รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings)

นำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ

เครือข่ายบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18
และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4

กลุ่มเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม
กลุ่มเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
กลุ่มอื่นๆ เช่นวิจัยสถาบัน ฯลฯ

บูรณาการงานวิจัย สู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน

ณ อาคารโอฬาร โรจน์หิรัญ
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง | 20 กรกฎาคม 2561

รายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceeding)

การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4

รายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceeding)

การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4

บรรณาธิการที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์จำเนียร นันทดิลก
: รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ชัยเสนา

บรรณาธิการ : รองศาสตราจารย์ ดร.พรชนก ทองลาด

กองบรรณาธิการ : รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล
: รองศาสตราจารย์ ดร.บุญฑวรรณ วิงวอน
: รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยดา เหล่มตระกูล
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา โกวิทยางกูร
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงจันทร์ เดี่ยววิไล
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเหลือ ใจมโน
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร สิริสุคันธา
: อาจารย์ ดร.ดวงใจ พุทธวงศ์
: อาจารย์ ดร.สมชาย บุญศิริเภสัช
: อาจารย์ ดร.ศิวัช ตั้งประเสริฐ

คณะผู้จัดทำ : อาจารย์ณรงค์ คชภักดี
: นางสาวต้องตา จรูญศรีวัฒนา
: นายลิขิต ศิริ

จัดพิมพ์โดย : สถาบันวิจัยและพัฒนา และ สำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 หมู่ 9 ตำบลชมพู ถนนลำปาง – แม่ทะ
อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100
โทรศัพท์ 0-5423-7399 ต่อ 3832 หรือ 1227 โทรสาร 0-5423-7388-9
E-mail : res_lpru@hotmail.com / gradlpru@gmail.com
Website : https://www.lpru.ac.th

คำนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ซึ่งประกอบไปด้วย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จัดขึ้นครั้งนี้เป็นครั้งที่ ๑๘ โดยจัดร่วมกับลำปางวิจัยครั้งที่ ๔ ในวันที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ภายใต้หัวข้อ “บูรณาการงานวิจัยสู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน” โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นเวทีสาธารณะด้านการวิจัย และวิชาการให้กับคณาจารย์ นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา ได้แลกเปลี่ยนความรู้ อันจะนำไปสู่การสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการเพื่อให้เกิดการพัฒนาผลงานวิจัย สร้างสรรค์งาน วิชาการที่เข้มแข็ง ยั่งยืน ตอบสนองความต้องการทางสังคม และประเทศชาติต่อไป โดยผ่านเวทีนำเสนอผลงานวิชาการต่อที่ประชุมวิชาการที่มีรายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceedings) ตลอดจนนักศึกษาสามารถนำผลงานวิจัยไปต่อยอด หรือใช้ประโยชน์และสามารถบูรณาการเข้ากับศาสตร์ต่าง ๆ ได้

บทความทุกบทความที่นำเสนอในรายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัยครั้งที่ ๔ นี้จะได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา ที่ประกอบไปด้วยผู้ทรงคุณวุฒิที่กลั่นกรองบทความวิจัย (Peer reviews) ก่อนจัดการประชุมสัมมนาวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิในการวิพากษ์บทความทั้งภาคบรรยาย (Oral presentation) และภาคโปสเตอร์ (Poster presentation) รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจบทความหลังจากการจัดประชุมทางวิชาการดังกล่าว โดยแบ่งเป็น ๘ กลุ่ม ดังนี้ ๑. กลุ่มการศึกษา ๒. กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ๓. กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ ๔. กลุ่มวิทยาการจัดการและการสื่อสาร ๕. กลุ่มมนุษยศาสตร์/สังคมศาสตร์ ๖. กลุ่มเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ๗. กลุ่มเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม และ ๘. กลุ่มอื่นๆ เช่นวิจัยสถาบัน ซึ่งทั้ง ๘ กลุ่ม แบ่งเป็นภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการดังกล่าว จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแหล่งรวบรวมความรู้ทางวิชาการเพื่อเผยแพร่และอ้างอิงต่อไป

ในนามของผู้จัดการประชุมสัมมนาวิชาการ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการอำนวยการ คณะกรรมการดำเนินงานทุกท่านที่เสียสละเวลาในการคัดเลือกบทความและดำเนินการให้งานประชุมสัมมนาวิชาการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณนักวิจัย เจ้าของผลงานวิจัยที่นำเสนอและผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่เสียสละเวลา แรงกาย แรงใจ เพื่อให้การประชุมสัมมนาวิชาการในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะกรรมการจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
และนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		ก
สารบัญ		ง
การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation)		
การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลองอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย	นิวัฒน์ คำมา	2
ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร	น้ำทิพย์ กัณทะวงค์	10
ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก	อาผู่ เบเช	20
การประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบของส้มโอปูโกที่ปลูกในจังหวัดปัตตานี	ไมตรี แก้วทับทิม	31
ผลการใช้สารทดแทนไขมัน และ สารทดแทนน้ำตาล ต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	กัญญาภัคร์ ปิดตังถาเน	39
การงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง	ณมนรัก คำฉัตร	52
การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักแบบ solid state fermentation ร่วมกับเชื้อรา Rhizopus spp. UP04 ที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส	ทศวรรต อะโนราช	63
เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ	วาสนา สิงห์ดวง	74
ความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยระหว่างเทคนิคการจำแนกแบบละเอียดจุดภาพและการจำแนกแบบกำกับดูแล	ศีตลา บัวขาว	86
การใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยในจังหวัดราชบุรีเป็นสารเติมแต่งในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของกระเบื้องยางปูพื้น	ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัย	98
การศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย ในช่วงความถี่ 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์	พรพิมล ฉายแสง	109

		หน้า
เครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก	ทัศนะ ถมทอง0	120
การประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดแปรรูป บ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง	รวิภา ยงประยูร	137
การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่ใช้ลมในการพาประจุที่กระบวนการบัดกรีทรานส์ซีฟเวอร์	ถิรวุฒิ พูนอ้อย	146
การปรับปรุงสายการผลิตอบชุบชิ้นส่วนโลหะ : กรณีศึกษาโรงงาน ผลิตรถจักรยานยนต์	อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล	163
การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตปลาทิพย์	ศุภชัย แก้วจัง	176
การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม	นพพร บึกแว่น	191
การเปรียบเทียบระยะเวลา ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงานระหว่างถ่านชาร์กะลามะพร้าวจากเตาคาร์บอไนซ์ชนิดใหม่ และเตาคาร์บอไนซ์ของเกษตรกร	ธีรวัฒน์ ใหม่เต็ม	209
การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา	รัชชานนท์ ชูตระกูล	219
การออกแบบชุดสาธิตแอลอีดีเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์	คิดชาย อุณหศิริกุล	236
การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	วรพันธ์ กันธิยะ	248
การศึกษาการนำยางเสื่อมคุณภาพไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำ	รอหะนา สามะ	261
การพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง	ยุวดี ทองอ่อน	280
การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย: มุมมองและข้อเสนอแนะเชิงสถาบัน	ธนา ภมรานนท์	294
การยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ของธนาคารพาณิชย์อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย	สวิชญา แซ่ลิ้ม	316
ปัจจัยจำแนกการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้างใน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	วราภรณ์ แพทย์ประสิทธิ์	340

		หน้า
การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกสำหรับพืชส่งออกสหภาพยุโรป เพื่อผลตอบแทนสูงสุดโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น: กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี	เพชรรัตน์ เลอวงษา	357
แนวทางการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง : กรณีศึกษา โครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่	ปัญชลิกา อะกะปัน	373
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา	ณิชกานต์ สำราญวานิช	387

การนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)

ผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาทองสายพันธุ์ออรันดา (Caraassius auratus)	อรุชา คุ้มเกิด	404
การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก และปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคโดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก	ณัฐฌา เหล่ากุลดิลก	412
ผลิตภัณฑ์ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด	พรดรัล จุลกัลป์	428
การออกแบบและปรับปรุงความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง	ศุภวุฒิ ผากา	440
กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	รัตติกาล พันธรักษ์เดชา	456
การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	ชินเชิง แก้วก่า	474
ผลของการดูแลแบบแกงการูต่อความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาทารก คลอดก่อนกำหนดน้ำหนักน้อยกว่า 1500 กรัม ในหออภิบาลทารกแรกเกิด โรงพยาบาลปัตตานี	อามานี กาเจ	493
ผลของการส่งเสริมสมรรถนะของผู้ดูแล ต่อความรู้ และความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้	อามัล สาเหาะ	503
การประเมินระบบเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย	ธิดารัตน์ เอี่ยมอร่าม	517

การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย

(Oral Presentation)

การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลองอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

Adoption Farmer's in Arabica Coffee Plantation Technology of Highland Development Project Using Royal Project System Maesalong, Maefahluang District, Chiangrai Province

นายนิวัฒน์ คำมา[1*] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์[2] รองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ รังควัต[3] และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายสกุล ฟองมูล[4]

Niwat khamma [1*], Phahon Sakkatat [2] Nakarate Rungkawat [3] and Saisakul Fongmul [4]

[1,2,3,4] คณะผลิตกรรมการเกษตร สาขาวิชาการพัฒนาทรัพยากรชนบทและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[*]Corresponding author. E-mail: nivat_com13@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ อราบิก้า 2) ระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกร จำนวน 148 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรสองในสามเป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี มากกว่าครึ่งไม่ได้เรียนหนังสือสมรสแล้ว อาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก สมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน เป็นชาวอาข่า มีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี พื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ ค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ ใช้เงินทุนของตนเอง ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้า และเคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก

ผลการศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับในภาพรวมในระดับปานกลาง โดยมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่ พบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจ (sig<0.05)

คำสำคัญ: การยอมรับ เทคโนโลยี กาแฟอราบิก้า

Abstract

This study was conducted to investigate : 1) socio-economic attributes of the farmers growing Arabika coffee; 2) a level of the adaptation of Arabika coffee growing technology of the farmer; and 3) factors effecting the adoption of Arabika coffee growing technology of the farmers. Data were collected from 148 the farmers growing Arabika coffee in the area of Mae Salong Highland Development Royal Project.

Results of the study revealed that two-thirds of the respondents were male and 43.28 years old on average. More than one-half of the respondents were Akhas, illiterate, and married. They had 5.82 family members and yearly household incomes for 295,837.84 baht on average. They held agricultural land for 21.31 rai and expenses town capital on Arabika coffee growing for 3,618.14 baht per rai on average.The respondents perceived news/information through agricultural extension workers and they did not join educational trip in the past year. However, the respondents attended a traning on Arabika coffee growing in the pastgen. They had a high level of knowledge and understanding about Arabika coffee growing.

Findings showed that as a whole the respondents adopted Arabika coffee growing technology at a moderate level but a high level in terms of deep cultivation method and resistant varieties using. They adopted the technology on bio-way and deception/physics methods, respectively at a moderate level. It was also found that independent variables had a relationship with dependent variable in term of the adoption of Arabika coffee growing technology. This included sex, training, and knowledge/understanding (sig<0.05).

