัติให้ดำเนินงานขึ้นตรงกับคณบดีคณะแพทยศาสตร์ และในเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ได้ย้ายไปเปิดให้บริการที่ชั้น 5 อาคารศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก

เนื่องจากคณะแพทยศาสตร์ มีการเรียนการสอนสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1-3 ที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จึงมีหนังสือส่วนหนึ่งที่ทางห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ จัดซื้อและจัดเก็บให้บริการที่ชั้น 5 ของสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ต่อมาปี พ.ศ. 2548 ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรฯ ได้เริ่มใช้ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ Horizon ซึ่งเป็นฐานเดียวกับของสำนักหอสมุดกลาง มาใช้ในการลงฐานข้อมูลหนังสือ จนถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ได้เริ่มนำโปรแกรม Horizon มาใช้ในการให้บริการยืม-คืน ในห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรฯ ซึ่งสามารถบันทึกจำนวนการใช้หนังสือแต่ละวันที่ยืมออกจากห้องสมุดได้

ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ได้ดำเนินการจัดซื้อหนังสือ โดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการคัดเลือกหนังสือ โดยคณะกรรมการคัดเลือกหนังสือนี้ได้รับการแต่งตั้งจากคณบดีคณะแพทยศาสตร์ ประกอบด้วยคณาจารย์ซึ่งเป็นตัวแทนจากภาควิชาต่างๆ ของคณะแพทยศาสตร์ ในส่วนของงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือทางห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ได้จัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือให้กับแต่ละภาควิชาของคณะแพทยศาสตร์ โดยจัดสรรงบประมาณตามค่า FTES (Full Time Equivalent Students) ดังนั้นจึงมีหนังสือจำแนกตามภาควิชาต่างๆ ของคณะแพทยศาสตร์

ผู้วิจัยในฐานะที่เคยปฏิบัติงานในห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ จึงสนใจที่จะศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือของแต่ละภาควิชา กับปริมาณการใช้หนังสือในห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒว่า มีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปประกอบการพิจารณาจัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือให้เหมาะสมกับการใช้ของแต่ละภาควิชาในคณะแพทยศาสตร์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้และไม่มีการใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ โดยแยกตามหมวดหมู่ตามระบบ NLM
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือของแต่ละภาควิชา ในคณะแพทยศาสตร์ กับปริมาณการใช้หนังสือในห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แหล่งข้อมูล

1.1 ข้อมูลงบประมาณได้จากบันทึกของฝ่ายการเงินของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดงบประมาณของห้องสมุดจัดสรรให้แก่ภาควิชาต่างๆ ช่วงปี พ.ศ. 2547-2549 การจัดสรรงบประมาณให้แก่แต่ละภาควิชานั้นจัดตามค่า FTES

1.2 ข้อมูลการยืมหนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ได้รวบรวมจากฐานข้อมูล Horizon ซึ่งเป็นฐานข้อมูลระบบห้องสมุดอัตโนมัติจากงานเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักหอสมุดกลาง ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2550

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลหนังสือที่มีการยืมจากข้อมูลการยืมหนังสือ ได้รวบรวมข้อมูลการใช้หนังสือให้ผู้วิจัย จำแนกออกเป็นข้อมูลหนังสือภาษาไทย และภาษาต่างประเทศ และข้อมูลหนังสือที่มีการยืมและข้อมูลหนังสือที่ไม่มีการยืม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างเครื่องมือแบบบันทึกข้อมูลหนังสือที่มีการยืมและแบบบันทึกข้อมูลหนังสือที่ไม่มีการยืม เมื่อผู้วิจัยบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกข้อมูลหนังสือที่มีการยืม และบันทึกข้อมูล

ทั้ง 2 แบบ มาแยกตามภาควิชา โดยจำแนกตามระบบบันทึกหอสมุดคณะแพทย์แห่งชาติ (NLM) และบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกการใช้ และไม่ใช้หนังสือของห้องสมุดแยกตามภาควิชา และระบบหอสมุดคณะแพทย์แห่งชาติ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของงบประมาณของแต่ละภาควิชาในคณะแพทยศาสตร์ หอสมุดคณะแพทยศาสตร์ ได้รวบรวมงบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชา โดยจัดทำเป็นตาราง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลงบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชามาจัดทำตาราง และรวบรวมงบประมาณ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2549

การเก็บรวบรวมข้อมูลหนังสือที่มีการใช้และหนังสือที่ไม่มีการใช้ จากข้อมูลการยืมหนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาแจกแจงความถี่ลงในเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย และสรุปได้ข้อมูลจากแบบบันทึกการใช้และไม่ใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ โดยแยกตามภาควิชาและระบบห้องสมุดแพทย์แห่งชาติ (NLM)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลเกี่ยวกับงบประมาณที่คณะแพทยศาสตร์ได้รับทั้ง 3 ปีการศึกษา แยกเป็นรายปีและผลรวม พร้อมทั้งแสดงค่าร้อยละแยกตามภาควิชา นำรายการหนังสือทั้งหมดมาหนังสือที่เกี่ยวข้องแยกตามภาควิชาแล้วคำนวณค่าร้อยละของจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องจากจำนวนทั้งหมด ส่วนปริมาณการใช้หนังสือวิเคราะห์โดยนำความถี่ในการใช้หนังสือมาคำนวณค่าร้อยละของการใช้เทียบกับหนังสือที่เกี่ยวข้องของแต่ละภาควิชา คำนวณสัดส่วนจำนวนเล่มที่มีการใช้กับจำนวนครั้งที่มีการยืมออกไป แยกตามภาควิชา นำจำนวนงบประมาณและปริมาณการใช้หนังสือมาคำนวณค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ผลการวิจัย

1. งบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชาของคณะแพทยศาสตร์แยกตามปี ในช่วงปี พ.ศ. 2547-2549 และผลรวม ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 งบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชา

ภาควิชา	2547	2548	2549	รวม	ร้อยละ
กุมารฯ	150,205.20	68,830.50	141,261.70	360,297.40	12.50
จักษุ-โสตฯ	62,967.00	33,590.20	69,459.30	166,016.50	5.76
จิตเวช	892.50.00	17,679.00	50,994.40	69,565.90	2.41
นิติเวช	-	6,166.00	6,722.20	12,888.20	0.45
พยาธิวิทยา	126,959.70	104,602.00	121,558.90	353,120.60	12.25
รังสี					
วิสัญญีวิทยา	41,479.20	21,190.50	62,422.70	125,092.40	
ศัลยศาสตร์	280,119.70	231,855.90	80,920.50	592,896.10	
รวม 2 ภาควิชา	321,598.90	253,046.40	143,343.20	717,988.50	24.90
เวชศาสตร์ป้องกัน	51,568.70	144,124.60	75,217.70	270,911.00	9.40
สูติ – นรีเวช	136,359.50	77,515.00	116,039	329,913.50	11.44

ออร์โธปิดิกส์	39,792.50	24,632.00	42,465.60	106,890.10
				3.71
อายุรศาสตร์	59,196.20	188,332.70	175,713.40	423,242.30
				14.68
รวม	960,547.20	968,214.40	954,115.40	2,882,877.00
				100.00

จากตารางที่ 1 แสดงว่า คณะแพทยศาสตร์ ได้รับงบประมาณค่าน้ำหนังสือในรอบ 3 ปี ที่ศึกษา เป็นจำนวนทั้งสิ้น 2,882,877 บาท เมื่อพิจารณาแยกตามรายภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่ได้รับงบประมาณสูงสุดคือ ภาควิชาวิสัญญีวิทยาและภาควิชาศัลยศาสตร์ (ร้อยละ 24.90) รองลงมาคือ ภาควิชาอายุรศาสตร์ (ร้อยละ 14.68) ส่วนภาควิชาที่ได้รับต่ำสุดคือ ภาควิชานิติเวชศาสตร์ (ร้อยละ 0.456)

สำหรับงบประมาณ ภาควิชาวิสัญญีวิทยา และภาควิชาศัลยศาสตร์ นำมารวมกัน เพื่อสะดวกในการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ เพราะหนังสือที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของ 2 ภาควิชา ตรงกับระบบหอสมุดแพทย์แห่งชาติ หมวดเดียวกันคือหมวด WO

2. การใช้หนังสือทางการแพทย์

2.1 ร้อยละของจำนวนเล่มที่เกี่ยวข้องและร้อยละจำนวนเล่มที่มีการใช้ของแต่ละภาควิชาปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของจำนวนเล่มที่เกี่ยวข้องและร้อยละจำนวนเล่มที่มีการใช้ของแต่ละภาควิชา

ภาควิชา	จำนวนเล่มที่เกี่ยวข้อง	ร้อยละ	จำนวนเล่มที่ไม่มีการใช้		จำนวนเล่มที่มีการใช้	
			จำนวนเล่ม	ร้อยละ	จำนวนเล่ม	ร้อยละ
กุมารฯ	392	9.21	200	51.02	192	48.98
จักษุ-โสตฯ	259	6.09	110	42.47	149	57.53
จิตเวช	103	2.42	45	43.69	58	56.31
นิติเวช	151	3.55	97	64.24	54	35.76
พยาธิวิทยา	273	6.42	192	70.33	81	29.67
รังสี	90	2.12	30	33.33	60	66.67
เวชศาสตร์ฯ	778	18.29	474	60.93	304	39.07
ศัลยศาสตร์ วิสัญญีวิทยา	410	9.64	167	40.73	243	59.27
สูติ - นรีเวช	458	10.77	210	45.85	248	54.15
ออร์โธปิดิกส์	272	6.39	128	47.06	144	52.94
อายุรศาสตร์	1,068	25.10	603	56.46	465	43.54
รวม	4,254	100	2,256	53.03	1,998	46.97

จากตารางที่ 2 ในเรื่องหนังสือที่เกี่ยวข้องแยกตามภาควิชา พบว่า ภาควิชาอายุรศาสตร์ มีจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องสูงสุดคือ ร้อยละ 25.1 รองลงไปคือ ภาควิชาเวชศาสตร์ร้อยละ 18.29 ส่วนภาควิชาที่มีจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องต่ำสุด 2 ภาควิชา คือ ภาควิหารังสีวิทยาร้อยละ 2.12 และภาควิชาจิตเวชร้อยละ 2.42

ในเรื่องเกี่ยวกับการใช้ พบว่าจากหนังสือทั้งหมด 4,254 เล่ม เป็นหนังสือที่มีการใช้เพียงร้อยละ 46.97 น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของที่มี

เมื่อพิจารณาแยกตามภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่มีการใช้เกินกว่าร้อยละ 50.00 ของจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องในแต่ละภาควิชา มี 6 ภาควิชา คือ ภาควิชารังสีวิทยา ร้อยละ 66.67 รองลงไปคือ ภาควิชาวิสัญญีวิทยา และภาควิชาศัลยศาสตร์ร้อยละ 59.27 ภาควิชาจักษุโสตฯ ร้อยละ 57.53 ภาควิชาจิตเวชร้อยละ 56.31 ภาควิชาสูติ-นรีเวชร้อยละ 54.15 และภาควิชาออร์โธปิดิกส์ ร้อยละ 52.94

ส่วนภาควิชาที่มีการใช้ต่ำสุดคือ ภาควิชาพยาธิวิทยา ร้อยละ 29.67

2.2. สัดส่วนของจำนวนเล่มต่อจำนวนครั้งของการใช้ ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนจำนวนเล่มที่มีการใช้กับจำนวนครั้งของการใช้

ภาควิชา	จำนวนเล่มที่มีการใช้	จำนวนครั้งที่มีการใช้	สัดส่วนจำนวนเล่มต่อจำนวนครั้งที่มีการใช้
กุมารฯ	192	2,101	1.00 : 10.94
จักษุ-โสตฯ	149	955	1.00 : 6.41
จิตเวช	58	293	1.00 : 5.05
นิติเวช	54	533	1.00 : 9.87
พยาธิ	81	195	1.00 : 2.41
รังสี	60	595	1.00 : 9.92
เวชศาสตร์ฯ	304	2,564	1.00 : 8.43
ศัลยศาสตร์ วิสัญญีวิทยา	243	2,273	1.00 : 9.35
สูติ - นรีเวช	248	2,056	1.00 : 8.29
ออร์โธปิดิกส์	144	1,122	1.00 : 7.79
อายุรศาสตร์	465	2,360	1.00 : 5.08
รวม	1,989	15,047	1.00 : 7.53