Keywords: Adoption, Plantation Technology, Arabica coffee

บทนำ

กาแฟเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก กาแฟปลูกกันแพร่หลายในเชิงธุรกิจมีเพียง 2 พันธุ์ คือ กาแฟอราบิก้า และกาแฟโรบัสต้า การผลิตกาแฟอราบิก้าในประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลผลิตกาแฟอราบิก้าที่ปลูกส่วนใหญ่ทางภาคเหนือ ทั้งหมด 60,417 ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14 ของพื้นที่ให้ผลผลิตทั้งหมด และมีผลผลิตของกาแฟ จำนวน 8,636 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8 ของผลผลิตทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีโครงการส่งเสริมให้ปลูกกาแฟอราบิก้าเพิ่มในสวนผลไม้ ปลูกร่วมกับไม้ยืนต้นและพื้นที่ป่าชุมชน (เริงชัย ตันสุชาติ และคณะ, 2558 : 3)

กาแฟอราบิก้า เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีในพื้นที่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) ตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปและมีอากาศหนาวเย็น ดังนั้นจึงปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศ ด้วยเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ทำให้กาแฟอราบิก้าได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคกาแฟค่อนข้างมาก เรียกกันโดยทั่วไปว่า “กาแฟชงสด” (fresh coffee) (กรมวิชาการเกษตร, ระบบออนไลน์ : 2551)

กาแฟอราบิก้า (Arabica coffee) ถูกนำเข้ามาปลูกครั้งแรกในฐานะพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยตั้งแต่สมัยอยุธยา (พ.ศ. 2393) โดยปลูกไว้ที่จังหวัดจันทบุรี พระสารศาสตร์ พลขันธุ์ บันทึกไว้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2500 นาย

สมบูรณ์ ณ ถลาง อดีตผู้อำนวยการยาง นำเมล็ดกาแฟอราบิก้าจากประเทศบราซิลมายังประเทศไทยและขยายผลสู่เกษตรกรทางภาคเหนือของประเทศ แต่ต่อมาต้นกาแฟเหล่านั้นเกิดโรคราสนิม ทำให้ต้นโทรมและผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงปล่อยให้สวนกาแฟรกร้างและเลิกปลูกกัน ครั้นเมื่อ พ.ศ. 2517 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรต้นกาแฟที่บ้านหนองหล่ม อินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ทรงมีรับสั่งว่า “พื้นที่บริเวณนี้เหมาะสมที่จะปลูกกาแฟ ที่แตกต่างไปจากกาแฟทางภาคใต้ ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชาวเขาทดแทนการปลูกฝิ่นได้หากมีการ แนะนำส่งเสริมและสอนให้ชาวเขารู้จักวิธีจัดการที่ดี ” ปิ่นอนงค์ ปานชื่น (ระบบออนไลน์ : 2550)

กาแฟอราบิก้า ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ ที่มองข้ามไม่ได้ เพราะจะได้ราคาสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับการจัดการด้านคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่ตลาดต้องการ ซึ่งเป็นเรื่องที่เกษตรกรต้องเข้าใจหลักการและวิธีการทำคุณภาพผลผลิตให้ได้ตามมาตรฐานจะทำแบบวิธีเดิม ๆ ก็ทำให้การแข่งขันทางด้านตลาดลดน้อยลง ประเทศไทยมีตลาดผู้บริโภคกาแฟที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมกาแฟของไทยมีตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำอยู่ในประเทศเดียว เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยชาวสวนพัฒนาคุณภาพกาแฟได้อย่างต่อเนื่อง เพราะไม่ใช่กาแฟทุกล็อตที่ชาวสวนผลิตจะมีคุณภาพดี เนื่องจากกาแฟมีตัวแปรหลายอย่างที่อาจจะอยู่เหนือการควบคุมของเกษตรกร รวมถึงการขาดการแข่งขันของตลาดกาแฟไทยจากกาแฟต่างประเทศนั้นทำให้ชาวสวนที่ทำกาแฟคุณภาพดีขายได้ในราคาที่ไม่ต่างกับชาวสวนที่ทำกาแฟได้คุณภาพทั่วไป ทำให้ไม่เกิดแรงผลักดันในการพัฒนาคุณภาพ ราคาที่ได้สูงคือได้มาจากการมีกำแพงภาษีช่วยไว้ค่อนข้างมาก ไม่ใช่ราคาที่ได้จากกาแฟที่มีคุณภาพสมกับราคาและความต้องการของตลาด นอกจากนี้ การกำหนดอัตราภาษีที่สูงเกินควรเพราะกลัวว่ากาแฟไทยจะมีคุณภาพสู้กาแฟนอกไม่ได้ ส่งผลให้เกิดการลักลอบนำเข้ากาแฟจากประเทศเพื่อนบ้านโดยไม่มีการเสียภาษีที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในวงการกาแฟไทย สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เป็นผลดีต่ออนาคตกาแฟไทยอย่างแน่นอน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง 2) เพื่อศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และ3) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้น ที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

2. เพื่อศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

4. เพื่อศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรในเรื่องกาแฟอราบิก้า จากการส่งเสริมของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยเรื่องการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ครั้งนี้ คือ

1. เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านแม่เต๋อ-แม่จันหลวง บ้านพนาสรรค์ บ้านธาตุและบ้านป่าคาสุขใจ โดยมีเกษตรกร 236 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยความคลาดเคลื่อน 0.05 โดยใช้สูตร Yamane ได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 148 คน

2. จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในแต่ละหมู่บ้านทั้ง 4 หมู่บ้าน โดยทำการ สุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านแบบเป็นสัดส่วนกับประชากร

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าโดย มี 2 ลักษณะ คือ คำถามแบบกำหนดให้ตอบหรือแบบปลายปิด (close-ended questions) และคำถามแบบเปิดโอกาสให้ผู้ตอบร่วมแสดงความคิดเห็นหรือแบบปลายเปิด (open-ended questions) โดยอาศัยแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายใต้การควบคุมดูแลและให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1) เพื่อรวบรวมข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับ ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ตอนที่ 2) ข้อมูลด้านการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ได้แก่ วิธีการเขตกรรม ใช้พันธุ์ต้านทาน ชีววิธี วิธีกลและฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบในการทดสอบความรู้ของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ ตอนที่ 3) เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ซึ่งเป็นการวัดแบบ likert’s scale เมื่อทำการทดสอบความเที่ยงพบว่ามีค่า Croubach Alpha เท่ากับ 0.84 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงเพียงพอที่จะนำไปใช้จริงต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความสมบูรณ์ ของข้อมูลในแบบสัมภาษณ์จากนั้นนำมาถอดรหัส จัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป ทำการวิเคราะห์สถิติพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการวิจัย

1) ลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูล(ร้อยละ 66.89) ไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และเป็นสมาชิก คิดเป็นร้อยละ 33.11 ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี ระดับการศึกษา พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมากกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้เรียนหนังสือ ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสแล้ว ผู้ให้ข้อมูลเกือบทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกร มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีชาติพันธุ์เป็นชาวอาข่า ผู้ให้ข้อมูลมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี ผู้ให้ข้อมูลเกือบทั้งหมดมีที่ดินเป็นของตนเอง มีจำนวนพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ มี

ค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ ใช้เงินทุนของตนเองในการปลูกกาแฟอราบิก้า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกกาแฟ อราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา

2) ความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า โดยส่วนใหญ่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน

3) ระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในภาพรวมในระดับปานกลาง(ค่าเฉลี่ย 3.27) เมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม (ค่าเฉลี่ย3.62) และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน (ค่าเฉลี่ย 3.58) มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี (ค่าเฉลี่ย 2.95) และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ (ค่าเฉลี่ย 2.93)

4) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง โดยการวิเคราะห์การถดถอย พบว่ามีตัวแปรอิสระ 7 ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยี

ตาราง1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	ACCEP	SEX	AGE	EDU	STA	OCC	MEMBER	INCOME	INFOR	VISIT	TRAINING
ACCEP	1										
SEX	.254**	1									
	0.002										
AGE	0.006	-0.125	1								
	0.945	0.131									
EDU	-0.027	0.139	-.576**	1							
	0.746	0.093	0.000								
STA	-0.034	-0.035	.259**	-0.101	1						
	0.679	0.673	0.002	0.221							
OCC	0.069	0.035	-0.01	-0.054	.259**	1					
	0.402	0.669	0.908	0.516	0.001						
MEMBER	0.087	0.029	-0.048	0.063	.234**	-0.032	1				
	0.292	0.729	0.561	0.448	0.004	0.695					
INCOME	0.04	-0.057	0.003	0.1	0.068	0.033	.206*	1			
	0.628	0.493	0.968	0.228	0.413	0.686	0.012				
INFOR	-0.041	0.089	-.302**	.233**	-0.132	-0.054	.226**	.220**	1		
	0.623	0.282	0.000	0.004	0.111	0.517	0.006	0.007			
VISIT	.346**	0.137	-0.139	.220**	-0.065	0.092	0.043	0.048	0.006	1	
	0.000	0.096	0.092	0.007	0.434	0.266	0.601	0.563	0.945		
TRAINING	.490**	.171*	-0.009	0.087	-0.102	0.105	0.081	0.061	-0.009	.443**	1
	0.000	0.038	0.918	0.291	0.218	0.203	0.331	0.461	0.910	0.000	
KNOW	-.380**	-0.153	0.024	0.051	0.063	-0.038	-0.021	0.06	0.136	-.209*	-0.139
	0.000	0.064	0.774	0.537	0.448	0.646	0.796	0.466	0.100	0.011	0.091

5) ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ ของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีปัญหาในเรื่องของแรงงานในการเก็บสิ่งที่เน่าเสีย ถอนต้นที่เป็นโรคตามพื้นดินออกไปทำลาย และปัญหาดินเสื่อมโทรม มีปัญหาในเรื่องพันธุ์กาแฟเมื่อปลูกนานๆ ก็ไม่สามารถต้านทานโรคได้ มีปัญหาในเรื่องศัตรูพืชพวกแมลงต่างๆ มีการดื้อยา มีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนแรงงานในการตัดแต่งทรงต้นที่โทรมเพื่อสร้างต้นใหม่ ซึ่งสามารถทำได้แค่บางส่วน

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลประมาณสองในสาม (ร้อยละ 66.89) เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 77.03 มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.77 มีอายุต่ำสุด 23 ปี และอายุสูงสุด 48 ปี มากกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้เรียนหนังสือ คิดเป็นร้อยละ 50.03 มีสถานภาพสมรสแล้ว คิดเป็นร้อยละ 89.19 เกือบทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 97.96 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.26 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนต่ำสุด 2 คน และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนสูงสุด 14 คน มีชาติพันธุ์เป็นชาวอาข่า คิดเป็นร้อยละ 70.95 ผู้ให้ข้อมูลมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี มีรายได้ของครัวเรือนต่ำสุด 8,000 บาทต่อปี และรายได้ของครัวเรือนสูงสุด 5,000,000 บาทต่อปี มีจำนวนพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.80 มีจำนวนพื้นที่ถือครองต่ำสุด 1 ไร่ และจำนวนพื้นที่ถือครองสูงสุด 80 ไร่ มีค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ มีค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าต่ำสุด 275 บาทต่อไร่ และค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าสูงสุด 12,888.89 บาทต่อไร่ และผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด (ร้อยละ 100.00) ใช้เงินทุนของตนเองในการปลูกกาแฟอราบิก้า ส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ คิดเป็นร้อยละ 73.65 ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา คิดเป็นร้อยละ 70.95 เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา คิดเป็นร้อยละ 67.57

ผลการศึกษาความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 93.92 และมีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 6.08

ผลการศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในภาพรวมในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.27) เมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า

ด้านการใช้วิธีเขตกรรม พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้วิธีเขตกรรมในรวมระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.62) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น 1) การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยอินทรียวัตถุ เช่น คลุมโคนต้น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่อง 2) การกำหนดช่วงเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวที่ เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงเรื่องคุณภาพของกาแฟอราบิก้า และ 3) การปลูกพืชร่มเงาเพื่อป้องกันแมลงในพื้นที่ และช่วยยืดอายุของต้นกาแฟ ป้องกันการติดผลมากเกินไป มี

การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการเก็บสิ่งที่เน่าเสียถอนต้นที่เป็นโรคตามพื้นดินออกไปทำลาย และ การหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้เครื่องจักรในพื้นที่ ตามลำดับ

ด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้พันธุ์ต้านทานในรวมระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.58) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น 1) การสำรวจและสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแปลงอย่างสม่ำเสมอ 2) การใช้เมล็ดพันธุ์ต้านทานโรค และแมลงในการปลูก มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการใช้พันธุ์พืชที่ปลูกที่หลากหลายเหมาะสมเพื่อลดปัญหาศัตรูพืช และการศึกษาเมล็ดพันธุ์ที่ต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชแล้ว ตามลำดับ

ด้านการใช้ชีววิธี พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้ชีววิธีในรวมระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.95) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็น

1) การปลูกพืชหลากชนิด เพื่อลดความเสี่ยงในการป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช 2) การเจาะจงใช้สารเคมีให้ตรงกับชนิดศัตรูพืช 3) การใช้ตัวห้ำ ตัวเบียน สารร่อแมลง และเชื้อโรคในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ และ 4) การใช้กับดักกาวสีเหลืองในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ ตามลำดับ

ด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ในรวมระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.93) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น การตัดแต่งทรงต้นที่โทรมเพื่อสร้างต้นใหม่ มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็น 1) การกำจัดวัชพืชเพื่อป้องกันโรคและแมลง 2) การใช้กับดักหรือสร้างเครื่องกีดขวางโดยตาข่าย และการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการใช้แสง เสียง หรือหุ่นไล่กา ในการป้องกันแมลงศัตรูพืช

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง พบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจ โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.038, 0.000 และ 0.000 ตามลำดับ และตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามหรือการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรได้ร้อยละ 37.7 ส่วนที่เหลือร้อยละ 62.3 เป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ

ผลการเปรียบเทียบระหว่างการเป็นสมาชิกโครงการกับระดับความรู้ความเข้าใจและการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร พบว่า การเป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองหรือไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองไม่ส่งผลให้มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าแตกต่างกัน ในขณะที่การเป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองหรือไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองส่งผลให้มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าแตกต่างกัน โดยผู้ให้ข้อมูลที่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้ามากกว่าผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาพบว่าเพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ดังนั้นเจ้าหน้าที่โครงการหลวงหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ควรให้ความสำคัญในปัจจัยดังกล่าวในการส่งเสริมเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าไปใช้ การเข้าไปส่งเสริมเกษตรกรหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชน ควรมีการศึกษาความพร้อมของเกษตรกรในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความรู้ ทุนที่ใช้ในการดำเนินงาน เป็นต้น เพื่อที่จะทำให้เกษตรกรเกิดความยอมรับได้อย่างเต็มที่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า บ้านแม่เต๋อ-แม่จันหลวง บ้านธาตุ บ้านป่าคาสุขใจ และบ้านพนาสวรรค ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย และขอขอบคุณ คณาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาในการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณตัวแทนกลุ่มที่คอยช่วยเหลือในการประสานงานเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. *กาแฟอราบิก้า. (Publication.: Available)* :http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=9 (11 เมษายน 2560).

บุญสม วราเอกศิริ (2529*).* *ส่งเสริมการเกษตร หลักและวิธีการ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

ปิ่นอนงค์ ปานชื่น. (2550). *กาแฟของ...ในหลวง.* [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา Available : http://www.healthcorners.com/2007/coffee_web/view.php?board_name=coffee&q_id=4203 (11 เมษายน 2560).

พันธ์ศักดิ์ แสนพรมมา. (2557). *การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกยางพาราของเกษตรกรในอำเภอปง จังหวัดพะเยา.* ; วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

เริงชัย ตันสุชาติ ชนิตา พันธุ์มณี และเกษม กุณาศรี. 2558. *การศึกษาศักยภาพการแข่งขันของกาแฟอราบิก้าที่ผลิตในระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยกลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตกาแฟอราบิก้า.* ในรายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

Factors Affecting Farmers' Adoption in Promotion of Vegetable Greenhouses Production of the Royal Project Extension Project in Klong Lan District, Kamphaeng Phet Province

น้ำทิพย์ กัณฑะวงค์(Namtip Kantawong)[1] สุรพล เศรษฐบุตร(Suraphol Sreshthaputra)[2]
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของเกษตรกรที่ปลูกพืชผักในโรงเรือนในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน และเพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือน จำนวน 34 ราย ในพื้นที่ 7 หมู่บ้าน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 61.8 เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.47 ปี เป็นชนเผ่าเย้า มูเซอ คนไทย และกระเหรี่ยง ส่วนใหญ่จบการศึกษาภาคบังคับ (ป.4/ป.6) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.71 คน มีแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 2.18 คน เคยได้รับการอบรมด้านการด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือนมาแล้วเฉลี่ย 1.87 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนเฉลี่ย 3.45 ปี มีอาชีพทำไร่เป็นอาชีพหลัก ปลูกพืชผักในโรงเรือนและรับจ้างเป็นอาชีพรอง โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดเฉลี่ย 6.33 ไร่ โดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรรวมต่อปี 64,623.53 บาท มีรายได้นอกภาคเกษตรต่อปี 64,200 บาท ขณะที่เกษตรกรมีรายจ่ายรวมต่อปี 88,824.59 บาท เป็นรายจ่ายภาคการเกษตร 21,015.76 บาท รายจ่ายครัวเรือน 69,397.06 บาท มีหนี้สิน 58,883.33 บาท ในด้านการได้รับความรู้ข่าวสาร เกษตรกรมีระดับการรับรู้ข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล สื่อประเภทต่างๆ และสื่อกิจกรรม ในระดับปานกลาง เกษตรกรมากกว่าร้อยละ 76.5 ขึ้นไป มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน การมีเจ้าหน้าที่ดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำดีและต่อเนื่อง เป็นแรงจูงใจต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก เกษตรกรมีทัศนคติต่อระบบการปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ในระดับมาก แต่มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อหน่วยงานอื่นๆ ในระดับปานกลาง การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และทุกกิจกรรมทั้ง 3 ด้าน ตั้งแต่การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและการดูแลรักษา และการจัดการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับมาก

จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ได้แก่ ระดับการศึกษา การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร รายจ่ายทั้งหมด การเป็นหนี้สิน ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปัญหา และข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร ปัญหาที่สำคัญได้แก่ เกษตรกรมีปัญหาการปลูกพืชผักซ้ำหลายครั้งเกิดปัญหาโรคและแมลงขึ้น และมีทางเลือกชนิดพืชผักน้อย เนื่องจากสภาพอากาศร้อนไม่สามารถปลูกพืชผักเมืองหนาวหรือพืชผักราคาแพงได้ เช่น พริกหวาน มะเขือเทศ เป็นต้น รองลงมาเกษตรกรมีปัญหาไม้ไผ่และปุ๋ยคอกหายาก และมีราคาแพง

คำสำคัญ : การปลูกพืชผักในโรงเรือน ปัจจัยที่มีผล ความรู้ การยอมรับ โครงการขยายผลโครงการหลวง

ABSTRACT

The objective of the study was to explore the personal background factor, socio-economic factor and other factors including the factors related to farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production of the Royal Project Extension Project in Klong Lan District, Kamphaeng Phet Province in order to adopt the promotion of vegetable greenhouses production and also to find out the farmers' problems and suggestions.

The sample of this study was 34 farmers selected from the farmers who grow vegetable in greenhouses in the area of 7 villages.

The results of the study indicated that 61.8 % of the farmers are female of the average age at 50.47 years. They were Yao (Mien), Lahu (Muser), Karen and Thai people. Most of them completed the compulsory education (Pratom 4 or 6). The average family members was 4.71 and the average family labors was 2.18 and they have been educated and trained about vegetable greenhouses production for 3.45 years in average. Their main career was being the farmer who grow vegetable in greenhouses and was sometimes hired to do labor jobs. They have agricultural area at 6.33 Rais in average. The average of the farmer's total income earned from agricultural jobs was 64,623.53 Baht yearly and earned from non-agricultural jobs was 64,200 Baht yearly. Meanwhile, they have the average annual expenses at 88,824.59 Baht dividing to 21,015.76 Baht for agricultural expense and 69,397.06 Baht for household expense. The average debt was 58,883.33 Baht. For the knowledge or information gained and learnt from other people, all types of media and activities was at medium level. More than 76.5 % of the farmers have the knowledge of vegetable greenhouse production.

The good and continuous advice or suggestion from the officers was the high motivation for the farmers who grow vegetable in greenhouses. They have very good attitude and high confidence towards the officers of Highland Research and Development Institute (Public Organization). However, their attitude and confidence towards the officers from other organizations was in medium level. For the farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production as a whole was in high level. Also, all 3 activities: the preparation for growing, growing and taking care, and harvesting were in high level.

From the hypothesis examination, it was found that the factors related to the farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production were their education levels, training for vegetable greenhouses production, experience for vegetable growing, number of family members, number of family labors, non-agricultural income, total expense, debts, and the attitude towards the officers of Highland Research and Development Institute (Public Organization) and there was statistically significant at 0,01 level.

The problems and suggestion for their vegetable greenhouse production: the most important problems were they had to grow vegetables repeatedly for many times because of insect and disease problems; there were a few types of vegetable for growing. Owing to the tropical climate, they could not grow cold weather vegetable or expensive vegetable such as capsicum (bell pepper), and tomatoes. The other problem was the high price of bamboo and manure and they were rare

บทนำ

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้รับมอบหมายเข้าไปวิเคราะห์พื้นที่เพื่อนำองค์ความรู้จากโครงการหลวงไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ ตลอดจนสร้างความเข้มแข็งของชุมชนและการฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธาร โดยอาศัยหลักการดำเนินงานตามแนวทางของโครงการหลวงและปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อให้คนสามารถอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน จากการสำรวจพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่โครงการมีความยากจน มีหนี้สิน เพราะประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลัง และรับจ้างบุคคลภายนอก เกิดการย้ายถิ่นฐาน เมื่อปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลานานทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดความอุดมสมบูรณ์ ผลผลิตลดลง แต่ขณะเดียวกันวิถีชีวิตของชุมชนก็ยังดำเนินไปตามปกติส่งผลให้เกษตรกรมีหนี้สินที่นำมาใช้จ่ายเพื่อการยังชีพ ภายใต้สภาพพื้นที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ สภาพอากาศที่ร้อนเข้าขั้นวิกฤตินั้น สถาบันจึงเลือกส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน เนื่องจากเป็นการปลูกพืชที่ใช้พื้นที่น้อย ใช้น้ำน้อย แล้วได้ประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังมีความต้องการของตลาดสูง (ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวง, 2557)

ผลจากการดำเนินงานของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง(องค์การมหาชน) ปัจจุบันเกษตรกรในพื้นที่ หันมาสนใจการปลูกพืชผักในโรงเรือน รวมทั้งปรับระบบการปลูกพืชเป็นไม้ผล เช่น ลำไย มะนาว ลดพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลงได้ในระดับหนึ่ง โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับปัจจัยการผลิต เทคโนโลยีการผลิต และคำแนะนำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่ของสถาบันฯ แต่ก็ยังพบว่ามีเกษตรกรมากกว่าครึ่งของโครงการยังยอมรับการดำเนินการส่งเสริมของเจ้าหน้าที่ในลักษณะนี้ช้า ถึงแม้ว่าพืชที่ส่งเสริมจะมีตลาดรองรับการจำหน่ายผลผลิตก็ตาม ยังคงประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลังและรับจ้างอยู่เช่นเดิม

งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน เพื่อจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ และพื้นที่อื่นๆต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

2. เพื่อศึกษาการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของเกษตรกร ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

3. เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะ ของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเกษตรกรชนเผ่ากระเหรี่ยง เย้า มูเซอ และคนไทย จำนวนทั้งสิ้น 34 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นคำถามแบบปลายปิด และคำถามแบบปลายเปิด มีขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์ และการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้ การสร้างแบบสัมภาษณ์ กำหนดข้อมูลที่ต้องการในประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แล้วจึงกำหนดตัวชี้วัด และมาตรวัดข้อมูลในแต่ละประเด็นตามที่ได้กำหนดไว้ แล้วจึงนำข้อมูลตามประเด็นตัวชี้วัด และมาตรวัดมาสร้างเป็นข้อคำถาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้ สถิติค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Person Product Moment Correlation)