จากตารางที่ 3 แสดงว่า สัดส่วนการใช้หนังสือเทียบกับหนังสือที่เกี่ยวข้องโดยรวมมีค่าเป็น 1.00 : 7.53

เมื่อพิจารณาแยกตามภาควิชาพบว่า ภาควิชาที่มีสัดส่วนการใช้หนังสือเทียบกับหนังสือที่เกี่ยวข้องสูงสุดคือภาควิชากุมารเวชศาสตร์ มีสัดส่วนการใช้ 1.00 : 10.94 ส่วนภาควิชาที่มีสัดส่วนการใช้ต่ำสุดคือ ภาควิชาพยาธิวิทยา มีสัดส่วนการใช้ 1.00 : 2.41

3. ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณในการจัดซื้อหนังสือหนังสือของแต่ละภาควิชากับปริมาณการใช้หนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลงบประมาณที่แต่ละภาควิชาได้รับที่ปรากฏในตารางที่ 1 และปริมาณการยืมหนังสือ (จำนวนครั้ง) ที่ปรากฏในตารางที่ 3 ไปคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของงบประมาณการจัดซื้อหนังสือของแต่ละภาควิชาและปริมาณการใช้หนังสือ

ปริมาณการใช้หนังสือ	
งบประมาณปี 2547 – 2549	$r_{xy} = 0.981^*$

$$r_{xy} = (0.05; n = 11) = 0.602$$

จากตารางที่ 4 แสดงว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2549 กับปริมาณการใช้หนังสือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอยู่ในระดับสูงมาก

สรุปและอภิปรายผล

1. ในรอบ 3 ปี คือ พ.ศ. 2547-2549 งบประมาณค่าหนังสือของคณะแพทยศาสตร์ ได้รับรวมทั้งสิ้น 2,882,877.00 บาท เมื่อพิจารณาแยกตามรายภาควิชาพบว่า ภาควิชาวิสัญญีวิทยา และภาควิชาศัลยศาสตร์ ได้รับสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 24.90 การที่ต้องนำงบประมาณ 2 ภาควิชานี้มารวมกันเพราะหนังสือของ 2 ภาควิชา มีเนื้อหาอยู่ในหมวดเดียวกันของระบบหอสมุดแพทย์แห่งชาติ การพิจารณาการใช้จึงไม่สามารถแยกหนังสือได้ว่า ภาควิชาใดเป็นผู้ใช้ งบรวมของ 2 ภาควิชาจึงสูงกว่าภาควิชาอื่นๆ

ภาควิชาที่ได้รับงบประมาณในอันดับรองลงมาคือ ภาควิชาอายุรศาสตร์ (ร้อยละ 14.68) ทั้งนี้เป็นเพราะภาควิชาอายุรศาสตร์เป็นภาควิชาใหญ่ และมีการเรียนการสอนหลายวิชาจึงได้งบประมาณมากเป็นอันดับ 2 ซึ่งถ้าในอันดับ 1 นั้น คือ เฉลี่ยของ 2 ภาควิชาจะเป็นภาควิชาละประมาณ ร้อยละ 12.50 ภาควิชาอายุรศาสตร์ก็จะเป็นอันดับ 1

ส่วนภาควิชาที่ได้รับงบประมาณน้อยที่สุดคือ ภาควิชานิติเวชศาสตร์ (ร้อยละ 0.45) เนื่องจากภาควิชานิติเวชศาสตร์ เริ่มมีการเรียนการสอนในปี 2548 งบประมาณในปี 2547 จึงไม่มี ทำให้ยอดรวมต่ำสุด

2. การใช้หนังสือทางการแพทย์

2.1 ในจำนวนหนังสือทั้งหมดที่ศึกษา เมื่อพิจารณาหนังสือที่เกี่ยวข้องกับภาควิชาอื่นๆ พบว่า ภาควิชาอายุรศาสตร์ มีหนังสือที่เกี่ยวข้องสูงสุดคือ ร้อยละ 25.10 อาจเป็นเพราะว่าภาควิชาอายุรศาสตร์เป็นภาควิชาใหญ่ ได้รับงบประมาณสูงเป็นอันดับ 2 เพราะอันดับ 1 นั้นเป็นงบประมาณที่รวมกัน 2 ภาควิชาเนื่องจากเนื้อหาสัมพันธ์กัน ทั้งภาควิชาที่มีการเรียนการสอนหลายวิชา จำเป็นต้องใช้หนังสือประกอบมาก จึงได้รับงบประมาณค่อนข้างสูง รองลงไปเป็นหนังสือของภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกัน มีที่มีหนังสือที่เกี่ยวข้องร้อยละ 18.29 อาจเป็นเพราะว่าภาควิชาเวชศาสตร์ฯ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับหลายหมวด ได้แก่ หมวด WA สาธารณสุขศาสตร์ WB เวชศาสตร์ปฏิบัติ AC หมวดโรคติดต่อ และหมวด WD โภชนาการผิดปกติ และมีการสอนหลายวิชาที่เป็นวิชาพื้นฐานทำให้สัดส่วนการใช้จึงสูงเป็นอันดับรองลงมา

ส่วนภาควิชาที่มีหนังสือที่เกี่ยวข้องต่ำสุดคือ ภาควิชารังสีวิทยา ร้อยละ 2.12 อาจเป็นเพราะว่าภาควิชานี้มีรายวิชาที่เปิดสอนน้อย ทำให้การใช้หนังสือมีน้อยไปด้วย

2.2 ร้อยละของจำนวนเล่มที่มีการใช้จากจำนวนเล่มทั้งหมดพบว่า หนังสือที่มีการใช้มีเพียง ร้อยละ 46.97 ซึ่งไม่ถึงครึ่งหนึ่ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหนังสือทางการแพทย์ส่วนใหญ่เล่มค่อนข้างหนา มีน้ำหนักมาก ผู้ใช้ส่วนหนึ่งใช้วิธีการยืมไปถ่ายเอกสาร ซึ่งร้านถ่ายเอกสารอยู่หน้าหอสมุดคณะแพทยศาสตร์ การยืมเช่นนี้ห้องสมุด

ไม่ได้มีการเก็บสถิติเป็นการใช้ซึ่งการใช้ในลักษณะดังกล่าวมีจำนวนมากพอสมควร จึงอาจทำให้จำนวนการใช้ที่คำนวณจากข้อมูลในระบบการยืมของห้องสมุดมีค่าไม่ถึงร้อยละ 50.00

2.3 เมื่อพิจารณาแยกตามภาควิชาพบว่า มี 6 ภาควิชาที่มีการใช้เกินกว่าร้อยละ 50.00 ของจำนวนหนังสือที่เกี่ยวข้องในแต่ละภาควิชา สูงสุดคือ ภาควิชารังสีวิทยา ร้อยละ 66.67 ที่เป็นเช่นนี้เพราะภาควิชานี้มีหนังสือน้อยเล่ม ได้รับงบประมาณเพียงร้อยละ 2.50 แต่หนังสือส่วนใหญ่ตรงกับเนื้อหาที่มีการเรียนการสอน จึงมีการยืมไปใช้มาก ทำให้สัดส่วนการใช้สูงสุด รองลงไปคือ ภาควิชาวิสัญญีวิทยาและภาควิชาศัลยศาสตร์ร้อยละ 59.27 ภาควิชาจักษุศาสตร์ ร้อยละ 57.53 ภาควิชาจิตเวชร้อยละ 56.31 ภาควิชาสูติรีเวชร้อยละ 54.15 และภาควิชาออร์โธปิดิกส์ ร้อยละ 52.94 ซึ่งทั้ง 5 ภาควิชาหลังนี้มีรายวิชาที่สอนมาก หนังสือที่เกี่ยวข้องจึงมีการยืมไปใช้มาก เกินกว่าร้อยละ 50.00

ส่วนภาควิชาที่มีการใช้ต่ำสุดคือ ภาควิชาพยาธิวิทยาร้อยละ 29.67 อาจเป็นเพราะหนังสือของภาควิชาพยาธิวิทยาส่วนหนึ่งอยู่ที่สำนักหอสมุดกลาง ที่วิทยาเขตประสานมิตร ซึ่งมีการเรียนการสอนพยาธิวิทยา แต่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้เก็บข้อมูลที่สำนักหอสมุดกลางด้วย ทำให้จำนวนการใช้ของภาควิชาพยาธิวิทยามีการใช้ต่ำสุด

2.4 สัดส่วนของจำนวนเล่มต่อจำนวนครั้งของการใช้พบว่า โดยรวมมีค่าเป็น 1.00 : 7.53 ครั้ง ใน 3 ปี เท่ากับ 3.7 ครั้งต่อปี คือ หนังสือ 1 เล่ม มีการใช้ 3.7 ครั้งต่อปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นที่เคยมีมาแล้วในประเทศไทยคือ งานวิจัยของดวงใจ กาญจนศิลป์ [2] ที่วิจัยเรื่องปริมาณและการใช้หนังสือที่จัดหาตามการเสนอแนะของอาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามสาขาวิชาที่จัดหาในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2546-2549 (ระยะที่ 2) พบว่า อัตราการใช้โดยเฉลี่ย 1.31 ครั้ง/ปี/เล่ม เท่านั้น

เมื่อแยกตามภาควิชาพบว่า สัดส่วนการใช้ของภาควิชากุมารเวชศาสตร์ มีค่าสูงที่สุดคือ 1.00 : 10.94 คือ หนังสือ 1 เล่ม มีจำนวนครั้งการยืมเท่ากับ 10.94 ครั้ง เฉลี่ย 3.31 ครั้งต่อปี จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ให้บริการยืม-คืน ของห้องสมุดคณะแพทยฯ ได้ข้อมูลว่านิสิตแพทย์มีการยืมหนังสือทางกุมารเวชศาสตร์ เพื่อทำรายงานและโดยเฉพาะตอนมีงานที่ต้องปฏิบัติตอนขึ้นวอร์ดที่มีคนไข้เป็นเด็กจำนวนมาก ส่วนภาควิชาที่มีสัดส่วนการใช้ต่ำคือ ภาควิชาพยาธิวิทยาคือ 1.00 : 2.41 เนื่องจากนิสิตที่เรียนทางพยาธิวิทยาเป็นนิสิตทางพรีคลินิก ซึ่งการเรียนการสอนอยู่ที่ประสานมิตร แต่การวิจัยในครั้งนี้เก็บข้อมูลการใช้เฉพาะทางวิทยาเขตองครักษ์ จึงทำให้สัดส่วนของการใช้หนังสือของภาควิชาพยาธิวิทยาต่ำกว่าภาควิชาอื่นๆ

3. ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณค่าหนังสือของแต่ละภาควิชาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2549 กับปริมาณการใช้หนังสือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอยู่ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าโดยภาพรวมการจัดการหนังสือของห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เนื่องจากในการจัดหานั้น ห้องสมุดมีคณะกรรมการคัดเลือกหนังสือที่ประกอบด้วยคณาจารย์ ซึ่งเป็นตัวแทนของคณาจารย์จากทุกภาควิชาในคณะแพทยศาสตร์ และคณะกรรมการทุกท่านให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี บางท่านไปคัดเลือกหนังสือที่ร้านหนังสือทางการแพทย์ บางท่าน เมื่อทางร้านนำหนังสือมาเสนอคณะกรรมการจะพิจารณาคัดเลือกเพื่อให้ทางห้องสมุดดำเนินการ บางท่านส่งรายชื่อหนังสือ เพื่อให้ทางห้องสมุดดำเนินการจัดซื้อต่อไป จึงทำให้ปริมาณการใช้และการจัดหาที่มีความสัมพันธ์กันระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบรายได้สำนักหอสมุดกลาง ประจำปีงบประมาณ 2552 ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักหอสมุดกลาง และ รศ.พวา พันธุ์เมฆา

เอกสารอ้างอิง

- [1] พรชนินทร์ ลีนาราช; และ มาธูร ศาสตราวาทิต. (2546). รายงานการวิจัยวิเคราะห์สัดส่วนของจำนวนทรัพยากรที่มีกับจำนวนการใช้ของห้องสมุด คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
ขอนแก่น: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] ดวงใจ กาญจนศิลป์. (2551, มกราคม-ธันวาคม). ปริมาณและการใช้หนังสือที่จัดหาตามการเสนอแนะของอาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามสาขาวิชาที่จัดหาในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2546-2549 (ระยะที่ 2). *บรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ มข.* 26(1-3): 38-45.