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล

เกษตรกรของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ที่ปลูกพืชผักในโรงเรือน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.47 ปี เป็นชนเผ่าเย้า มูเซอ คนไทย และกระเหรี่ยง ส่วนใหญ่จบการศึกษาภาคบังคับ (ป.4/ป.6) ไม่มีตำแหน่งทางสังคม ส่วนใหญ่ไม่เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.71 คน มีการติดต่อเจ้าหน้าที่ต่อเดือนเฉลี่ย 5.91 ครั้ง และเคยได้รับการอบรมด้านการ

ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือนมาแล้วเฉลี่ย 1.87 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนเฉลี่ย 3.45 ปี และเคยเดินทางออกนอกพื้นที่เฉลี่ย 10.68 ครั้ง

1.2 ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม

เกษตรกรของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ที่ปลูกพืชผักในโรงเรือนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีอาชีพทำไร่เป็นอาชีพหลัก ปลูกพืชผักในโรงเรือนและรับจ้างเป็นอาชีพรอง มีแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 2.18 คน โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดเฉลี่ย 6.33 ไร่ เป็นพื้นที่เช่าเฉลี่ย 6ไร่ มีจำนวนโรงเรือนปลูกพืชผักเฉลี่ย 1.59 โรงเรือน โดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรรวมต่อปีเฉลี่ย 64,623.53 บาท เป็นรายได้จากการปลูกพืชผักในโรงเรือนต่อปีเฉลี่ย 33,451.47 บาท มีรายได้นอกภาคเกษตรต่อปีเฉลี่ย 64,200 บาท ขณะที่เกษตรกรมีรายจ่ายรวมต่อปีเฉลี่ย 88,824.59 บาท เป็นรายจ่ายภาคการเกษตรรวมเฉลี่ย 21,015.76 บาท รายจ่ายครัวเรือนรวมเฉลี่ย 69,397.06 บาท เกษตรกรใช้ทุนของตนเองและเงินกู้ในการลงทุนทำการเกษตรโดยเฉพาะจากกองทุนหมู่บ้าน มีหนี้สินรวมเฉลี่ย 58,883.33 บาท

1.3 ปัจจัยอื่น ๆ

ในด้านการได้รับความรู้ข่าวสาร เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร มีระดับการรับรู้ข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล สื่อประเภทต่างๆ และสื่อกิจกรรม ในระดับปานกลาง เกษตรกรมากกว่าร้อยละ76.5 ขึ้นไป มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน การมีเจ้าหน้าที่ดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำดีและต่อเนื่อง เป็นแรงจูงใจต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก เกษตรกรมีทัศนคติต่อระบบการปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ในระดับมาก แต่มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อหน่วยงานอื่นๆ ในระดับปานกลาง

1.4 การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เชิงความคิดเห็น และ การนำไปปฏิบัติ

การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในภาพรวมอยู่ในระดับมากและทุกกิจกรรมทั้ง 3 ด้าน ตั้งแต่การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและการดูแลรักษาและการจัดการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับมาก ดังตารางที่1

ตารางที่ 1 การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของเกษตรกรโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
การเตรียมการก่อนปลูก		
1. การสร้างโรงเรือน	**2.84**	**มาก**
1) สร้างโรงเรือนไม้ไผ่ ขนาด 6 x 24 เมตร ตามแบบที่กำหนดให้ (รูปแบบ ก. ประยุกต์)	2.91	มาก
2) การประกอบพลาสติกทำหลังคาโรงเรือนและคลุมด้านข้างโรงเรือนด้วยมุ้งไนล่อนสีขาวตาถี่มีจำนวนเส้นทอ 32 เส้น/ความยาว 1 นิ้ว มุ้งไนล่อนชนิดนี้ ป้องกันการเข้ารบกวนจากเพลี้ยไฟและหมัดกระโดดได้	2.91	มาก
3) ทิศทางของโรงเรือน ควรวางแนวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้	2.71	มาก
2. การเตรียมเมล็ดพันธุ์	**2.88**	**มาก**

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1) การเพาะกล้าผักในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม ก่อนย้ายปลูกในแปลงภายในโรงเรือน	2.88	มาก
3. การทำคลังอาหาร	**2.78**	**มาก**
1) ขุดร่องระหว่างแปลงปลูก ให้มีความลึกประมาณ 30 - 50 เซนติเมตร และกว้าง 50-60 เซนติเมตร จากนั้นนำเศษพืชที่แห้ง เช่น ใบไม้ วัชพืช ซากพืชตระกูลถั่ว หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถย่อยสลายได้ นำมาใส่ในร่องที่ขุดไว้	2.85	มาก
2) ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 0-46-0 หรือหินฟอสเฟต อัตรา 5 กิโลกรัมต่อโรงเรือน โดยโรยให้ทั่วเศษวัสดุ	2.71	มาก
3) โรยปุ๋ยคอก(มูลไก่ มูลหมูหลุม หรือหมูฟาร์ม หรือมูลวัวพื้นเมือง) บนเศษวัสดุในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อโรงเรือน หรือคิดเป็นปุ๋ยคอก จำนวน 20 กระสอบ (กระสอบละ 10 กิโลกรัม)	2.88	มาก
4) ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อโรงเรือน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและอาหารของจุลินทรีย์ในขบวนการย่อยสลายเศษพืช แล้วรดน้ำให้ชุ่ม	2.56	มาก
5) ขึ้นแปลงปลูกให้มีความกว้าง 1 เมตร สูง 15 - 25 เซนติเมตร (4 แปลงต่อโรงเรือน)	2.91	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการเตรียมการก่อนปลูก	**2.83**	**มาก**
การปลูกและดูแลรักษา		
1. วิธีการปลูก	**2.97**	**มาก**
1) ระยะปลูกขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผักที่เกษตรกรเลือกปลูก แต่มีข้อแนะนำ คือเกษตรกรควรปลูกผักให้มีระยะห่างพอสมควรอย่าให้แน่นจนเกินไป เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดี และปรับสภาพแวดล้อมให้ไม่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค	3.00	มาก
2) ควรหมั่นตรวจแปลงอยู่เสมอ โดยอาจเลือกสำรวจเป็นจุดๆ ประมาณ 10-20 จุด/โรงเรือน ถ้าพบว่ามีการระบาดของโรคและแมลงในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชผักนั้น ก็ควรดำเนินการกำจัดโรคและแมลงที่พบทันที	2.94	มาก
2. การดูแลรักษา	**2.71**	**มาก**
1) การให้น้ำ การปลูกพืชผักจำเป็นต้องให้น้ำเพียงพอ การให้น้ำผักควรรดน้ำในช่วง เช้า- เย็น ไม่ควรรดตอนแดดจัด และรดน้ำแต่พอชุ่มอย่าให้โชก	3.00	มาก
2) การใส่ปุ๋ย ใส่เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหาร และตามช่วงเวลาที่พืชต้องการ สูตรปุ๋ยที่ใช้กับพืชผัก ได้แก่ ยูเรีย สำหรับบำรุงต้นและใบ และปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ 12-24-12 สำหรับเร่งการออกดอกและผล	2.53	มาก
3) การให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช จะมีความจำเป็นต่อพืชผักในบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืชนั้น เช่น พืชในวงศ์กะหล่ำ จะต้องการธาตุโบรอนเพื่อสร้างความต้านทานโรคไส้กลวงดำ มะเขือเทศจะต้องการธาตุแคลเซียมเพื่อสร้างความต้านทานโรคผลเน่า เป็นต้น	2.41	มาก
4) การป้องกันกำจัดศัตรูพืช ควรบำรุงรักษาต้นพืชให้แข็งแรงโดยการกำจัดวัชพืช ให้น้ำอย่างเพียงพอและใส่ปุ๋ยตามเหมาะสมเพื่อให้ผักเจริญเติบโต แข็งแรง ทนต่อโรคและแมลง หากมีโรคและแมลงระบาดมากควรใช้สารธรรมชาติ หรือใช้วิธีกลต่างๆ ในการป้องกันกำจัด เช่น หนอนต่างๆ ใช้มือจับออก เป็นต้น	2.91	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการปลูกและดูแลรักษา	**2.84**	**มาก**
การจัดการเก็บเกี่ยว		
1) การเก็บเกี่ยวผักควรเก็บในเวลาเช้าจะทำให้ได้ผักสดรสดี สำหรับผักประเภทผลควรเก็บในขณะที่ผลไม่แก่จัด จะได้ผลที่มีรสดีและจะทำให้ผลดก หากปล่อยให้ผลแก่คาต้น ต่อไปจะออกผลน้อยลง	2.97	มาก
2) การปลูกพืชหมุนเวียนสลับชนิดหรือปลูกผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นบ้างยาวบ้างสลับกันไป จะช่วยป้องกันการระบาดของโรคและแมลงได้	2.94	มาก
3) การขนส่งทำด้วยความปราณีต ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและเกิดการสูญเสียน้อยลง	2.94	มาก

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการจัดการเก็บเกี่ยว	2.95	มาก
สรุปค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการปลูกพืชผักในโรงเรือน	2.87	มาก

หมายเหตุ : การแปลความหมายระดับการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักความคิดเห็นในแต่ละประเด็นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	2.34 – 3.00	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับมาก
ค่าคะแนนเฉลี่ย	1.68 – 2.33	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.67	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับน้อย

1.5 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร พบว่าปัญหาที่สำคัญได้แก่ เกษตรกรจำนวนร้อยละ 100 มีปัญหาการปลูกพืชผักซ้ำหลายครั้งเกิดปัญหาโรคและแมลงขึ้น และมีทางเลือกชนิดพืชผักน้อย เนื่องจากสภาพอากาศร้อนไม่สามารถปลูกพืชผักเมืองหนาวหรือพืชผักราคาแพงได้ เช่น พริกหวาน มะเขือเทศ เป็นต้น รองลงมาเกษตรกรจำนวนร้อยละ 88.23 มีปัญหาไม้ไผ่หายาก และมีราคาแพง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 61.76 มีปัญหาพืชผักใบช้ำ เสียหายระหว่างขนส่ง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 52.94 มีปัญหาปุ๋ยคอกหายากและมีราคาแพง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 41.17 มีปัญหาต้องจ้างแรงงานในการสร้างโรงเรือน เกษตรกรจำนวนร้อยละ 32.35 ต้องการความรู้เรื่องการแปรรูปพืชผักที่เหลือจากการจำหน่ายในชุมชน และเกษตรกรจำนวนร้อยละ 26.47 มีปัญหาระยะทางขนส่งเข้าเมืองไกล ช่องทางตลาดลดลงเหลือแค่บริเวณภายในชุมชน

1.6 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

จากการทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ได้แก่ ระดับการศึกษา การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร รายจ่ายทั้งหมด การเป็นหนี้สิน ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึง ระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ตลอดจนปัญหา และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

2.1 การศึกษาระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การศึกษาระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับการปลูกพืชผักในโรงเรือน 3 ด้าน ได้แก่ การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและดูแลรักษา และการจัดการเก็บเกี่ยว พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านของการยอมรับ พบว่า

การยอมรับของเกษตรกรต่อการเตรียมการก่อนปลูก พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก ทั้ง 3 กิจกรรม ได้แก่ 1).การสร้างโรงเรือน 2).การเตรียมเมล็ดพันธุ์ และ 3).การทำคลังอาหาร แต่ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการยอมรับการทำคลังอาหารในระดับมาก แต่คะแนนเฉลี่ยในกิจกรรมย่อยข้อนี้มีคะแนนที่น้อยกว่าข้ออื่นๆ แสดงว่าเกษตรกรไม่ได้ให้ความสำคัญกับการเตรียมดินโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมากนัก และไม่อยากเพิ่มต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีเมื่อเทียบกับปุ๋ยหมัก

การยอมรับของเกษตรกรต่อการปลูกและการดูแลรักษา พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก ทั้ง 2 กิจกรรม ได้แก่ 1). วิธีการปลูก และ 2).การดูแลรักษา แต่ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการยอมรับการใส่ปุ๋ย ใส่เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ตามช่วงเวลาที่พืชต้องการ และการให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช จะมีความจำเป็นต่อพืชผักในบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืชนั้น แต่คะแนนเฉลี่ยในกิจกรรมย่อยข้อนี้ก็มีคะแนนที่น้อยกว่าข้ออื่นๆ แสดงว่าเกษตรกรไม่อยากเพิ่มต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีและธาตุอาหารเสริม อีกทั้งยังไม่เห็นความสำคัญของธาตุอาหารเสริมเท่าที่ควร

การยอมรับของเกษตรกรต่อการจัดการเก็บเกี่ยว พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรยอมรับการเก็บเกี่ยวผักควรเก็บในเวลาเช้าจะทำให้ได้ผักสดรสดี สำหรับผักประเภทผลควรเก็บในขณะที่ผลไม่แก่จัด จะได้ผลที่มีรสดีและจะทำให้ผลดก หากปล่อยให้ผลแก่คาต้นต่อไปจะออกผลน้อยลง การปลูกพืชหมุนเวียนสลับชนิดหรือปลูกผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นบ้างยาวบ้างสลับกันไปจะช่วยป้องกันการระบาดของโรคและแมลงได้ และการขนส่งทำด้วยความปราณีต ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและเกิดการสูญเสียน้อยลง แสดงว่าเกษตรกรมีความเข้าใจในรายละเอียดปลีกย่อยของการจัดการเก็บเกี่ยวเป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากการวิจัยพบว่า มีปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ที่มีผลต่อการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ 1) ระดับการศึกษา 2) การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน 3) ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก 4) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 5) จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน 6) แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร 7) รายจ่ายทั้งหมด 8) การเป็นหนี้สิน 9) ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ 10) ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรภาครัฐและเอกชน ที่ดำเนินการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนแก่เกษตรกร ควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีทั้ง 10 ปัจจัยนี้ เป็นพื้นฐานสู่การวิเคราะห์วางแผนการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนแก่เกษตรกรในพื้นที่อื่นๆต่อไป ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมทั้งจากภาครัฐและเอกชน ควรสร้างภาพลักษณ์ ความน่าเชื่อถือ ความมั่นใจ ให้เกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมก่อน และเมื่อเกษตรกรมี

ทัศนคติที่ดีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมแล้วนั้น จะส่งผลให้เกิดความไว้วางใจในตัวเจ้าหน้าที่ส่งเสริม และมีความเชื่อมั่นต่อองค์กรต้นสังกัดของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมสูงขึ้นตามไปด้วย

2. จากการวิจัยพบว่า ทัศคติและความเชื่อมั่นของเกษตรกรที่มีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมหน่วยงานอื่นๆ ทั้งจากส่วนกลางและประจำพื้นที่ มีระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาในรายละเอียดประเด็นย่อยพบว่า การมีความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่มีคะแนนน้อยที่สุด ถัดมาคือการทำตามที่พูดหรือสัญญาไว้กับเกษตรกร และการมีความรู้ทางวิชาการตามลำดับ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่เข้าไปทำงานในพื้นที่ส่งเสริมใดๆก็ตาม ควรมีสัจจะ มีความรับผิดชอบในสิ่งที่ได้พูดหรือสัญญากับเกษตรกรไว้ และติดตามการดำเนินงานส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง ให้ความรู้ทางวิชาการที่ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่หรือบริบทของชุมชน หากมีเหตุขัดข้องที่จะส่งผลให้งานส่งเสริมที่ทำไม่เป็นไปตามแผนการที่วางไว้ ต้องรีบแจ้งให้เกษตรกรรับทราบ และทำความเข้าใจร่วมกันให้ชัดเจน ไม่ทิ้งระยะให้นานเกินไป เพราะเกษตรกรจะขาดความเชื่อมั่น ส่งผลให้ทัศนคติลดลงด้วย

3. จากการวิจัยพบว่า การดำเนินการส่งเสริมการปลูกพืชผักในพื้นที่ยังไม่มีทิศทางที่ชัดเจนและขาดความต่อเนื่องของการส่งเสริม ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรภาครัฐและเอกชน ได้แก่ องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร องค์กรอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ควรกำหนดแนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมือ และปัจจัยการผลิตอย่างต่อเนื่อง ในการสนับสนุนและส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่น้อย ใช้น้ำน้อย แต่ให้มูลค่าผลผลิตสูง ใช้เทคโนโลยีช่วยในการลดโรค แมลง และลดการใช้สารเคมีได้อย่างดี

4. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรมีการวางแผนการผลิตพืชผักให้ชนิดพืชมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ และชนิดพืชมีความหลากหลายหมุนเวียนในรอบปี เพื่อลดปัญหาโรคและแมลงสะสม เพราะการปลูกพืชชนิดเดียวกัน หรือตระกูลเดียวกันซ้ำๆในพื้นที่เดิมจะเกิดการสะสมโรคและแมลง ควรหาพืชตระกูลอื่นมาปลูกตัดวงจรแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

5. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรส่งเสริมการปลูกไม้ใช้สอย ไม้ไผ่ เพื่อใช้ในการสร้างโรงเรือนและส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ เช่น หมูหลุม วัว ฯลฯ เพื่อผลิตปุ๋ยหมักใช้ในการปลูกพืชผักในโรงเรือน ลดภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้อีกทางหนึ่ง

6. การวางแผนการผลิตพืชผักในโรงเรือน ควรสอดคล้องกับความต้องการของตลาดภายในท้องถิ่น

7. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรมีการวางแผนโดยใช้ตลาดนำ เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีช่องทางการจำหน่ายที่แน่นอน ลดความเสี่ยงต่างๆ และควรมีการวางแผนด้านโลจิสติกส์ในพื้นที่รองรับผลผลิตของเกษตรกรในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าแบบอิสระเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร ประธานกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและตรวจแก้ไขจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทรัคคัมพร อาจารย์ ดร.จุฑามาส คุ้มชัย กรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ที่ช่วยตรวจทานแก้ไข และให้คำปรึกษาในการทำการค้นคว้าแบบอิสระ และรองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ รังควัต กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันมีค่าเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การส่งเสริมสนับสนุนผู้วิจัยในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทรหัส 57 ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร ที่ได้ให้การช่วยเหลือ และแลกเปลี่ยนความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการดำเนินชีวิต

คุณประโยชน์ใดที่เกิดจากการค้นคว้าแบบอิสระฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจนทำให้การค้นคว้าแบบอิสระสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวง พ.ศ.2557. (ฉบับปรับปรุง). เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2557. คู่มือการปลูกผักบนพื้นที่สูง. เชียงใหม่.

จริยา วิสิทธิ์พานิช. 2549. คู่มือการผลิตผักคุณภาพและปลอดภัยในโรงเรือนตาข่ายกันแมลง(เอกสารสำเนา). เชียงใหม่: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

วรทัศน์ อินทรัคคัมพร. 2546. การส่งเสริมการเกษตรกับการพัฒนาชนบท. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก

Effect of Paclobutrazol on Change of Nutrients Content on Bulb of *Eucrosia bicolor* B. Reg at Flowering Stage

อาผู่ เบเช* และ รุ่งนภา ช่างเจรจา
สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology
*Corresponding author : changjeraja@hotmail.com

บทคัดย่อ

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภ ในระยะการออกดอก ทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2560 – เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ โดยราดสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร บนวัสดุปลูก ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เมื่อต้นเริ่มงอกสูง 1 เซนติเมตร พบว่า ว่านมหาลาภที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มขัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก ก้านดอกน้อยที่สุดมี มีค่าเฉลี่ย 41.35 และ 3.49 เซนติเมตร ตามลำดับเมื่อเทียบกับไม่ได้รับสาร และยังส่งผลทำให้ธาตุอาหารในหัวมีปริมาณ K Ca และ Mg ที่ระยะดอกแรกบาน, N และ P ที่ดอกบานทั้งหมด และK ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด มีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ K และ Ca ที่ระยะดอกบานทั้งหมด และ Mg ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด มีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ N และ P ระยะดอกบานทั้งหมด และ K ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณ N และ P ที่ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น และชุดที่ไม่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีแนวโน้มปริมาณ P และ Mg ที่ระยะดอกบานทั้งหมดสะสมเพิ่มขึ้น ส่วนสารพาโคลบิวทราโซลทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้าน จำนวนวันดอกแรกบาน จำนวนดอกต่อช่อ ความยาวดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก

คำสำคัญ : พาโคลบิวทราโซล ธาตุอาหาร ว่านมหาลาภ

Abstract

The study on the influence of PBZ on nutrients in blub during anthesis of *Eucrosia bicolor* was conducted at Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, during January 2017 - October 2017. The experimental design was a completely randomized design with 5 treatments, 10 replications per treatment, of PBZ concentrations at 0, 25, 50, 100 and 200 mg/l. The 200 ml of PBZ solution was applied as a

substrate drench per pot plant after the plants were 1 cm tall. Results showed that the plants obtained 200 mg/l of PBZ produced the minimum of inflorescence stalk and flower stalk of 41.35 and 3.49 cm, respectively. The bulbs of *Eucrosia bicolor* plants treated with PBZ at the concentration of 200 mg/l tended to produce higher K Ca and Mg contents at the first blooming flower phase, N and P contents at every flower blooming phase and K contents at the withered flower phase. While *Eucrosia bicolor* treated with 100 mg/l PBZ tended to produce higher K and Ca contents at the first blooming flower phase and Mg contents at the withered flower phase. While EB treated with 25 mg/l PBZ tended to produce higher N and P contents at the withered flower phase. The five concentrations of PBZ used in this study were not significantly affected *Eucrosia bicolor* growth on beginning date of flowering, flower amount per inflorescence, inflorescence diameter and flower length.

Keywords: Paclobutrazol, Nutrients Content , *Eucrosia bicolor* B. Reg

คำนำ

ว่านมหาลาภ หรือ *Eucrosia* อยู่ในตระกูล Amaryllidaceae เป็นไม้ดอกประเภทหัว มีทรงพุ่มและช่อดอกสวยงาม เป็นพืชล้มลุกมีอายุยืน ประเภทใบเลี้ยงเดี่ยว มีถิ่นกำเนิดประเทศเอกวาดอร์และเปรู ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน โดยแทงช่อดอกก่อนแทงใบ ว่านมหาลาภนิยมปลูกเป็นไม้กระถาง ใช้ประดับตามอาคารบ้านเรือน (ปรีดี เอกะวิภาค, 2526) เป็นไม้ดอกที่ มีสีแดงอมส้ม ก้านชูเกสรตัวผู้มีสีเหลืองอ่อน ก้านชูเกสรตัวเมียมีสีขาวยื่นยาวออกมาจากกลีบดอก ทำให้ช่อดอกสวยงาม อีกทั้งมีก้านช่อดอกที่ยาวถึง 60-100 เซนติเมตร (เรวดี วุฒิจานงค์, 2533)

พาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol; PBZ) ชื่อทางเคมีคือ (2RS, 3RS)-1-(4-Chlorphenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-lo (สมพร ณ นคร, 2545) จัดเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่สังเคราะห์ขึ้นมา ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของจิบเบอเรลลิน (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ขัดขวางกระบวนการ ออกซิเดชั่น ของสารสคูรีน ไม่ให้เปลี่ยนไปเป็นสารคูรีโนอิกแอซิด ที่เป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนเป็นจิบเบอเรลลินชนิดต่างๆ บริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอด ทำให้ระดับของจิบเบอเรลลินในพืชน้อยลง มีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ลดลง (Curry & Williams, 1983) และยังส่งผลให้ลำต้นและใบเล็กลง ข้อและปล้องสั้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) มีการศึกษาการใช้พาโคลบิวทราโซลกับไม้ดอกหลายชนิด เช่น การใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อต้น ทำให้ชวนชมปลูกในกระถางมีการเจริญเติบโตของลำต้นทรงพุ่มแน่น กะทัดรัด และมีขนาดดอกพอดี มีจำนวนดอกมากขึ้น (ใจศิลป์ ก้อนใจ, 2542) การใช้พาโคลบิวทราโซล ราดสารที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์-มิสไทยแลนด์ มีการเจริญเติบโตของใบและปล้องลดลงแต่ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ มีขนาดของใบและทรงพุ่มที่เหมาะสมกับขนาดของกระถาง (นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557) ในว่านแสงอาทิตย์ การใช้พาโคบิวทราโซลแช่หัวที่ระดับความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณโพแทสเซียมในหัวเพิ่มขึ้นในช่วงการออกดอก แต่ไม่มีผลต่อไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม (พัทยา ไทยภูเขา, 2557) เช่นเดียวกันกับการแช่หัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 10 นาที และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 10 นาทีก่อนปลูก มี

ปริมาณโพแทสเซียมในหัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ในระยะดอกบานมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง และปริมาณธาตุไนโตรเจนในหัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ในระยะดอกบานมีปริมาณลดลง อีกทั้งการแช่หัวลิลี่พันธุ์ Pirandello ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 10 นาที มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมในหัวลิลี่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในหัวลิลี่ลดลง (อันชลี ใจเกี๋ยง, 2558) ธาตุอาหารมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชหัว มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ และสารชีวเคมีหลายชนิดในพืชหัว อีกทั้งยังมีความสำคัญในการผลิตไม้ดอกประเภทไม้หัว ในการสะสมอาหาร อาหารที่สะสมประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งพืชหัวจะนำไปใช้ในระยะพักตัว ในการงอก และการเจริญเติบในฤดูถัดไป (โสระยา ร่วมรังษี, 2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 5 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ 10 (ซ้ำละ 1 หัว) กำหนดพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการศึกษา

คัดเลือกหัวพันธุ์ว่านมหาลาภที่ผ่านการพักตัวมาแล้ว ขนาดเส้นรอบวง 15-20 เซนติเมตร ปลูกลงในกระถาง 10 นิ้ว วัสดุปลูกประกอบด้วย ดินร่วน ขุยมะพร้าว แกลบดำ อัตราส่วน 1:1:1 หลังปลูกเมื่อช่อดอกแทงจากหัวยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จึงราดสารพาโคลบิวทราโซลบนวัสดุปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนดปริมาณ 200 มิลลิลิตรต่อต้น

การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูลด้านคุณภาพดอก วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวพันธุ์ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Colorimetry method (Novozamsky *et al*., 1974) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2544) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ตามวิธีของ Helkme & sparke, (1996) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ตามวิธีอง Walinga *et al*, (1989) โดยสุ่มวิเคราะห์ในระยะ ก่อนราดสาร ระยะดอกแรกบาน ระยะดอกสุดท้ายบาน และระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เมื่อพบความแตกต่างทางสถิติจึงเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Tes

ผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีระดับความเข้มข้น คือ 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการราดลงบนวัสดุปลูก เมื่อหัวพันธุ์แทงช่อดอกยาว 1 เซนติเมตร พบว่า ต้นที่ได้รับสารระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวก้านดอกและความยาวก้านช่อดอก น้อยที่สุดคือ 3.49 และ 41.35 เซนติเมตร

ตามลำดับ เมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับสารระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของสารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวดอก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.17-4.36 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางก้านช่อดอกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.81-7.32 เซนติเมตร และจำนวนดอกต่อช่อมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.60-8.80 ดอก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพช่อดอกของว่านมหาลาภหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คุณภาพช่อดอก				
	ความยาวดอก (เซนติเมตร)	ความยาวก้านดอก (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านช่อดอก (มิลลิเมตร)	ความยาวก้านช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนดอกต่อช่อ (ดอก)
0	4.30	4.34[a]	7.32	56.18[a]	8.80
25	4.27	4.09[ab]	7.10	50.13[b]	8.70
50	4.36	4.00[b]	6.88	48.74[b]	8.70
100	4.28	3.85[bc]	6.81	46.19[bc]	8.60
200	4.17	3.49[c]	6.92	41.35[c]	8.70
F-test	ns	**	ns	**	ns
C.V.(%)	3.27	12.22	6.45	11.83	8.09

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \leq 0.01$)

ระดับความเข้มข้นของสารที่ระดับ 0-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อ จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงดอกแรกบาน จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน และจำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยว โดยมีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 35.00-37.7 วัน 10.90-14.10 วัน และ 17.60-19.60 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนวันการบานของดอกของว่านมหาลาภหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซล

ความเข้มข้นของพาโคลบิวทราโซล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงดอกแรกบาน (วัน)	จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน (วัน)	จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยว (วัน)
0	35.90	12.30	18.90
25	35.00	10.90	19.30
50	35.50	12.10	17.60

100	37.70	12.40	17.90
200	36.10	14.10	19.60
F-test	ns	ns	ns
C.V.(%)	10.88	19.12	19.42

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากภาพที่ 1 แสดงปริมาณไนโตรเจนในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ระยะดอกบานทั้งหมดจนถึงดอกเหี่ยว ปริมาณไนโตรเจนในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในหัวมีปริมาณลดลงหลังจากดอกบาน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดอกเหี่ยวทั้งหมด

ภาพที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 2 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในหัวของวานมหาลาภ พบว่าระยะดอกบานจนถึงดอกเหี่ยวปริมาณฟอสฟอรัสในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นต้นที่ไม่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล พบว่าฟอสฟอรัสในหัวมีปริมาณลดลงหลังจากดอกแรกบาน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดอกบานทั้งหมด และลดลงอีกครั้งเมื่อดอกเหี่ยวทั้งหมด

ภาพที่ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 3 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะดอกบานทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดลดลงในทิศทางเดียวกัน และต้นที่ได้รับพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนต้นที่ได้รับพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลง

ภาพที่ 3 ปริมาณโพแทสเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 4 แสดงปริมาณแคลเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ระยะดอกแรกบานจนถึงดอกเหี่ยว ปริมาณแคลเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน

ภาพที่ 4 ปริมาณแคลเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 5 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ที่ระยะดอกแรกบานพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และที่ระยะดอกบานทั้งหมดการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้น ที่พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภลดลง ส่วนที่ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้น ที่พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภลดลง

ภาพที่ 5 ปริมาณแมกนีเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัว ระยะออกดอกของว่านมหาลาภ โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีระดับความเข้มข้น คือ 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการราดลงบนวัสดุปลูก พบว่า สารพาโคลบิวทราโซลทำให้การเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก และความยาวก้านดอกลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวดอก เส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก ระยะเวลาดอกแรกบาน ระยะเวลาดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน และระยะเวลาดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยวทั้งหมด เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซล มีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของจิบเบอเรลลิน (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) โดยเข้าไปขัดขวางหรือยับยั้งกระบวนการทำงานของเอนไซม์ และเร่งปฏิกิริยาให้สารเจอรานิล ไพโรฟอสเฟต ไปเป็นสารโคพาลิลไพโรฟอสเฟต ขัดขวางออกซิเดชั่นในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (block oxidation reaction) เข้าไปยับยั้งการออกซิเดชั่นสารคูรีนไปเป็นสารคูรีโนอิกแอซิด (kaurenoic acid) ในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (สมพร ณ นคร, 2545) มีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ลดลงทำให้ข้อและปล้องสั้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) ปริมาณธาตุอาหารในระยะการออกดอก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ระยะดอกแรกบาน ดอกสุดท้ายบาน และดอกเหี่ยวทั้งหมด ทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน การราดสารพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น สอดคล้องกับงานวิจัย การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชพาโคลบิวทราโซล และสาร CCC ([2 – chloroethyl] – trimethyl - ammonium chloride) 3 ระดับ คือ 0, 500 และ 1000 ppm ฉีดพ่น 3 ครั้ง เมื่อองุ่นอายุ 45, 60 และ 75 วันหลัง แตกตา ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนรวมในใบเพิ่มสูงขึ้น (สุรทิน ใจดี, 2553) ด้านปริมาณฟอสฟอรัส สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นสูงมีแนวโน้ม

ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งสามระยะลดลงมากกว่าที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลระดับต่ำ อาจเป็นเพราะในระยะดอกบานเป็นระยะที่พืชต้องการใช้พลังงานในการออกดอก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นสารส่วนประกอบสำคัญของสารที่ให้พลังงานสูง จึงอาจมีแนวโน้มทำให้ฟอสฟอรัสลดลง (วงจันทร์ วงศ์แก้ว, 2535) ด้านปริมาณ โพแทสเซียม สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทั้งสามระยะสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการออกดอกของพืช และมีบทบาทสำคัญในการปรับสมดุลของประจุภายในเซลล์และการเปิดปิดของปากใบ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) การใช้พาโคลบิวทราโซลทำให้พืชมีแนวโน้มสะสมปริมาณโพแทสเซียมในหัวเพิ่มขึ้น ด้านปริมาณแคลเซียมทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะดอกแรกบานถึงดอกบานทั้งหมด เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ยาก ดังนั้น แคลเซียมอยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปส่วนอื่น ส่งผลให้มีแนวโน้มสะสมแคลเซียมในหัวเพิ่มขึ้น และด้านปริมาณแมกนีเซียมที่ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มลดลงในระยะดอกแรกบานถึงดอกบานทั้งหมด หลังจากนั้นจึงเพิ่มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในคลอโรพลาสต์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) อีกทั้ง ช่วงระยะดอกแรกบาน และ ดอกบานทั้งหมด ยังไม่มีการพัฒนาทางรากและใบ จึงมีแนวโน้มการสะสมแมกนีเซียมลดลง ส่วนระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีการพัฒนาทางรากและใบจึงมีแนวโน้มสะสมปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวระยะออกดอกของว่านมหาลาภ พบว่า ว่านมหาลาภที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มขัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก และความยาวก้านดอกน้อยที่สุดคือ 3.49 และ 41.35 เซนติเมตร ตามลำดับ และทำให้ปริมาณ N K Ca และ Mg ในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ยกเว้นปริมาณ P ในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลง ส่วนสารพาโคลบิวทราโซลทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนวันดอกแรกบาน จำนวนดอกต่อช่อ ความยาวดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยการเอื้อเฟื้อข้อมูล และให้ความช่วยเหลือต่างๆ ของหลายท่าน ตั้งแต่เริ่มต้นงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ รุ่งนภา ช่างเจรจา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธนา เขาสุเมรุ ที่สละเวลาในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร และให้คำปรึกษาการวิเคราะห์ธาตุอาหารรวมไปถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับแนวทางในการวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ นิอร โฉมศรี ที่ให้คำแนะและแก้ไขข้อข้อบกพร่องต่างๆ ในการเขียนบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษในงานวิจัยนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สันติ ช่างเจรจา ที่ให้คำแนะนำ และ ให้คำปรึกษาในการนำเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

ใจศิลป์ ก้อนใจ. (2542). สารพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม. สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตร แม่เหียะ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. (2557). พาโคลบิวทราโซลต่อการเติบโตของทรงพุ่มและปริมาณคลอโรฟิลล์ของชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์, วารสารแก่นเกษตร 42 (1) : 39-46

ธนวดี พรหมจันทร์ กันยารัตน์ หรัถยา พรนภา รุ่งสว่าง อาริสา ทับทิม และพิมพ์ใจ มีตุ้ม. 2558. ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี. ว.พืชศาสตร์ สงขลานครินทร์ 3 (2) : 10-18

ปรีดี เอกะวิภาค. (2526). ว่านมหาลาภ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วารสารพืชสวน, 18(2):43-47

พิศิษฐ์ วรอุไร. (2534). เทคโนโลยีการผลิตหัวพันธุ์ไม้ดอกประเภทหัว. เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. กรุงเทพฯ: สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย.

พีรเดช ทองอำไพ. (2537). ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพฯ: วิชัยการพิมพ์.

ภาณุพล หงส์ภักดี. (2557). ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของดาวเรืองกระถาง. วารสารเกษตร 30(3): 281-289.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรวดี วุฒิจานงค์. (2533). การศึกษาการพัฒนาของดอกว่านมหาลาภ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัทยา ไทยภูเขา. (2557). ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกและปริมาณธาตุอาหารในว่านแสงอาทิตย์. ปัญหาพิเศษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วงจันทร์ วงศ์แก้ว. (2535). หลักสรีรวิทยาพืช. กรุงเทพฯ: พันนี่พับลิชชิ่ง.