SWU6-1127: การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทน การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10

THE COMPARISON OF THE WORTH IN USING GASOHOL E85 AND GASOHOL E10

ภัทร ภูัสกุล, ชมพูนุท โกลลากร เพิ่มพูนวิวัฒน์

Pattra Poolsakul, Chompoonuh Koslakorn Permpoonviwat

สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

School of Economics and Public Policy, Srinakharinwirot University, Thailand.

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาถึงการเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ในกรณีของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน โดยการศึกษาความคุ้มค่าจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มรถยนต์ทั่วไปที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่รองรับการใช้งานแก๊สโซฮอล์ เพื่อให้สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และกลุ่มรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle โดยใช้การวิเคราะห์ด้านการเงินเพื่อศึกษาถึงความคุ้มค่าโดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์โครงการลงทุนประกอบกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนต่อทุน ระยะเวลาคืนทุน ซึ่งมีระยะเวลาในการศึกษา 5 ปี คือ ช่วงปี พ.ศ. 2553-2557 และศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์ประกอบกับข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษาซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 2.50 และกรณีอัตราคิดลดร้อยละ 3.27 พบว่า ในรถยนต์ทั่วไปที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ให้ผลคุ้มค่าในทุกกรณี โดยในกรณีปกติ (Base Case) ที่อัตราคิดลดร้อยละ 2.50 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 117,758.80 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 342 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 15.91 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 3.77 เดือน ในส่วนของรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle ในกรณีปกติ (Base Case) ที่อัตราคิดลดร้อยละ 2.50 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 51,527.80 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 189 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 8.81 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 6.81 เดือน แต่ในกรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง (Worst Case) ในอัตราร้อยละ 50 จะให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนโดยที่อัตราคิดลดร้อยละ 3.27 จะมีผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนสูงที่สุดโดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ -16,245.62 บาท และอัตราผลตอบแทนต่อทุน -1.46 เท่า จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) พบว่า ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ที่พบมากที่สุดคือ อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงเสีย ส่วนอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ส่วนใหญ่คือ จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายมีไม่เพียงพอ ส่วนปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ในรถยนต์ทั่วไปพบว่าไม่มีผลการทดสอบ ผลการวิจัยและข้อมูลจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ

คำสำคัญ: ความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 Flexible Fuel Vehicle อุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit)

Abstract

The objective of this study was to compare the worth of using gasohol E85 with gasohol E10. The research was studied by purposive sampling from interviewers who have a passenger car and using gasohol E85. The samples were divided into 2 groups that are the samples who used Flexible Fuel Vehicle cars and samples who installed FFV conversion kit and replacement parts in order to be able to use gasohol E85. The study was analyzed by using cost benefit analysis of Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit-Cost Ratio (BCR) and Payback Period (PB) during 2010-2014 totally 5 years. The study also included with problems and obstacles in using gasohol E85 and the problem in the FFV conversion kit installation from interview and secondary data.

The study used two discount rate are 2.50% and 3.27%. The result of study revealed that in base case of FFV conversion kit installation at 2.50% of discount rate, NPV, IRR, BCR and PB are 117,758.80 THB, 342%, 15.91 and 3.77 months respectively. It gives high return in both discount rate and all cases (Base case, Best case and Worst case). In base case of Flexible Fuel Vehicles, at 2.50% of discount rate, NPV, IRR, BCR and PB are 51,527.80 THB, 189%, 8.81 and 6.81 months respectively but in the worst case, when the different of pricing was 50% reduced, shown that it was unsuitable for investment because NPV are -16,245.62 and BCR are -1.46 at 3.27% of discount rate.

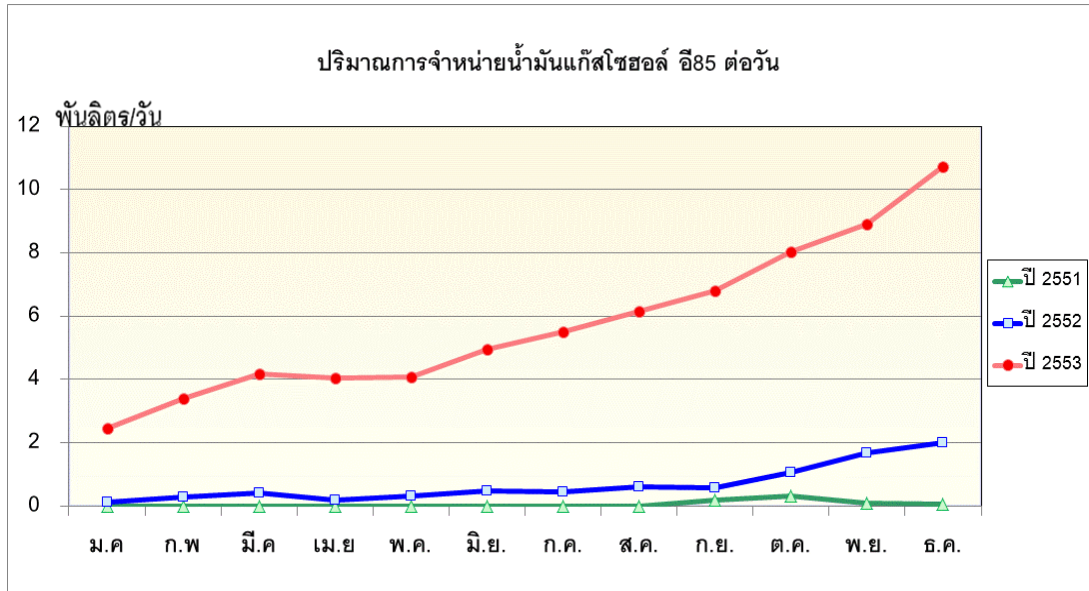
The study of problems and obstacles in using gasohol E85 found that many interviewers have a failure problem with “Fuel Level Gauge Sender” in engine and insufficient of E85 stations in Thailand. And also there are no guarantees or any researches from reliable sources to make a decision in FFV conversion kit installation.

Keywords: the worth of using gasohol E85 with gasohol E10, Flexible Fuel Vehicle, FFV conversion kit

บทนำ

น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอีกหนึ่งทางเลือกของพลังงานทดแทนในประเทศไทย โดยเป็นน้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลอยู่ระหว่างร้อยละ 75-85 กับน้ำมันเบนซินพื้นฐาน อีกทั้งเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Environmentally Friendly Fuel) ลดมลพิษที่ปล่อยจากไอเสีย นอกจากนี้ วัตถุประสงค์ที่นำมาผลิตเอทานอลในประเทศไทยส่วนใหญ่ มาจากพืชผลทางการเกษตรภายในประเทศ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย อันจะเป็นการช่วยส่งเสริมและประกันรายได้ให้กับเกษตรกรในการลงทุนปลูกพืชพลังงาน และการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ เนื่องจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ของผู้บริโภค 1 ลิตร จะมีส่วนช่วยให้ประเทศไทยลดการใช้น้ำมันเบนซินได้ถึง 0.85 ลิตร ดังนั้นการสนับสนุนการใช้เอทานอลให้มากขึ้นนอกจากจะเป็นการพัฒนาความยั่งยืนของเกษตรกรให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นแล้ว ยังเป็นการพัฒนาการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน จากยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทน ซึ่งภาครัฐดำเนินการให้นโยบายพลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติโดยสนับสนุนการผลิต และการใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพและชีวมวล มีการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแทนน้ำมัน เช่น เอทานอล และไบโอดีเซล มีการส่งเสริมและผลักดันให้มีการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และรถยนต์ FFV (Flexible Fuel Vehicle) สนับสนุนให้มีการผลิตรถยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ในประเทศโดยมีเป้าหมายเบื้องต้นที่จะมีรถยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำนวน 1 ล้านคันภายในปี พ.ศ. 2561 โดยภาครัฐได้มีการกำหนดนโยบายเพื่อ

ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทั้งนโยบายให้ใช้เงินกองทุนน้ำมันฯ เพื่อเป็นกลไกในการรักษา
ค่าการตลาด และให้ราคาขายปลีกน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ต่ำกว่าราคาขายปลีกน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ประมาณ
ร้อยละ 30 การลดอากรนำเข้ารถยนต์ FFV การชดเชยภาระภาษีสรรพสามิตรถยนต์ FFV ที่ผลิตขึ้น
ภายในประเทศและที่นำเข้ามาจำหน่ายภายในราชอาณาจักร ร้อยละ 3 การใช้อัตราภาษีสรรพสามิตในอัตราพิเศษ
ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1 ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ต่อวัน

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. [1]

แต่อย่างไรก็ตามการปริมาณใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ก็ยังมีสัดส่วนที่ไม่มากเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณการจำหน่ายของน้ำมันเบนซินรวมเฉลี่ยที่ 20,319,893 ลิตรต่อวัน ซึ่งมีปริมาณการจำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 5,781 ลิตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 0.03 ในขณะที่น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ออกแทน 95 มีปริมาณการจำหน่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 7,374,063 ลิตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 36.29 ของปริมาณการจำหน่ายของน้ำมันเบนซินรวม อีกทั้งการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ในรถยนต์ก็ยังมีประเด็นปัญหาที่เกิดการวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวาง ทั้งในเรื่องอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องยนต์และส่วนประกอบต่างๆ จำนวนสถานีบริการน้ำมันที่จำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 รวมถึงการใช้จ่ายเงินของภาครัฐในการแทรกแซงราคาจำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จึงเป็นมูลเหตุที่น่าสนใจในการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ศึกษาความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10

2. ศึกษาความคุ้มค่าจากการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือ รถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10

3. ศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit)

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อแรกที่ต้องการจะศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครที่ใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่รองรับการใช้งานแก๊สโซฮอล์ เพื่อให้รถยนต์สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ได้จำนวน 174 ตัวอย่าง ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิคือราคาน้ำมันเฉลี่ยจากกระทรวงพลังงาน

วิธีการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการจะศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าโดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle ประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน จำนวน 174 ตัวอย่าง ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิคือราคาน้ำมันเฉลี่ยจากกระทรวงพลังงาน

วิธีการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยจะศึกษาปัญหาและอุปสรรคโดยเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ จากแบบสัมภาษณ์ จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 348 ตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประกอบด้วยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) และเชิงพรรณนา (Descriptive Method) ดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) โดยการใช้ข้อมูลปฐมภูมิประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ข้อมูลระยะทางการใช้งานเฉลี่ยของการใช้รถยนต์ ข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละประเภท จะนำมาหาค่าเฉลี่ยและใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลในการวิเคราะห์ ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิซึ่งได้แก่ ราคาขายปลีกน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2553 อัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน อัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis: CBA) โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ซึ่งประกอบด้วยการลงทุนและผลตอบแทนจากการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ดังนี้

1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ กระแสเงินสดที่จ่ายในวันนี้ ซึ่งถือเป็นการลงทุนรวมทั้งกระแสเงินสดที่ออกในปีต่อๆ มา ซึ่งคิดลดมาให้เป็นกระแสเงินสดออกในปัจจุบันคิดเทียบกับกระแสเงินสดไหลเข้าในปีต่อๆ มาซึ่งคิดลดมาเป็นค่าปัจจุบัน แล้วเปรียบเทียบกระแสเงินสดที่ไหลเข้ากับกระแสเงินสดที่ไหลออก ซึ่งเปรียบเทียบในเวลาปัจจุบันเหมือนกัน โดยสรุปดังนี้

ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดไหลเข้า – ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดไหลออก = กระแสเงินสดสุทธิ
โดยค่ากระแสเงินสดหรือที่เรียกว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกแสดงว่าควรลงทุน และค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นลบแสดงว่าไม่สมควรลงทุน (ศศิวิมล มีอำพล. 2546: 401) โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (Cheng F. Lee; Joseph E. Finnerty; Edgar A. Norton. 1997: 235)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - C_0$$

โดยกำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการประหยัดได้ ที่เกิดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ในรถยนต์หนึ่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน

B_t = มูลค่าการประหยัดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ต่อปี

C_0 = ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือต้นทุนการผลิตรถยนต์ FFV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตรถยนต์แบบธรรมดา

r = ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี และอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3.27 ต่อปี และ n = ระยะเวลาของโครงการ 5 ปี

1.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return - IRR) อัตราผลตอบแทนภายในเป็นอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงที่จะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุของโครงการ หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราผลตอบแทนภายในเป็นอัตราคิดลดที่ทำให้กระแสเงินสดสุทธิเป็นศูนย์ ใช้เพื่อพิจารณาอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยที่โครงการลงทุนสามารถสร้างให้ได้ตลอดระยะเวลาของโครงการ โดยเกณฑ์การตัดสินใจโครงการลงทุนจะพิจารณาโดยเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) กับต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน และ อัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$NPV = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+R)^t} - C_0$$

โดยกำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการประหยัดได้ที่เกิดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันเบนซินออกเทน 95 หรือน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ในรถยนต์หนึ่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน

B_t = มูลค่าการประหยัดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ต่อปี

C_0 = ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือต้นทุนการผลิตรถยนต์ FFV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตรถยนต์แบบธรรมดา

n = ระยะเวลาของโครงการ 5 ปี และ R = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการลงทุน (IRR)

1.3 อัตราผลตอบแทนต่อทุน (Benefit-Cost Ratio - BCR) อัตราผลตอบแทนต่อทุนเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ ถ้าอัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{C_0}$$

โดยกำหนดให้

$BCR =$ อัตราผลตอบแทนของการประหยัดได้ที่เกิดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 10 ในรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ต่อต้นทุน

$B_t =$ มูลค่าการประหยัดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 10 ต่อปี

$C_0 =$ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือต้นทุนการผลิตรถยนต์ FFV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตรถยนต์แบบธรรมดา ในขณะที่ $r =$ ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี และอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3.27 ต่อปี และ $n =$ ระยะเวลาของโครงการ 5 ปี

1.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period - PB) ระยะเวลาคืนทุนใช้ในการพิจารณาว่าโครงการควรลงทุนหรือไม่โดยเป็นตัวบอกว่าเมื่อไรที่กระแสเงินสดที่ไหลเข้าหลังหักภาษีจะเท่ากับเงินลงทุนที่ลงทุนไป โดยเกณฑ์การตัดสินใจโครงการลงทุนจะพิจารณาโดยโครงการใดที่สามารถคืนทุนได้เร็วที่สุดก็ควรเลือกลงทุนในโครงการนั้น โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$PB = \frac{C_0}{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}$$

โดยกำหนดให้

$PB =$ ระยะเวลาคืนทุนจากการลงทุนในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือต้นทุนการผลิตรถยนต์ FFV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตรถยนต์แบบธรรมดา

$B_t =$ มูลค่าการประหยัดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 10 ต่อปี

$C_0 =$ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือต้นทุนการผลิตรถยนต์ FFV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตรถยนต์แบบธรรมดา ในขณะที่ $r =$ ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน และ อัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี และ $n =$ ระยะเวลาของโครงการ 5 ปี

1.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ตัวแปรที่ใช้ทดสอบความอ่อนไหวของโครงการแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปร คือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ 1) กรณีปกติ (Base Case) โดยกำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่และต้นทุนคงที่ตลอดระยะเวลาโครงการ 2) กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น (Best Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ และ 3) กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง (Worst Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ และระยะทางการใช้งานซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีปกติกำหนดให้ระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลปฐมภูมิ กรณีระยะทางการใช้งานเพิ่มขึ้นจากระยะทางการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 และกรณีระยะทางการใช้งานลดลงจากระยะทางการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 โดยนำตัวแปรที่ใช้ทดสอบความอ่อนไหวในกรณีต่างๆ ไปคำนวณเกณฑ์ตามการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์

2. การวิเคราะห์แบบเชิงพรรณนา (Descriptive Method) โดยกล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit)

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 โดยทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนต่อทุน และระยะเวลาคืนทุน

กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 2.50 ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เมื่อใช้อัตราคิดลดจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน ของธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2554 [2] โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินที่ประหยัดได้จากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 พบว่าในกรณีปกติที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่ และระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ 117,758.80 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 342 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 15.91 เท่า และระยะเวลาคืนทุน คือ 3.77 เดือน ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 2.50 ต่อปี

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	อัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) (เท่า)	ระยะเวลาคืนทุน (PB) (เดือน)
กรณีปกติ (Base Case) กำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่				
ระยะทางการใช้งานเฉลี่ย (68 กิโลเมตรต่อวัน)	117,758.80	342	15.91	3.77

ที่มา: จากการคำนวณ

กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 3.27 ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เมื่อใช้อัตราคิดลดจากอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี ณ เดือน มกราคม พ.ศ. 2554 โดยมีอัตราผลตอบแทนร้อยละ 3.27 ต่อปี ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำมันแก๊ส

โซฮอลล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 ให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินที่ประหยัดได้จากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 พบว่า ในกรณีปกติที่ราคา น้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่ และระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 115,021.19 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 342 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 15.56 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 3.85 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 3.27 ต่อปี

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	อัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) (เท่า)	ระยะเวลาดำเนินการคืนทุน (PB) (เดือน)
กรณีปกติ (Base Case) กำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่				
ระยะทางการใช้งานเฉลี่ย (68 กิโลเมตรต่อวัน)	115,021.19	342	15.56	3.85

ที่มา: จากการคำนวณ

ตอนที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าจากการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 โดยทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนต่อทุน และระยะเวลาคืนทุน

กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 2.50 ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 เมื่อใช้อัตราคิดลดจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน ของธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2554 [2] โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 ให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินที่ประหยัดได้จากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอลล์อี 10 พบว่า ในกรณีปกติที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่ และระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 51,527.80 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 189 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 8.81 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 6.81 เดือน ดังแสดงในตาราง

กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 3.27 ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เมื่อใช้อัตราคิดลดจากอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 โดยมีอัตราผลตอบแทนร้อยละ 3.27 ต่อปี ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุนโดยผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินที่ประหยัดได้จากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 พบว่า ในกรณีปกติที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่ และระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ 50,261.42 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 189 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 8.62 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 6.96 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 2.50 ต่อปี

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	อัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) (เท่า)	ระยะเวลาคืนทุน (PB) (เดือน)
กรณีปกติ (Base Case) กำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่				
ระยะทางการใช้งานเฉลี่ย (68 กิโลเมตรต่อวัน)	51,527.80	189	8.81	6.81

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 กรณีอัตราคิดลดร้อยละ 3.27 ต่อปี

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	อัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) (เท่า)	ระยะเวลาดินทุน (PB) (เดือน)
กรณีปกติ (Base Case) กำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่				
ระยะทางการใช้งานเฉลี่ย (68 กิโลเมตรต่อวัน)	50,261.42	189	8.62	6.96

ที่มา: จากการคำนวณ

จากการศึกษาความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ทั้งในเรื่องความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และเรื่องความคุ้มค่าจากการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทั้งในกรณีที่ใช้อัตราคิดลดร้อยละ 2.50 และ 3.27 ต่อปี ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อดูความคุ้มค่าจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงกว่าให้ผลความคุ้มค่าค่อนข้างมากกว่า เนื่องจากอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อยระหว่างอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ในขณะที่รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV มีความแตกต่างของอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ที่มากกว่า จากความแตกต่างของอัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงนี้เมื่อราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้ส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดลดลงในอัตราร้อยละ 50 จะให้ผลที่ไม่คุ้มค่า

ตอนที่ 3 ศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit)

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างพบปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Level Gauge Sender) หรือลูกลอยชุดลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงเสีย กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Filter) เกิดการอุดตัน เครื่องยนต์สั่นมากกว่าปกติ ปัญหาเกี่ยวกับการใช้งาน เช่น อัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง สตาร์ทเครื่องยนต์ติดยากขึ้น อัตราเร่งลดลง ในส่วนอุปสรรคในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 พบว่า จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหามีไม่เพียงพอ และมีเฉพาะในบางจังหวัด ในขณะที่จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างพบปัญหาและอุปสรรคของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit)

ได้แก่ ไม่มีผลการทดสอบ หรือผลการวิจัยและข้อมูลจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจติดตั้งสถานที่ให้บริการติดตั้งมีน้อย และไม่มีมาตรฐานควบคุมและการตรวจสอบในการติดตั้ง

สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 โดยทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนต่อหุ้น และระยะเวลาคืนทุน เป็นระยะเวลา 5 ปี คือ ปี พ.ศ. 2553-2557 โดยแยกกรณีอัตราคิดลดเป็น 2 กรณี คือคิดอัตราคิดลดจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี และกรณีคิดอัตราคิดลดจากอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี โดยมีอัตราผลตอบแทนร้อยละ 3.27 ต่อปี

จากการศึกษาพบว่า ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีอยู่ในระดับที่สูง อัตราผลตอบแทนต่อหุ้น (BCR) มีค่ามากกว่าหนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อแยกกรณีเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยกำหนดให้ตัวแปรที่ใช้ทดสอบความอ่อนไหวของโครงการแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปรคือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีด้วยกันคือ กรณีปกติ (Base Case) โดยกำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่และต้นทุนคงที่ตลอดระยะเวลาโครงการ กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น (Best Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง (Worst Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ และระยะเวลาการใช้งานซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ กรณีปกติกำหนดให้ระยะเวลาการใช้งานเป็นระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลปฐมภูมิ กรณีระยะเวลาการใช้งานเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 และกรณีระยะเวลาการใช้งานลดลงจากระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ทุกกรณีมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ โดยค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะมีค่าสูงที่สุดในกรณีที่กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 และระยะเวลาการใช้งานเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 ซึ่งให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงที่สุด อีกทั้งยังมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราผลตอบแทนต่อหุ้นสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดด้วย

ส่วนที่ 2 ความคุ้มค่าจากการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 โดยทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนต่อหุ้น และระยะเวลาคืนทุน เป็นระยะเวลา 5 ปี คือปี พ.ศ. 2553-2557 โดยแยกกรณีอัตราคิดลดเป็น 2 กรณี คืออัตราคิดลดจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากสำหรับบุคคลธรรมดาประเภทเงินฝากประจำ 36 เดือน โดยมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 2.50 ต่อปี และกรณีอัตราคิดลดจากอัตราผลตอบแทนตัวเงินคลังและพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี โดยมีอัตราผลตอบแทนร้อยละ 3.27 ต่อปี

จากการศึกษาพบว่า ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีอยู่ในระดับที่สูง อัตราผลตอบแทนต่อหุ้น (BCR) มีค่ามากกว่าหนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อแยกกรณีเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยกำหนดให้ตัวแปรที่ใช้ทดสอบความอ่อนไหวของโครงการแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปรคือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีด้วยกันคือ กรณีปกติ (Base Case) โดยกำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดคงที่และต้นทุนคงที่ตลอดระยะเวลาโครงการ กรณีส่วนต่างของราคา

น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น (Best Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง (Worst Case) ในอัตราร้อยละ 20 และร้อยละ 50 ในขณะที่ต้นทุนทุกอย่างคงที่ และระยะทางการใช้งานซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ กรณีปกติกำหนดให้ระยะทางการใช้งานเป็นระยะทางการใช้งานเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลปฐมภูมิ กรณีระยะทางการใช้งานเพิ่มขึ้นจากระยะทางการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 และกรณีระยะทางการใช้งานลดลงจากระยะทางการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 จากการศึกษาพบว่า กรณีส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง (Worst Case) ในอัตราร้อยละ 50 จะมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) น้อยกว่าศูนย์ซึ่งให้ผลไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนในกรณีอื่นๆ มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ โดยค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะมีค่าสูงที่สุดในกรณีที่ส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 และระยะทางการใช้งานเพิ่มขึ้นจากระยะทางการใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 50 ซึ่งให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงที่สุด อีกทั้งยังมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราผลตอบแทนต่อทุนสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดด้วย