สมพร ณ นคร. (2545). เอกสารคำสอน : วิชา สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. คณะวิชาพืชศาสตร์ วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรทิน ใจดี. (2553). ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่นรับประทานผลสดในเขตร้อนชื้น วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. .

ศรีสม สุวรรณวงศ์. (2544). การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสระยา ร่วมรังษี. (2558). สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อันชลี ใจเกี๋ยง. (2558). ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการผลิตลลิลลี่กระถาง. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Curry, E.A. and M.W, Williams. (1983). promailn and GA3 lncrease pedicel and fruit length and leaf size of 'Delicious' Apples Treated with Paclobutrazol. Hort. Sci.18 : 214-215.

Novozamsky, R., J. van Eck., Ch. van Shcouwenburg, and I. Wallinga. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Neth. J. Agric. Sci. (22), 3-5.

Helmke, P. A, Spark Dl. (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In: Spark DL (ed) Methods of soil analysis. SSSA, Inc. ASA. Madison, WI, pp: 551-573.

Walinga, I., W. van Vark, V.J.G. Houba and J.J. van der Lee. (1989). Plant analysis procedures. Part 7. Department of Soil Science and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University, Syllabus, pp: 197-200.

การประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบของส้มโอปูโกที่ปลูกในจังหวัดปัตตานี

Assessment of nutrient concentration in soil and leaves of Pukopummel grown in Pattani province

ไมตรี แก้วทับทิม(Maitree Kaewtubtim)*
ฝ่ายบริการวิชาการชุมชน สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
*Corresponding author. E-mail:maitree.k@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโก ดำเนินการ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ของเกษตรกรในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และสถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง มีนาคม 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเพื่อศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบของส้มโอในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย คือ 1) สวนส้มโอของจังหวัดปัตตานีที่มีการจัดการทั่วไป (T1) 2) สวนส้มโอจังหวัดปัตตานีที่มีการจัดการดี (T2) 3) สวนส้มโอของอำเภอปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช (T3) และ 4) ความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอ (T4) จากการศึกษาพบว่าดินและใบส้มโอปัตตานีมีความเข้มข้นของไนโตรเจนและแคลเซียมต่ำมาก โดยมีความเข้มข้นไนโตรเจนในดิน (T1= 64.8 มก./กก.) และ (T2=81.2 มก./กก.) ความเข้มข้นในใบ (T1=0.45 %) และ (T2=0.65 %) ตามลำดับและความเข้มข้นแคลเซียมในดิน (T1=723.7 มก./กก.) และ (T2=922.3 มก./กก.) ความเข้มข้นในใบ (T1=0.71 %) และ (T2=2.34 %) ตามลำดับ ต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าสวนส้มโอปัตตานีมีไนโตรเจนและแคลเซียมเป็นตัวจำกัดผลผลิต จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นธาตุดังกล่าวให้อยู่ในระดับเหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโก

คำสำคัญ: การประเมิน ความเข้มข้น ธาตุอาหาร ส้มโอ

Abstract

The assessment of nutrient concentration in soil and leaves of Puko pummelo was carried out at a pummelo orchard in Yarang District, Pattani Province and Pattani Community Service Station, Office of Extension and Continuing Education, Prince of Songkla University, Muang District, Pattani Province during November 2016 to March 2017. The objectives of the study were to examine the nutrient concentration of in soil and leaves of Puko pummelo in Yarang district, Pattani province. The study was conducted in completely randomized design (CRD). There were four treatments and three replications. The treatments comprised T1) Puko pummelo orchard was general practice management T2) Puko pummelo orchard was good practice management T3) Puko pummelo orchard was planted in Pak Panang district, Nakhon Si Thammarat province and T4) standard nutrient concentration for pummelo in soil and leaves. The result showed that

the soil and leaf in Pattani pummelo orchard at both sites lacks of nitrogen and calcium. T1 and T2 had low nitrogen content in soil as 64.8 and 81.2 mg/kg and leaf as 0.45 and 0.65 percent respectively. Moreover T1 and T2 also had low calcium content in soil as 723.7 mg/kg and 922.3 mg/kg and leaf content as 0.71 and 2.34 percent respectively. The values were significantly lower than the standard concentration. From the study, it was concluded that Pattani pummelo orchard had nitrogen and calcium as a limiting factor. It is necessary to increase the concentration of the element to raise the appropriate level for the increase quality product.

Keywords: assessment, concentration, nutrient, pummelo

บทนำ

ส้มโอปูโกมีถิ่นกำเนิดปลูกกันมานานในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี มีลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือ ผลทรงกลมขนาดใหญ่ มีจุก ผิวผลสีเขียวอมเหลือง ต่อมน้ำมันขนาดเล็กและอยู่ชิดกันมาก ผิวผลมีขนอ่อนขึ้นปกคลุมทั่วทั้งผล เมื่อสัมผัสคล้ายกำมะหยี่ เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดง ถุงน้ำหวานมีขนาดเล็กเรียงชิดกันแน่น เนื้อผลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และไม่มีรสขม (รูปที่ 1) การปลูกส้มโอปูโกส่วนใหญ่เป็นสวนขนาดเล็ก โดยปลูกปะปนกับส้มโอพันธุ์อื่น ๆ เช่น ทองดี โรตี และบานหยา หรือไม้ผลชนิดอื่น ๆ เช่น มังคุด ทุเรียน ลองกอง และเงาะ (Kaewtubtim *et al*., 2015) จากลักษณะการปลูกดังกล่าวทำให้ส้มโอไม่ได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาที่ดีเพียงพอ จึงให้ผลผลิตต่ำเพียง 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และคุณภาพผลผลิตไม่ดีคือ เนื้อผลสีชมพูอ่อน ของแข็งที่ละลายน้ำต่ำ และมีรสขมทำให้เกษตรกรขายได้เพียงผลละ 20-30 บาท (Kaewtubtim *et al*., 2016) ในเบื้องต้นคาดว่าปัญหาดังกล่าวน่าจะเกิดจากความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มโอคุณภาพ (Kaewtubtim, 2014; กรมวิชาการเกษตร, 2545; สมศักดิ์, 2551) Chen *et al*., (2007) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินที่ปลูกส้มทางตอนใต้ของจีน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์กับผลผลิตเพื่อจัดทำความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มคุณภาพ สำหรับประเทศไทย สมศักดิ์ (2552) ได้ศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มโอคุณภาพของอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้พบลักษณะเด่นของดินที่สำคัญในการผลิตพืชคือมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินสูงกว่ามาตรฐานเกือบทุกธาตุ ยกเว้นไนโตรเจน ในขณะที่สังกะสีแม้มีความเข้มข้นเหมาะสม แต่เนื่องจากดินดังกล่าวมีความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสสูงมาก ซึ่งสองธาตุดังกล่าวเป็นปฏิปักษ์ (antagonism) กับสังกะสี จึงทำให้ส้มโอขาดสังกะสีตามไปด้วย สำหรับความเข้มข้นธาตุอาหารในดินเพื่อการผลิตส้มโอของจังหวัดปัตตานี ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษามาก่อน จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบในพื้นที่ปลูกส้มโอปูโกว่ามีธาตุอาหารใดบ้างที่มีความเข้มข้นต่ำ จนเป็นสาเหตุให้ส้มโอให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอค (Law of the minimum) ที่สรุปได้ว่าผลผลิตของพืชจะถูกจำกัดโดยธาตุอาหารตัวใดตัวหนึ่ง ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นที่พืชต้องการ แม้จะเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น ๆ ให้มากเท่าไรก็ตาม ผลผลิตของพืชจะไม่เพิ่มขึ้น หากไม่ได้เพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตมากที่สุดก่อน

รูปที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์ส้มโอปูโก ลำต้น ใบ (ก) ดอก (ข) ผล (ค) และเนื้อผล (ง)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโกที่ปลูกในจังหวัดปัตตานี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับความเข้มข้นธาตุอาหารมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ และความเข้มข้นธาตุอาหารส้มโอที่ปลูกในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโกปัตตานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโก ดำเนินการ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ของเกษตรกรในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และสถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ประกอบด้วย T1) สวนส้มโอปัตตานีที่มีการจัดการทั่วไป T2) สวนส้มโอปัตตานีที่มีการจัดการดี T3) สวนส้มโอนครศรีธรรมราช และ T4) ความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ

1. การเก็บตัวอย่างดินในหน่วยทดลองต่าง ๆ ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร จำนวน 3 จุดในบริเวณรอบ ๆ ทรงพุ่มของส้มโอ นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ตำและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และเก็บตัวอย่างใบ ในตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 ของช่อใบ อายุ 3-5 เดือนในกิ่งที่ไม่มีผล นำใบไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ก่อนทำการบดละเอียดเพื่อส่งตัวอย่างวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์ดิน ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ ไนโตรเจน ใช้ Kjeldahl method (AOAC, 2000) ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน ใช้ Spectrophotometric method (สมศักดิ์, 2551) โซเดียม และโพแทสเซียมใช้ Flame photometer (สมศักดิ์, 2552) ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ใช้วิธีการ atomic absorption spectrophotometer (Jones, 2001)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ ANOVA และใช้ DMRTเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

จากการประเมินความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารในดินพบว่าสวนส้มโอปูโกปัตตานี ทั้งสวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดีประสบปัญหาขาดธาตุอาหารหลัก 2 ธาตุ คือ ไนโตรเจน และแคลเซียม ซึ่งเป็นสาเหตุ

สำคัญที่ทำให้ส้มโอให้ผลผลิตต่ำ และคุณภาพผลผลิตไม่ดี โดยสวนที่มีการจัดการทั่วไป (T1) มีความเข้มข้นไนโตรเจนเพียง 64.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสวนที่มีการจัดการดี (T2) มีความเข้มข้น 81.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ (180 mg/kg) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (328.4 mg/kg) เช่นเดียวกับความเข้มข้นแคลเซียมในสวนที่มีการจัดการทั่วไปให้ค่าเพียง 723.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในสวนที่มีการจัดการดีมีความเข้มข้น 922.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพเท่ากับ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (table 1) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแคลเซียมในสวนส้มโอปัตตานียังให้ค่าที่สูงกว่าสวนส้มโอนครศรีธรรมราช ที่มีการขาดรุนแรงกว่า เนื่องจากมีความเข้มข้นของแคลเซียมในดินเพียง 360.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นไนโตรเจนในดินสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ความเข้มข้นในใบส้มโอที่พบว่า สวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดี มีความเข้มข้นไนโตรเจนเพียง 0.45 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานในใบ (2.63 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (3.47 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับความเข้มข้นแคลเซียมในใบของสวนที่มีการจัดการทั่วไป (0.71 %) สวนส้มโอจัดการดี (2.94 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (2.34 %) ซึ่งทั้งสวนส้มโอปัตตานีและนครศรีธรรมราช ล้วนขาดแคลเซียมเนื่องจากให้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานความเข้มข้นในใบ (4.13 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (table 3) ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ พบว่าแมกนีเซียมจะเป็นธาตุต่อไปที่ส้มโอปูโกปัตตานีขาด เนื่องจากในดินของสวนที่มีการจัดการทั่วไปมีความเข้มข้นเพียง 124.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสวนที่จัดการดีมีความเข้มข้น 157.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ (180 mg/kg) ในขณะที่สวนส้มโอนครศรีธรรมราชที่มีความเข้มข้นสูงมาก 392.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดินให้ค่าที่สอดคล้องกับความเข้มข้นในใบที่พบว่าสวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดี มีความเข้มข้นแมกนีเซียมเพียง 0.17 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานความเข้มข้นในใบ (0.42 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราชที่มีความเข้มข้น 0.73 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนธาตุอาหารอื่น ๆ พบว่ามีความเข้มข้นในดินและใบระดับเหมาะสม จนถึงขาดแคลนเล็กน้อย เช่น ฟอสฟอรัส (18.3-25.7 mg/kg และ 0.14-0.20 %) โพแทสเซียม (89.6-160.4 mg/kg และ 0.79-0.95 %) กำมะถัน (10.9-12.1 mg/kg และ 0.28-0.30 %) ทองแดง (1.1-1.3 และ 2.5-4.5 mg/kg) เหล็ก (36.1-89.9 และ 62.1-89.9 mg/kg) แมงกานีส (12.6-37.4 และ 15.6-20.4 mg/kg) และสังกะสี (1.4-2.6 และ 20.7-25.3 mg/kg) (table 1-4) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบ (table 5)