ส่วนที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) แบ่งปัญหาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และปัญหาและอุปสรรคของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ซึ่งสามารถสรุปปัญหาออกเป็น ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ปัญหาเกี่ยวกับการใช้งาน และอุปสรรคในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ พบว่าชิ้นส่วนของเครื่องยนต์บางชิ้นชำรุด เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Level Gauge Sender) หรือลูกลอยชุดลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งพบปัญหาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ทั่วไป ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle (FFV) กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Filter) ซึ่งพบปัญหาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ทั่วไปที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานพบว่า อัตราสิ้นเปลืองของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง ซึ่งพบปัญหาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ทั่วไปที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle (FFV)

อุปสรรคในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 พบว่า จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายมีน้อย และมีเฉพาะในบางจังหวัด ซึ่งพบปัญหาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ทั่วไปที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle (FFV) ส่วนปัญหาและอุปสรรคของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) พบว่า ไม่มีผลการวิจัยและข้อมูลจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจติดตั้ง

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เมื่อศึกษาข้อมูลแล้วสามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ในรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน กรณีรถยนต์ทั่วไปเพื่อให้สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 จากการศึกษาพบว่า เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) จะทำให้ผู้ใช้รถสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงจากปกติ แม้ว่าในขนาดปริมาณการใช้งานของผู้ใช้จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นจากปกติ หรือในทางลดลงจากปกติถึงร้อยละ 50 อีกทั้งในกรณีที่ราคาของน้ำมัน

เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้ส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น หรือลดลง จากค่าเฉลี่ยร้อยละ 50 ก็ยังสามารถทำให้ผู้ใช้รถมีความคุ้มค่า และเกิดความประหยัดจากการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 โดยคำนวณค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ในทุกกรณี อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) อยู่ในระดับที่สูงมากเนื่องจากผลตอบแทนที่ได้รับจากการประหยัดค่าใช้จ่ายจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีมูลค่าสูง เมื่อเทียบกับมูลค่าการลงทุนเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ซึ่งมีราคาที่ไม่สูงมากทำให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าระยะเวลาของโครงการมาก

จะเห็นได้ว่า ราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ถูกกว่าราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ถึงร้อยละ 40 ในขณะที่อัตราสิ้นเปลืองจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดจากการสัมภาษณ์มีความแตกต่างกันไม่มาก โดยเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 อัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เพียงร้อยละ 14 ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในเบื้องต้นที่พบว่า เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 อัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ถึงร้อยละ 23-28 ซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ของผู้ใช้อย่างมีอัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันที่ต้องการการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเรื่องการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง และเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจผลิต และนำเข้าอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ผู้ประกอบการธุรกิจร้านติดตั้ง อุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก ในการนำผลการศึกษานี้มาเป็นข้อมูลให้กับผู้ที่สนใจที่จะติดตั้ง อุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับ เปลี่ยนพลังงานทางเลือก ให้มีความมั่นใจในการเลือกใช้มากยิ่งขึ้น

2. การเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ที่เป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 จากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 จะทำให้ผู้ใช้รถสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงจากปกติได้ โดยคำนวณค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราผลตอบแทนต่อทุน (BCR) อยู่ในระดับที่สูงมาก เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้รับจากการประหยัดค่าใช้จ่ายจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีมูลค่าสูงเมื่อเทียบกับมูลค่าการลงทุนซึ่งมีราคาที่ไม่สูงมาก ทำให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าระยะเวลาของโครงการมาก และจะเห็นได้ว่าในราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ถูกกว่าราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ถึงร้อยละ 40 ในขณะที่อัตราสิ้นเปลืองเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จะมีอัตราสิ้นเปลืองเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ร้อยละ 37 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าอัตราสิ้นเปลืองจากการศึกษาในเบื้องต้นที่พบว่า เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 อัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ถึงร้อยละ 23-28 แต่ในกรณีที่ราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดลดลงร้อยละ 50 จะส่งผลให้ผู้ใช้รถไม่คุ้มค่าในการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เนื่องจากราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จะถูกกว่าราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เพียงร้อยละ 26 ในขณะที่เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 อัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ร้อยละ 37 ซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ที่ต้องการการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเรื่องการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง โดยสามารถพิจารณาจากส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด และแนวโน้มส่วนต่างของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดในอนาคต รวมถึงภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีหน้าที่กำหนดนโยบายในการส่งเสริม และสนับสนุนการให้ประชาชนเลือกใช้พลังงานทางเลือกและพลังงานที่สามารถผลิตได้ในประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดส่วนต่างของ

ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสม เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกและเป็นพลังงานที่สามารถผลิตได้ในประเทศ

3. ปัญหาและอุปสรรคของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) จากการศึกษาค้นคว้าจะเห็นว่าปัญหาส่วนใหญ่เป็นในเรื่องของจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายมีไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้อมูลจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่าย ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่สามารถเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ได้ เนื่องจากไม่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายในพื้นที่ที่ใช้งาน ทำให้อัตราการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทั้งๆ ที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ซึ่งมีการส่งเสริมสนับสนุนทั้งในเรื่องของการชดเชยราคาน้ำมันเชื้อเพลิง การชดเชยภาระภาษีสรรพสามิตรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV และการลดภาษีสรรพสามิตรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle ในส่วนของปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ในรถยนต์ทั่วไปที่ต้องการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จะเห็นว่า ผู้บริโภคยังไม่มี ความมั่นใจในการตัดสินใจติดตั้งเนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ และยังไม่มีความรู้ในการควบคุมตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยในการติดตั้ง ซึ่งแตกต่างจากการเลือกซื้อเชื้อเพลิงทางเลือกในรถยนต์ชนิดอื่น เช่น ก๊าซ NGV หรือ ก๊าซ LPG ซึ่งมีมาตรฐานควบคุมการติดตั้งที่ทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการเลือกใช้งานมากขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนซึ่งเป็นรถยนต์ทั่วไป และการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการเลือกใช้รถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือ รถยนต์ FFV และใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จากการคำนวณความคุ้มค่าในการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่มีอัตราการสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) หรือใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อเลือกใช้รถยนต์และการเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ในอนาคต

แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาที่ได้เป็นการศึกษาในกรณีที่ผู้ใช้รถสามารถเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ได้ทั้งหมด แต่ในการใช้งานจริงของผู้บริโภคในปัจจุบันอาจยังไม่สามารถเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทดแทนน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 ได้ทั้งหมดเนื่องจากปัญหาจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายมีน้อยทำให้ผู้บริโภคจำเป็นต้องเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่น ซึ่งผู้บริโภคจำเป็นต้องคำนึงถึงโอกาสและความสะดวกในการเลือกใช้บริการสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่าย ซึ่งมีจำนวนค่อนข้างน้อย อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด คือน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ราคาวัตถุดิบที่เป็นปัจจัยหลักในน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดซึ่งก็คือ น้ำมันเบนซิน และเอทานอล รวมถึงนโยบายการส่งเสริมสนับสนุนการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ของภาครัฐว่าภาครัฐจะมีการชดเชยราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และการกำหนดส่วนต่างของราคากับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นอย่างไรในอนาคต ในกรณีของรถยนต์ทั่วไปที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ที่พบว่า เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 อัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 10 เพียงร้อยละ 14 อาจเกิดจากการที่ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่เลือกใช้เป็นชุดควบคุมที่ผู้ใช้งานสามารถปรับเลือกปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยตัวผู้ใช้อเอง ซึ่งทำให้ออกมาจจะควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามชนิดของ

น้ำมันเชื้อเพลิงที่เลือกใช้ได้แล้วยังสามารถควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามลักษณะและสภาพการใช้งานที่ผู้ใช้งานต้องการได้อีกด้วยซึ่งต่างจากกรณีของรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle ที่จะปรับปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เลือกใช้โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้รถยังมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์ และปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งาน และอีกประเด็นที่สำคัญก็คือ เรื่องความปลอดภัยในการใช้งานสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมการปรับเปลี่ยนพลังงานทางเลือก (FFV conversion kit) ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อกำหนดและการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐานที่จะรับรองคุณภาพและความปลอดภัยในการใช้งาน

2. ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมสนับสนุนให้มีสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายให้มากขึ้นและกระจายครอบคลุมทุกพื้นที่ทั่วประเทศ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ได้โดยสะดวกโดยภาครัฐจำเป็นต้องให้การสนับสนุนด้านการลงทุน เพื่อให้ผู้จำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถลงทุนปรับปรุงปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เช่น ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เพื่อให้สามารถให้บริการจำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ได้ ซึ่งหากมีการเพิ่มจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 จำหน่ายก็จะทำให้ผู้ใช้รถมีความสะดวกในการเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 สูงขึ้น อีกทั้งควรกำหนดส่วนต่างของราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 กับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นให้มีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 และสนับสนุนการผลิตรถยนต์ Flexible Fuel Vehicle หรือรถยนต์ FFV ให้มากขึ้น เพื่อให้มีรถยนต์ที่สามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 เป็นตัวเลือกให้ผู้ใช้งานที่มีตัวเลือกในการเลือกซื้อเลือกใช้รถยนต์เพิ่มมากยิ่งขึ้น ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องทำการทดสอบ วิจัยและให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้รถยนต์ในการเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85 พร้อมทั้งจัดทำข้อกำหนดและการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐานเพื่อตรวจสอบและรับรองรถยนต์ที่ทำการปรับปรุงดัดแปลงเพื่อที่จะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี 85

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553). *มาตรการส่งเสริมการใช้น้ำมัน E85*. สืบค้น เมื่อ 7 มิถุนายน 2553, จาก <http://www.energy.go.th>
- [2] ธนาคารกรุงเทพ. (2554). *ประกาศตารางอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก (ร้อยละต่อปี)*. กรุงเทพฯ: ธนาคารกรุงเทพ.

SWU6-1129: ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า THE ECONOMIC WORTHINESS OF WIND POWER GENERATOR

มานิตา บุญลือ^{1*}, รัชพันธ์์ เชยจิตร²

Manita Boonlue^{1*}, Ratchapan Choiejit²

¹สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹School of Economics and Public Policy Srinakharinwirot University, Thailand.

²สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²School of Economics and Public Policy Srinakharinwirot University, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: ma_maw_ka@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชน การวิเคราะห์และประเมินโครงการ กระทำโดยใช้เกณฑ์การวัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ด้วยการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) ภายใต้ระยะเวลาโครงการ 10 ปี อัตราคิดลดร้อยละ 10 และเงินทุนจากส่วนของผู้ถือหุ้นร้อยละ 100 แบ่งเป็นกรณีศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบผลการลงทุนเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับแบ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25 และกรณีที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับคือปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100

ผลการศึกษกรณีศึกษาที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับแบ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -3,209,151.95 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 0.28 เท่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการร้อยละ -298.31 การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านรายรับรวมควรเพิ่มขึ้นร้อยละ 251.61 และด้านต้นทุนรวมควรลดลงร้อยละ 71.28

ผลการศึกษกรณีศึกษาที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับคือปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ -2,635,095.16 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 0.41 เท่า อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการร้อยละ -124.51 การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านรายรับรวมควรเพิ่มขึ้นร้อยละ 142.48 และด้านต้นทุนรวมควรลดลงร้อยละ 58.76

ผลจากการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ไม่มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชน แต่อาจเป็นการแสดงให้เห็นถึงการมีความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility: CSR) ของภาคเอกชน

คำสำคัญ: ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า พลังงานลม พลังงานทดแทน

Abstract

The objective of this study was to examine the economic worthiness of wind power generator to produce the electricity in case of the unidentified private company in Thailand. The economic appraisal indicators employed to this study, which were 1) net present value: NPV 2) Benefits-cost ratio: BCR, 3) internal rate of return: IRR and 4) Benefit and cost sensitivities analysis: Switching Value. The assumption of this study was 1) 10 years of project period 2) discount rate was 10 percent and 3) fully ownership. Furthermore, the results of this study were shown in two cases.

The first case, the unidentified private company used three fourth of the electricity they produced from wind power generator for domestic consumption. One fourth of their product sells to the provincial electricity authority (PEA). In this case, The NPV was -3,209,151.95 baht for the whole periods. BCR was quite low at 0.28 and the internal rate of return was -291.31 percent. The benefit sensitivity analysis was 251.61 and 71.28 percent for cost sensitivity analysis.

The second case, this private company sell all of the electricity they produced from wind power generator to the PEA, without any reserved for domestic use. The NPV was -2,635,095.16 baht for the whole period and the BCR was still low at 0.41. Internal rate of return for the second cases was -124.51 percent and the benefit and cost sensitivity analysis were 142.48 and 58.76 percent, respectively.

Finally, the results indicated that there was not an economic worthiness to generate the electricity from wind power generator in any cases of this unidentified private company. This means that the increasing of operational efficiency and the corporate social responsibility (CSR) were more important than the economic worthiness of alternative power resources.

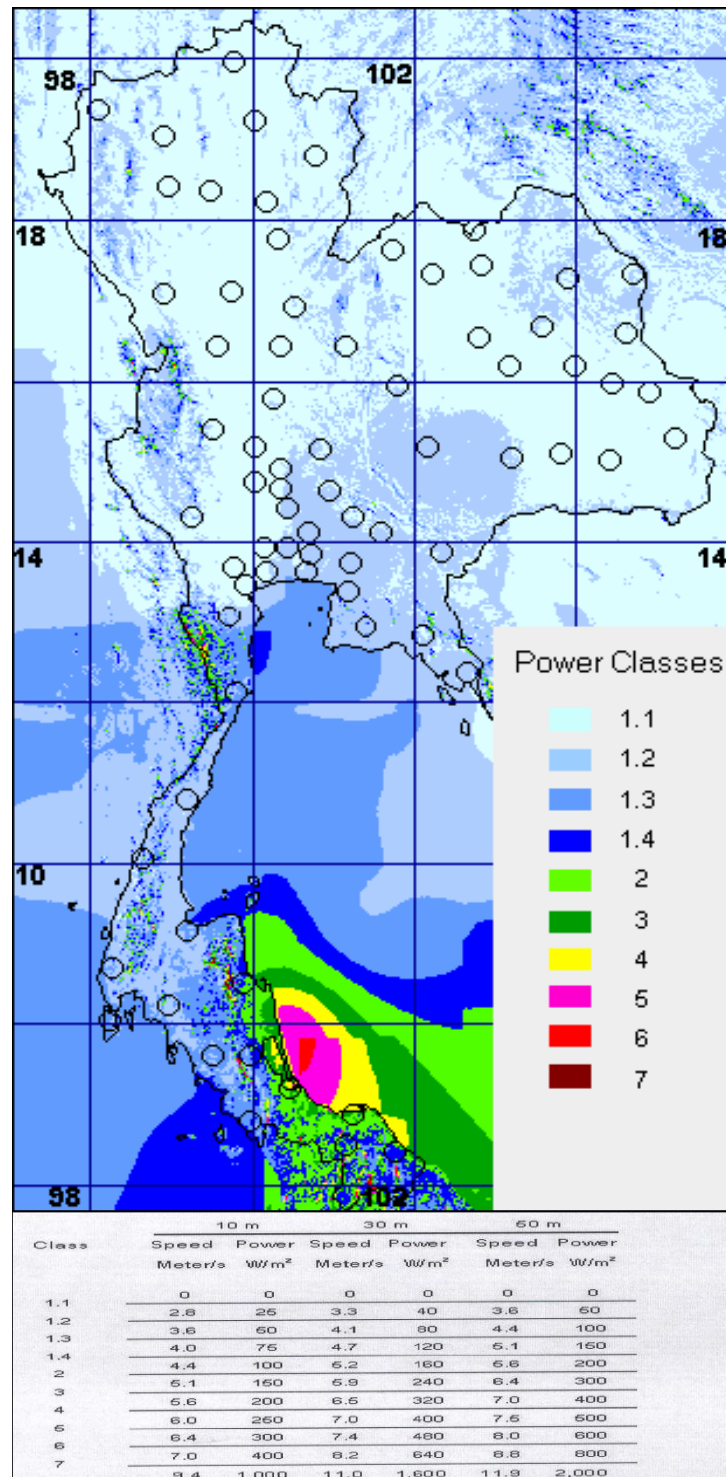
Keyword: The economics worthiness of wind power generator Wind power Renewable Energy

บทนำ

ประเทศไทยอยู่ในเขตลมมรสุมได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม จึงได้มีแนวความคิดนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน [1] แต่ก่อนที่จะนำพลังงานลมมาใช้ผลิตพลังงานควรมีการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากพื้นที่แต่ละแห่งจะมีความเร็วลมไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงได้มีโครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพลมของประเทศไทยสำหรับใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อการติดตั้งกังหันลมเพื่อสูบน้ำและผลิตไฟฟ้า ดังภาพที่ 1

ผลการศึกษาศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย [3] พบว่า ประเทศไทยได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านประเทศไทยจากทะเลจีนใต้ ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม และอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านประเทศไทยในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นบริเวณเทือกเขาทอดยาวขวางทิศทางลมทั้งสองทำให้เป็นพื้นที่ที่มีลมแรงเกือบตลอดทั้งปี กำลังลมแรงบนยอดเขามีความเร็วลมประมาณ 7.0 เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พังงา กระบี่ นครศรีธรรมราช สำหรับพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีทิศทางลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่งมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี 6.4 เมตร/วินาที (ที่ความสูง 50 เมตร จากพื้นดิน) ขึ้นไปในพื้นที่ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี ส่วนพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กำลังลมแรงบนยอดเขามีความเร็วลม ประมาณ 6.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป

ได้แก่ พื้นที่บนเทือกเขาด้านทิศตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรี และจังหวัดตาก ส่วนอุทยานแห่งชาติ ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ก็ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและลม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้มีความเร็วลมประมาณ 6.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป



ภาพที่ 1 แผนที่ศักยภาพลมพลังงานลมของประเทศไทย
 [3] ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานลมรองลงมา ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย 4.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป (ที่ความสูง 50 เมตร จากพื้นดิน) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า อยู่ที่อำเภอไทยฝั่งตะวันตก ตั้งแต่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และบริเวณที่สูงบนยอดเขาในภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดเพชรบูรณ์ [3],[4] ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพลมรองลงมาซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ตั้งแต่ จังหวัดสตูล ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา และอำเภอไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดชลบุรีและระยอง

จากข้อมูลข้างต้นทำให้การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชนในครั้งนี้ โดยโครงการได้ตั้งอยู่ในพื้นที่บริเวณ อำเภอสตึก จังหวัด ชลบุรี ซึ่งจังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมเพียงพอที่จะนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชน จะทำการศึกษาโครงการหนึ่งของบริษัทเอกชนในอุตสาหกรรมโทรคมนาคม ที่มีการดำเนินโครงการสถานีฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่กึ่งหุ้มแห่งแรกในประเทศไทยประกอบด้วย กังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis) ชนิดระบบการติดตั้งแบบเดี่ยว (Stand Alone System) มีความสูง 20 เมตร ขนาดกำลังการผลิต 20 kW กังหันลมจำนวน 1 ตัว มีมูลค่าในการลงทุนโครงการทั้งสิ้นประมาณ 3,500,000 บาท ระยะเวลาโครงการ 10 ปี โดยโครงการตั้งอยู่บริเวณชายหาดบ้านอำเภอ เทศบาลตำบลนาจอมเทียน อำเภอสตึก จังหวัด ชลบุรี

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ในการศึกษาด้านต้นทุนและผลประโยชน์ตลอดอายุโครงการ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะไม่รวมต้นทุนและผลประโยชน์ภายนอก เช่น ต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจของประเทศด้วยเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุนโดยอาศัยแนวคิดต่อไปนี้

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV)
 - อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefits Cost Ratio : BCR)
 - อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)
 - การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการ โดยใช้วิธี Switching Value
1. กรณีหาว่าต้นทุนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้ NPV=0
 2. กรณีหาว่าผลประโยชน์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละเท่าไรจึงทำให้ NPV=0

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนดังกล่าว โดยเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขด้านผลประโยชน์ที่ได้รับ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการลงทุนที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ แบ่งเป็น 2 กรณีศึกษาดังเงื่อนไขสรุปต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับแบ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25 ภายใต้ข้อตกลงงานวิจัย

- (1) ระยะเวลาโครงการ 10 ปี
- (2) อัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ร้อยละ 10
- (3) เงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100
- (4) ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25

กรณีที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าในลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับคือปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100 ภายใต้ข้อตกลงงานวิจัย

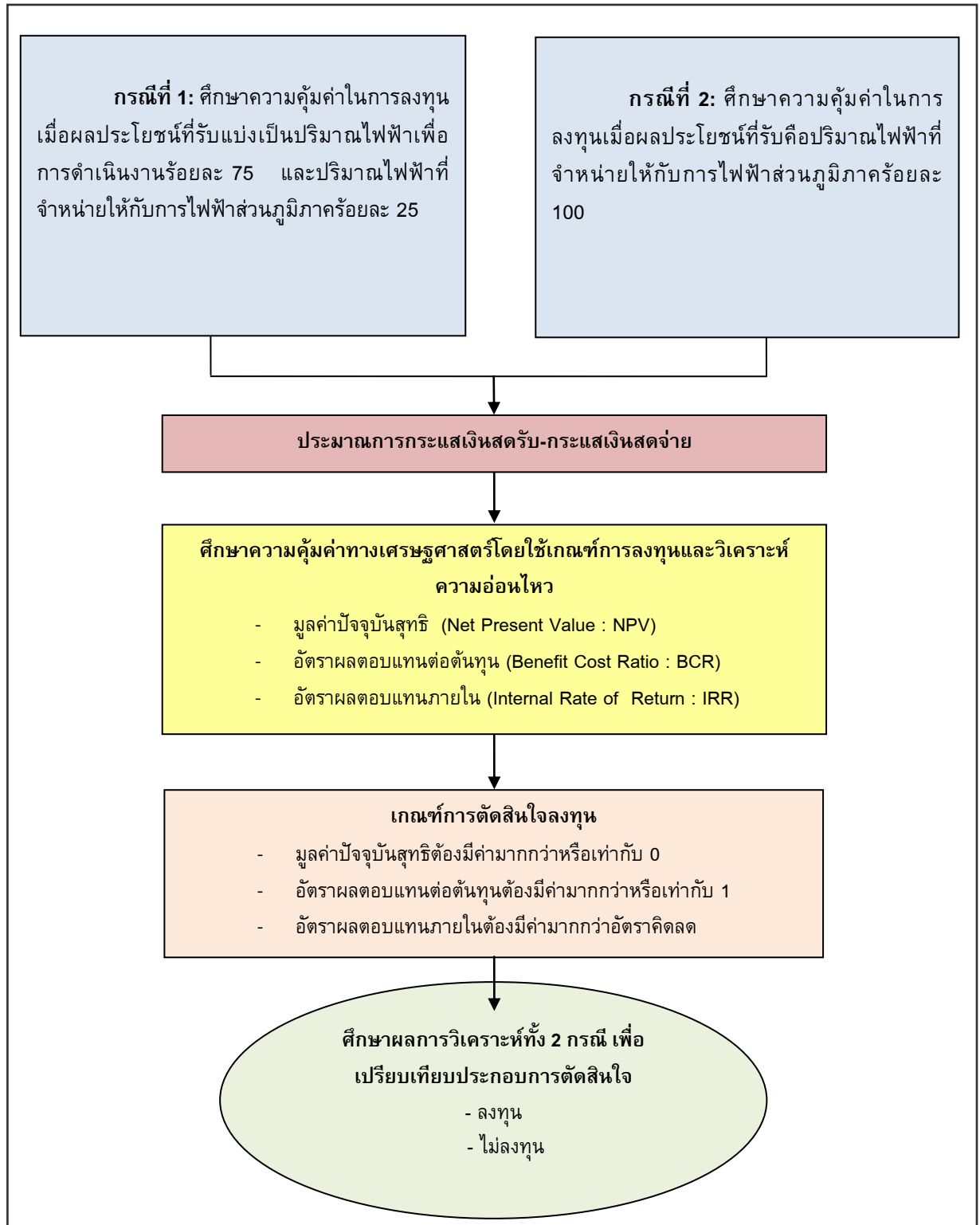
- (1) ระยะเวลาโครงการ 10 ปี
- (2) อัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ร้อยละ 10
- (3) เงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100
- (4) ปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100

ข้อตกลงในการวิจัย

การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการลงทุนในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำเนินงานของภาคเอกชน มีข้อจำกัดหรือสิ่งที่อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากมีปัจจัยอื่นมากระทบผู้วิจัยจึงต้องกำหนดข้อตกลงในการวิจัยให้คงที่ ดังนี้

1. ระยะเวลาโครงการที่ใช้ในการศึกษาของโครงการนี้คือ 10 ปี ตามอายุของกังหันลม [12]
2. อัตราคิดลด(Discount Rate) ในการวิจัยครั้งนี้ หาได้จากการคำนวณหาต้นทุนของเงินทุนส่วนของเจ้าของ อัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 10 ต่อปี และกำหนดให้มีอัตราคงที่ตลอดอายุโครงการ [5]
3. การวิจัยครั้งนี้เงินทุนทั้งหมดในโครงการมาจากเงินทุนส่วนของเจ้าของร้อยละ 100
4. การวิจัยครั้งนี้จะไม่รวมต้นทุนและผลประโยชน์ภายนอก เช่น เงินอุดหนุนจากรัฐบาล ต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจของประเทศ [4]
5. อัตราดอกเบี้ยหุ้นกู้ในการวิจัย ในครั้งนี้มีค่าร้อยละ 6 ต่อปี มาจากอัตราดอกเบี้ยหุ้นกู้ของหน่วยธุรกิจในงานวิจัยนี้ ณ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 และกำหนดให้มีอัตราคงที่ตลอดอายุโครงการ โดยอัตราดอกเบี้ยหุ้นกู้ดังกล่าวจะนำไปใช้ในการคำนวณหาต้นทุนของเงินทุนส่วนของเจ้าของหรืออัตราคิดลดต่อไป
6. อัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล ในการวิจัยในครั้งนี้มีค่าร้อยละ 2.82 ต่อปี มาจากธนาคารแห่งประเทศไทย [9] ณ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 และกำหนดให้มีอัตราคงที่ตลอดอายุโครงการ โดยอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาลดังกล่าวจะนำไปใช้ในการคำนวณหาต้นทุนของเงินทุนส่วนของเจ้าของหรืออัตราคิดลดต่อไป
7. ต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินทุน ในการวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้เป็นอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 ปี ธนาคารกรุงเทพ ร้อยละ 2.5 ต่อปี [8] ณ วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2554 เนื่องจากหน่วยธุรกิจมีธุรกรรมทางการเงินกับธนาคารกรุงเทพเป็นหลักและกำหนดให้มีอัตราคงที่ตลอดอายุโครงการ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับแบ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าเพื่อ
การดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25 [2]
จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า
ภายใต้ข้อตกลงงานวิจัย

- (1) ระยะเวลาโครงการ 10 ปี
- (2) อัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ร้อยละ 10
- (3) เงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100
- (4) ปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75
และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25

ในการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นการ
วิเคราะห์ เพื่อหาผลการดำเนินงานของโครงการว่า เมื่อดำเนินการไปแล้วจะเกิดความคุ้มค่าหรือไม่ โดยต้องมีการ
จัดทำประมาณการงบกระแสเงินสด ซึ่งจะประกอบด้วย กระแสเงินสดรับ (Cash in Flow) เพื่อแสดงผลประโยชน์
และกระแสเงินสดจ่าย (Cash in Flow) เพื่อแสดงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ โดยความแตกต่าง
ระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย คือ กระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flow) การศึกษาต้นทุนและ
ผลประโยชน์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าครั้งนี้ มีเกณฑ์ในการวัดความคุ้มค่าทาง
เศรษฐศาสตร์ของโครงการ 3 แนวทางคือ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value) หรือ NPV

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ สามารถนำมา
คำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้ จากการคำนวณ พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ เท่ากับ -
3,209,151.95 บาท หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของรายรับ มีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายโครงการ
ดังนั้นโครงการจึงไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio) หรือ BCR

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ สามารถนำมา
คำนวณหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของโครงการได้ จากการคำนวณพบว่า มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อ
ต้นทุนน้อยกว่า 1 มีค่าเท่ากับ 0.28 หมายความว่ามูลค่าปัจจุบันของรายรับ มีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของ
รายจ่ายโครงการ เมื่อโครงการลงทุนไป 1 บาท จะมีรายรับกลับมาเท่ากับ 0.28 บาท แสดงว่าประสิทธิภาพของ
การลงทุนในโครงการนี้สร้างรายรับให้โครงการเป็น 0.28 เท่าของรายจ่ายทั้งหมด ดังนั้นโครงการจึงไม่มีความ
คุ้มค่าสำหรับการลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return) หรือ IRR

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการสามารถนำมา
คำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการได้ จากการคำนวณพบว่า อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ
เท่ากับร้อยละ -298.31 น้อยกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสหรืออัตราคิดลดที่เหมาะสมของโครงการซึ่งมีค่าร้อยละ 10
ดังนั้น โครงการจึงไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน (IRR = ร้อยละ -298.31)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ใช้การวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching
Value Test) เป็นการหาค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละ (Percentage Change) ของปัจจัยที่เชื่อว่ามี
อิทธิพลต่อผลกำไรของโครงการ ซึ่งทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อคำนวณโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 10

1. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านรายรับ (SVT_B) ผลการวิเคราะห์พบว่า รายรับรวมของโครงการควรเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 251.61 จึงทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าโครงการควรมีรายรับที่สูงกว่าประมาณการที่ตั้งไว้ โดยหน่วยธุรกิจจะต้องทำให้รายรับรวมเพิ่มขึ้นถึง 5,222,766.39 บาท (SVT_B = ร้อยละ 251.61)

2. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านค่าใช้จ่าย (SVT_C) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าใช้จ่ายของโครงการควรลดลงถึงร้อยละ 71.56 จึงทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าโครงการควรมีรายจ่ายที่ลดลงกว่าประมาณการที่กำหนดไว้ โดยหน่วยธุรกิจจะต้องควบคุมให้ค่าใช้จ่ายรวมลดลงถึง 3,875,671.40 บาท (SVT_C = ร้อยละ 71.56)

ตารางที่ 1 สรุปการตัดสินใจลงทุนจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (กรณีที่ 1) อัตราคิดลด ร้อยละ 10

เกณฑ์การประเมิน	ผลการศึกษา	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการตัดสินใจ
NPV	-3,209,151.95 บาท	มีค่ามากกว่า 0	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
BCR	0.28 เท่า	มีค่ามากกว่า 1	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
IRR	ร้อยละ -298.31	มีค่ามากกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของทุน หรืออัตราคิดลด	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	SVT _B = ร้อยละ 251.61 SVT _C = ร้อยละ 71.56		ประกอบการตัดสินใจ

ที่มา: จากการคำนวณ

ผลการวิเคราะห์กรณีที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับคือปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า ภายใต้ข้อตกลงงานวิจัย

- (1) ระยะเวลาโครงการ 10 ปี
- (2) อัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ร้อยละ 10
- (3) เงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100
- (4) ปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100

ในการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นการวิเคราะห์ เพื่อหาผลการดำเนินงานของโครงการว่า เมื่อดำเนินการไปแล้วจะเกิดความคุ้มค่าหรือไม่ โดยต้องมีการจัดทำประมาณการงบกระแสเงินสด ซึ่งจะประกอบด้วย กระแสเงินสดรับ (Cash in Flow) เพื่อแสดงผลประโยชน์ และกระแสเงินสดจ่าย (Cash out Flow) เพื่อแสดงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ โดยความแตกต่างระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย คือ กระแสเงินสดสุทธิ (Net Cash Flow) การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าครั้งนี้ มีเกณฑ์ในการวัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ 3 แนวทางคือ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value) หรือ NPV

จากข้อมูลในตารางที่ 2 ประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ สามารถนำมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้ จากการคำนวณ พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบเท่ากับ -2,635,095.16 บาท หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของรายรับ มีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายโครงการ ดังนั้นโครงการจึงไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio) หรือ BCR

จากประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ สามารถนำมาคำนวณหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของโครงการได้ จากการคำนวณพบว่า มีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนน้อยกว่า 1 มีค่าเท่ากับ 0.41 หมายความว่ามูลค่าปัจจุบันของรายรับ มีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายโครงการ เมื่อโครงการลงทุนไป 1 บาท จะมีรายรับกลับมาเท่ากับ 0.41 บาท แสดงว่าประสิทธิภาพของการลงทุนในโครงการนี้สร้างรายรับให้โครงการเป็น 0.41 เท่าของรายจ่ายทั้งหมด ดังนั้นโครงการจึงไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน ดังสรุป

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return) หรือ IRR

จากประมาณการงบกระแสเงินสดทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการสามารถนำมาคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการได้ จากการคำนวณพบว่า อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เท่ากับร้อยละ -124.51 น้อยกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสหรืออัตราคิดลดที่เหมาะสมของโครงการซึ่งมีค่าร้อยละ 10 ดังนั้น โครงการจึงไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน (IRR = ร้อยละ -124.51)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ใช้การวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) เป็นการหาค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละ (Percentage Change) ของปัจจัยที่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อผลกำไรของโครงการ ซึ่งทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อคำนวณโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 10

1. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านรายรับ (SVT_B) ผลการวิเคราะห์พบว่า รายรับรวมของโครงการควรเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 142.48 จึงทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าโครงการควรมีรายรับที่สูงกว่าประมาณการที่ได้ตั้งไว้ โดยหน่วยธุรกิจจะต้องทำให้รายรับรวมเพิ่มขึ้นถึง 4,288,648.00 บาท (SVT_B = ร้อยละ 142.48)

2. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านค่าใช้จ่าย (SVT_C) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าใช้จ่ายของโครงการควรลดลงถึงร้อยละ 58.76 จึงทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่า โครงการควรมีรายจ่ายที่ลดลงกว่าประมาณการที่กำหนดไว้ โดยหน่วยธุรกิจจะต้องควบคุมให้ค่าใช้จ่ายรวมลดลงถึง 3,182,426.66 บาท (SVT_C = ร้อยละ 58.76)

ตารางที่ 2 สรุปการตัดสินใจลงทุนจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (กรณีที่ 2) อัตราคิดลด ร้อยละ 10

เกณฑ์การประเมิน	ผลการศึกษา	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการตัดสินใจ
NPV	-2,635,095.16 บาท	มีค่ามากกว่า 0	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
BCR	0.41 เท่า	มีค่ามากกว่า 1	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
IRR	ร้อยละ -124.51	มีค่ามากกว่าอัตราค่าเสียโอกาสของทุน หรืออัตราคิดลด	ไม่คุ้มค่าในการลงทุน
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	SVTB = ร้อยละ 142.48 SVTC = ร้อยละ 58.76		ประกอบการตัดสินใจ

ที่มา: จากการคำนวณ

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาความคุ้มค่าในโครงการลงทุนนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ดำเนินงานของภาคเอกชน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูล และการสัมภาษณ์ จากทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน สามารถแบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้แก่ ข้อมูลลักษณะโครงการ ข้อมูลรายรับโครงการข้อมูลรายจ่ายโครงการ และ ข้อมูลเกี่ยวกับการลงทุนของโครงการ ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการประมาณการต้นทุนและรายรับ เพื่อใช้ในการคำนวณผลตอบแทนการลงทุน โดยรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจฝ่ายจัดซื้อของโครงการและการสัมภาษณ์ วิศวกร และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องของโครงการลงทุนนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า อันได้มาจากการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์การลงทุนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ อันได้แก่ สภาพทั่วไปของพื้นที่ที่ศึกษา ด้านภูมิศาสตร์ สถิติที่มีการเก็บรวบรวมต่างๆ อาทิ การพยากรณ์ปริมาณความต้องการไฟฟ้าราคาประเมินที่ดิน เป็นต้น ข้อมูลในส่วนนี้ นำมาใช้ในการอ้างอิง การประมาณการต้นทุนและรายรับ โดยรวบรวมข้อมูลจาก หนังสือ วารสาร บทความ รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ ตลอดจนข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต สิ่งพิมพ์ และเอกสารทางวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้อง ที่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ตีพิมพ์เผยแพร่ เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ธนาคารแห่งประเทศไทย และกระทรวงพลังงาน เป็นต้น รวมถึงรายงานการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนในโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงการที่ทำการศึกษานี้

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งต่างๆ เพื่อประมาณการค่าใช้จ่ายและรายรับของโครงการลงทุนนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าจากนั้นนำสรุปรายรับและค่าใช้จ่ายรวมมาจัดกระทำให้อยู่ในรูปของงบกระแสเงินสด สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็นตัวชี้วัดว่าคุ้มค่าการลงทุนหรือไม่ ประกอบกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการด้วยการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) เพื่อประกอบการตัดสินใจการลงทุน

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามกรณีศึกษา 2 กรณี สรุปผลการวิจัยภายใต้ข้อตกลงงานวิจัยดังนี้

- (1) ระยะเวลาโครงการ 10 ปี
- (2) อัตราคิดลดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ ร้อยละ 10
- (3) เงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100

กรณีที่ 1 ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับแบ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าเพื่อการดำเนินงานร้อยละ 75 และปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 25

จากการศึกษา พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) -3,209,151.95 บาท คิดเป็นอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) 0.28 เท่า และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ -298.31 เมื่อวิเคราะห์ตามเกณฑ์ตัดสินใจ พบว่าไม่มีความคุ้มค่าการลงทุนทั้งหมด เนื่องจากรายจ่ายสูงกว่ารายรับ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่ไม่ทำให้โครงการขาดทุน เพื่อประกอบการตัดสินใจนั้น พบว่า

- รายรับรวม (SVT_B) ควรเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 251.61 หรือรายรับรวมเพิ่มขึ้น 5,222,766.39 บาท ในขณะที่ค่าใช้จ่ายคงที่
- ค่าใช้จ่ายรวม (SVT_C) ควรลดลงอีกร้อยละ 71.56 หรือค่าใช้จ่ายรับรวมลดลง 3,875,671.40 บาท ในขณะที่รายรับคงที่

กรณีที่ 2 ศึกษาความคุ้มค่าในลงทุนเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับคือปริมาณไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคร้อยละ 100

จากการศึกษา พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) -2,635,095.16 บาท คิดเป็นอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) 0.41 เท่า และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ -124.51 เมื่อวิเคราะห์ตามเกณฑ์ตัดสินใจ พบว่าไม่มีความคุ้มค่าการลงทุนทั้งหมด เนื่องจากรายจ่ายสูงกว่ารายรับ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่ไม่ทำให้โครงการขาดทุน เพื่อประกอบการตัดสินใจนั้น พบว่า

- รายรับรวม (SVT_B) ควรเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 142.48 หรือรายรับรวมเพิ่มขึ้น 4,288,648.00 บาท ในขณะที่ค่าใช้จ่ายคงที่
- ค่าใช้จ่ายรวม (SVT_C) ควรลดลงอีกร้อยละ 58.76 หรือค่าใช้จ่ายรับรวมลดลง 3,182,426.66 บาท ในขณะที่รายรับคงที่

จากการที่รายจ่ายสูงกว่ารายรับนั้นส่งผลให้เกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุนทั้ง 2 กรณี แต่หากหน่วยธุรกิจยังต้องมีการดำเนินโครงการต่อ เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของหน่วยธุรกิจและเป็นการดำเนินธุรกิจด้วยความรับผิดชอบต่อสังคม(Corporate Social Responsibility: CSR) [7] โดยไม่ได้เป็นการดำเนินงานเพื่อแสวงหากำไรนั้น แนวทางแก้ไขที่จะทำให้มีการขาดทุนน้อยลงคือ จากเดิมที่มีการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ แบ่งเป็นร้อยละ 75 นำไปใช้ในการดำเนินงานของหน่วยธุรกิจ และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 25 ได้จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิกาค้นนั้น เปลี่ยนมาเป็นการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิกาคร้อยละ 100 แทน โดยจะส่งผลให้โครงการมีการขาดทุนน้อยลง

อภิปรายผล

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้ ในการวิเคราะห์การประมาณการรายรับและค่าใช้จ่ายต่างๆ อันได้จากการสัมภาษณ์ วิศวกร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของโครงการ พบว่า การลงทุนในพลังงานลม โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สอดคล้องกับการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนพลังงานทดแทนด้านอื่นๆ ดังเช่นงานวิจัยของ มนวรรณ ลัมประเสริฐ [10] ในการศึกษาเรื่อง “การศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาและขยายระบบไฟฟ้าที่เกาะสีชังโดยเปรียบเทียบระหว่างใช้เคเบิลใต้น้ำกับการปรับปรุงโรงงานไฟฟ้าดีเซล” งานวิจัยของ เอกประพันธ์ อักษรพันธ์ [14] ในการศึกษาเรื่อง “การวิเคราะห์ความ

เป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน” และงานวิจัยของ รัฐวิฑูรย์ ฤทธิประวัตติ [11] ในการศึกษาเรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้ารายเล็ก” ที่มีผลการวิจัยว่า การมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่าน้อยกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลดของโครงการ แสดงว่าการลงทุนในโครงการนั้นไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนด้านพลังงานลม ดังเช่นงานวิจัยของวิภากร เศรษฐศิริพันธ์ [12] ในการศึกษาเรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานลม เพื่อผลิตไฟฟ้าจ่ายชานชาเข้าระบบจำหน่ายโดยภาคเอกชน: กรณีศึกษาชายหาด อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา” พบว่าผลการวิจัยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดของโครงการ แสดงว่าการลงทุนในโครงการนั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุน

พบว่า การลงทุนในพลังงานลมข้างต้นมี ระยะเวลาโครงการที่มากกว่า ขนาดของการลงทุนที่สูงกว่า กำลังการผลิตของกังหันลมก็มากกว่า และทำเลที่ตั้งของกังหันลมที่มีศักยภาพของลมที่ดีกว่าส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า เมื่อนำมาคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) แล้วจึงทำให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

ดังนั้น ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการใดๆ ไม่ควรสรุปการตัดสินใจจากผลการวิเคราะห์เพียงค่าจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ว่าโครงการใดมีค่าเหล่านี้สูงเท่านั้น [5-7],[13-14] แต่ควรพิจารณาประกอบกับ ระยะเวลาโครงการ ขนาดกำลังการผลิต ทำเลที่ตั้งกังหันลม เนื่องจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของกังหันลมในการผลิตไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ซึ่งโครงการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาในครั้งนี้ มีระยะเวลาดำเนินงานที่ค่อนข้างสั้น ขนาดเงินลงทุนที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในพลังงานทดแทนด้านอื่นๆ ทั้งยังควรพิจารณาด้านความอ่อนไหวของการลงทุนด้วยการนำการทดสอบค่าแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) มาประยุกต์ใช้ จะสะท้อนให้เห็นจุดคุ้มทุนในการลงทุน นำมาซึ่งการบริหารอย่างเป็นระบบ และมีกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนส่งผลให้หน่วยธุรกิจสามารถกำหนดภาพรวมในการดำเนินโครงการได้ ว่าโครงการมีความยืดหยุ่นในด้านของค่าใช้จ่ายรวมได้มากน้อยเพียงใด เป็นกรอบในการควบคุมต้นทุน และด้านค่าใช้จ่ายอื่นๆ อันสามารถเปลี่ยนแปลงได้สืบเนื่องมาจากปัจจัยภายนอก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ หรือสังคม หน่วยธุรกิจต้องมีการบริหารจัดการอย่างไรจึงจะทำให้โครงการมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาวะที่ความอ่อนไหว และมาตรการรองรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ยังอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า โครงการจะไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทางด้านเศรษฐกิจ อันจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนและค่าใช้จ่ายของโครงการ ดังนั้นผู้ลงทุนควรมีการพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ดังกล่าว ก่อนการตัดสินใจลงทุน เพื่อให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสมที่สุด

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

จากผลการศึกษา ทำให้ทราบได้ว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยธุรกิจและผู้ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย ดังนี้

1. ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่อำเภอสังขละบุรี จังหวัดชลบุรี ซึ่งระดับความเร็วลม และความต่อเนื่องของลม อยู่ในระดับต่ำ จึงทำให้กังหันลมผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น การที่จะนำ

พลังงานลมมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น ควรทำการศึกษาศักยภาพลมในแต่ละพื้นที่ให้ดีเสียก่อน เพราะทำเลที่ใช้ในการติดตั้งกังหันลมนั้นมีศักยภาพของลมที่แตกต่างกัน

2. ขนาดกำลังการผลิตของกังหันลมก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจาก กังหันลมที่มีกำลังการผลิตสูงและติดตั้งอยู่ในทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม ทำให้กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มากด้วยเช่นกัน

3. ในการศึกษาครั้งนี้ มีต้นทุนค่าใช้จ่ายเพื่อการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการที่ค่อนข้างสูง เนื่องจาก เทคโนโลยีพลังงานลมในประเทศไทยนั้นยังต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ จึงส่งผลให้การศึกษาค่าความคุ้มค่าในการนำพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ ไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2553). เอกสารเผยแพร่การศึกษาพลังงานลม. สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 ตุลาคม 2553, จาก <http://www.egat.co.th>
- [2] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2554). ตารางการคำนวณค่าไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2554, จาก <http://www.pea.co.th>
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). แผนที่ศักยภาพลมพลังงานลมของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2553, จาก <http://www.dede.go.th>
- [4] กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2544). นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [5] กัณวัฒน์ กเสมอสุข. (2550). การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล กรณีศึกษา: บ้านห้วยดำ จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [6] เกียรติศักดิ์ คูสุวรรณ. (2545). ผลตอบแทนทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ของโครงการผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก: กรณีระบบผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกัน โดยใช้ก๊าซธรรมชาติและชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [7] ชัยภัทร เขมาภิรักษ์. (2541). ผลตอบแทนทางการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการผลิตไฟฟ้าเอกชน (IPP). การศึกษาค้นคว้า ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [8] ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (2554). อัตราดอกเบี้ย. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2554, จาก <http://www.bangkokbank.com>,
- [9] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2553). อัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2553, จาก <http://www.bot.or.th>
- [10] มนวรรณ ลิ้มประเสริฐ. (2527). ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาและขยายระบบไฟฟ้าที่เกาะสีชังโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้เคเบิลใต้น้ำกับการปรับปรุงโรงไฟฟ้าดีเซล. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- [11] รัฐบุรุษ ฤทธิปรวัติ. (2545). **ความเป็นไปได้ทางการเงินในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้ารายเล็ก**. วิทยานิพนธ์ ศ.ม.(เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [12] วิภาอร เศรษฐศิรินนท์. (2550). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานลม เพื่อผลิตไฟฟ้าจ่ายขนานเข้าระบบจำหน่ายโดยภาคเอกชน: กรณีศึกษาชายหาดอำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา**. การศึกษาค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร
- [13] วชิร ฤทธิษานนท์ และคณะ. (2548). **การวิเคราะห์โครงการ การจ่ายไฟให้หมู่บ้านห่างไกลด้วยพลังงานทดแทน**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- [14] เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. (2543). **การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน**. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ร่วมจัดการประชุมโดย



ISBN 978-616-7299-96-9



9 786167 299969 >

ฝ่ายสำนักพิมพ์
สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ : (02) 259-1822,
(02) 649-5000 ต่อ 15660,15654,15729
โทรสาร : (02) 259-1822