Table 1 Macro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in soil (T4)

treatment	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
T1	64.8±4.2^{c}	18.3±2.6^{b}	89.6±6.4^{b}	723.7±8.5^{b}	124.2±7.4^{b}	10.9±2.4^{b}
T2	81.2±3.6^{c}	25.7±3.4^{b}	160.4±4.3^{b}	922.3±12.7^{b}	157.8±6.4^{a}	12.1±1.8^{b}
T3	328.4±9.7^{a}	120.7±6.7^{a}	1,562.6±9.1^{a}	360.8±6.2^{c}	392.4±11.2^{a}	40.5±6.7^{a}
T4	180.0±0.0^{b}	20.0±0.0^{b}	125.0±0.0^{b}	1,500.0±0.0^{a}	180.0±0.0^{b}	10.0±0.0^{b}
CV.	21.7	13.6	13.8	21.6	12.8	9.1

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 2 Micro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in soil (T4)

treatment	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
T1	64.8±4.2^{c}	18.3±4.6^{b}	89.6±6.4^{b}	723.7±8.5^{b}
T2	81.2±3.6^{c}	25.7±3.4^{b}	160.4±4.3^{b}	922.3±12.7^{b}
T3	328.4±9.7^{a}	120.7±6.7^{a}	1,562.6±9.1^{a}	360.8±6.2^{c}
T4	180.0±2.0^{b}	20.0±0.0^{b}	125.0±2.0^{b}	1,500.0±0.0^{a}
CV.	15.2	14.7	11.3	21.5

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 3 Macro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in leaves (T4)

treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
T1	0.45±0.0^{c}	0.14±0.0^{b}	0.79±0.1^{b}	0.71±0.0^{c}	0.17±0.0^{c}	0.30±0.0^{b}
T2	0.65±0.1^{c}	0.20±0.0^{b}	0.95±0.3^{b}	2.94±0.1^{b}	0.14±0.0^{c}	0.28±0.0^{b}
T3	3.47±0.3^{a}	0.14±0.0^{a}	1.86±0.1^{a}	2.34±0.2^{b}	0.73±0.1^{a}	1.10±0.1^{a}
T4	2.63±0.0^{b}	0.15±0.0^{b}	1.18±0.0^{b}	4.13±0.0^{a}	0.42±0.0^{b}	0.28±0.0^{b}
CV.	8.4	9.4	4.2	9.7	12.5	6.2

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 4 Micro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in leaves (T4)

treatment	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
T1	2.5±0.0^{b}	89.9±5.7^{b}	20.4±3.6^{a}	20.7±0.6^{b}
T2	4.5±0.2^{a}	62.1±4.8^{c}	15.6±2.4^{b}	25.3±1.3^{b}
T3	5.1±0.3^{a}	120.4±9.2^{a}	17.8±3.1^{b}	51.5±4.3^{a}
T4	5.0±0.0^{a}	60.0±5.7^{c}	10.0±0.0^{c}	20.0±2.5^{b}
CV.	4.6	17.5	9.6	8.9

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 5 Standard nutrients concentration for pummelo in soil and leaves

nutrients	nutrients concentration	
	soil (mg/kg)	leaves (%), (mg/kg)
nitrogen	110-250	2.5-3.0
Phosphorus	15-25	0.15-0.20
Potassium	100-150	1.5-2.0
Calcium	1,000-2,000	3.0-4.0
Magnesium	120-240	0.3-0.5
Sulfur	10	0.20-0.39
copper	1.1-3.0	≥5
iron	11-16	40-80
manganese	9-12	5-15
zinc	0.9-1.2	≥20

สรุปและอภิปรายผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งในดินและใบส้มโอของจังหวัดปัตตานีต่ำกว่าความเข้มข้นตามมาตรฐาน และสวนส้มโอจังหวัดนครศรีธรรมราช น่าจะมีสาเหตุมาจากเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอในจังหวัดปัตตานีมีการใส่ปุ๋ยค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีการใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในอัตราสูง โดยต้นส้มโออายุ 5 ปี จะได้รับปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ เช่น 46-0-0, 15-15-15, 13-13-21 และ 0-0-50 รวมกันประมาณ 10 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และปุ๋ยคอกอีก 30 กิโลกรัมต่อต้น ในขณะที่ต้นส้มโอปัตตานีอายุ 5 ปี จะมีการให้ปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ เพียง 3-5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และมีการให้ปุ๋ยคอกอีกเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ความเข้มข้นทั้งในดินและใบส้มโอปัตตานีต่ำกว่าส้มโอนครศรีธรรมราช ค่อนข้างมาก ความเข้มข้นของไนโตรเจนในดิน โดยปกติมักไม่นิยมวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายและสูญเสียได้ง่าย (ยงยุทธ, 2544; Zekri and Obreza, 2006) ทำให้ผลการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงได้ทุกช่วงระยะการเจริญเติบโตของใบ แต่จากการสังเกตในช่วงการเก็บตัวอย่างพบว่าผลการวิเคราะห์ดิน สามารถสะท้อนการเจริญเติบโตทางลำต้นใบได้เป็นอย่างดี ในแหล่งปลูกที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินสูงจะมีการแตกยอดอ่อนมาก และให้ใบที่มีขนาดใหญ่ สีเขียวเข้มเป็นมัน ในขณะที่ในแหล่งปลูกที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำ จะมีการแตกยอดอ่อนค่อนข้างน้อย และใบมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ เอ็นไซม์ ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน ไซโทไคนิน กรดนิวคลีอิก สารประกอบไนโตรเจน และ โคเอนไซม์ (co-enzyme) (ยงยุทธ, 2543; Hewitt, 1984; Warren *et al*., 2000; Zekri and Obreza, 2006) ที่ล้วนส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรในจังหวัดปัตตานีใส่ปุ๋ยน้อย เนื่องจากผลส้มโอราคาต่ำ ทำให้เกษตรกรให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยมากกว่าการพัฒนาคุณภาพเพื่อยกระดับราคา ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมที่พบว่าความเข้มข้นในสวนส้มโอปัตตานีสูงกว่าสวนส้มโอนครศรีธรรมราช ทั้งที่เกษตรกรมีการใส่ปูนขาวและโดโลไมท์น้อยกว่า น่าจะมีสาเหตุมาจากพื้นที่ปลูกส้มโอของอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม

(1,562.6 mg/kg) แมกนีเซียม (392.4 mg/kg) และโซเดียม (172 mg/kg) สูงมาก ซึ่งสามธาตุดังกล่าวจะเป็นปฏิปักษ์ กับแคลเซียม ประกอบกับดินในแปลงปลูกมีความเป็นกรดสูง ซึ่งสังเกตได้จากการที่ดินมีเหล็กสูงมาก (1,542.6 mg/kg) ยิ่งทำให้ดินขาดแคลเซียมมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกส้มโอปัตตานีมีความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวเหมาะสมจึงไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมสำหรับธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นในดินต่ำ และจะขาดในใบในอนาคตคือ แมกนีเซียม ซึ่งหากไม่ดำเนินการป้องกันแก้ไข น่าจะมีสาเหตุมาจากพื้นที่ปลูกส้มโอในปัจจุบันค่อนข้างห่างไกลชายทะเล และไม่มีน้ำกร่อยขึ้นถึง จึงทำให้ดินมีความเข้มข้นแมกนีเซียมต่ำ

จากการศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปัตตานี สามารถนำมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอค ซึ่งจากการศึกษาพบว่าขาดไนโตรเจนมากที่สุด รองลงไปคือแคลเซียม และแมกนีเซียมตามลำดับ ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การให้ธาตุอาหารที่ส้มโอขาดมากที่สุดในอัตราความเข้มข้นสูงและให้ธาตุอาหารที่ส้มโอขาดน้อยในอัตราต่ำเรียงลงมาตามลำดับเพื่อยกระดับความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบควบคู่กับการให้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเจริญเติบโตทางลำต้นใบ และให้ผลผลิต (รวี, 2544) นอกจากนั้นจะต้องมีการชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตในระดับที่เหมาะสมด้วย (Chapman, 1968) วิธีการดังกล่าวข้างต้นน่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการธาตุอาหารเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโก

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบ หากเป็นไปได้ควรทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมาก เพราะนอกจากนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบสมดุลธาตุอาหารเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพด้วยวิธีดรีส (diagnosis and recommendation integrated system, DRIS) (Mourao Filho, 2004) ซึ่งจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการช่วยรักษาสมดุลธาตุอาหาร และลดค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยเคมีของเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 และ คลินิกเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2545). *เกษตรกรดีที่เหมาะสำหรับส้มโอ*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2543). *ธาตุอาหารพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2544). ดิน ธาตุอาหารและการให้ปุ๋ยส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรมวิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวี เสรฐภักดี. (2544). สรีรวิทยาและอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรมวิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2551). *คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2552). การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. ใน *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC, (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International :Secs. 993.13* (17 th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Chapman, H. D. (1968). The mineral nutrition of citrus, In (Reuther, W., Batchelor, L. D., & Webber, H. J. Ed), *The Citrus Industry*, Revised Edition of Division of Agricultural Science, Berkeley, University of California.

Chen, F., Lu. J. & Liu. D. (2007). Investigation of soil fertility in citrus orchards of southern China. *Better Crops with Plant Food*, 91, 24-25.

Jones, J. B. (2001). *Laboratary Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press: Washington.

Hewitt, E. J. (1984). The essential and functional mineral element. In *Diagnosis of Mineral disorder in plant*. Chemical: New York.

Kaewtubtim, M. (2014). Effects of Fruit Maturity, Tree Age, Nitrogen and Zinc on Fruit Quality of Pummelo cv. Tubtim Sayam. Doctoral dissertation. Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Kaewtubtim, M., Isssrakraisila, M. & Maneepong, S. (2015). Effects of zinc on fruit quality of pummelo cv. Tubtim Sayam. In. *The 5 th International Academic Conference of Phetchaburi Rajabhat University to Sustainable, Research and Innovation for sustainable Development in Asia and the Pacific*. Phetchaburi: Phetchaburi Rajabhat University.

Kaewtubtim, M., Issarakrisila, M. & Maneepong, S. (2016). Effect of nitrogen on fruit quality of pummelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) cv. Tubtim Sayam. *KKU Science Journal*, 44, 518-529.

Mourao Filho, F.A.A. (2004). DRIS: Concept and application on nutritional diagnosis in crops. Retrieved from http://www.scielobr/pdf/sa/v61n5/21457.pdf

Warren, C. R., Adam, M. A., & Chen, Z. (2000). Is photosynthesis related to concentrations of nitrogen and rubisco in leaves of Australian native plant. *Australia Journal Plant Physiology*, 27, 407-416.

Zekri, M. & Obreza, T.A. (2006). Plant nutrients for citrus tree. Retrieved from http://edisifas.ufl.edu/ss419.

ผลการใช้สารทดแทนไขมัน และ สารทดแทนน้ำตาล ต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

Effects of Fat Replacer and Sugar Replacer on Physical, Chemical and Sensory Characteristics of Fat Free and Sugar Free Ice Cream

กัญญาภัคร์ ปิดตังถาเน(Khanyapak Pidtungtane)[1*] ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ(Khanyapak Pidtungtane)[2]

[1,2] สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding author. E-mail: tasaneelim50@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินและสารทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลและอินูลิน พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันและการใช้สารทดแทนน้ำตาลมีผลทำให้ไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ได้ มีค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมหลังปั่นสูง และมีค่าความแน่นแข็งน้อยกว่าไอศกรีมสูตรพื้นฐาน และเมื่อใช้เวย์โปรตีนกับมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 25:75 50:50 และ 75:25 ทดแทนวิปปิ้งครีมทั้งหมดในไอศกรีมพบว่าตัวอย่างไอศกรีมมีค่าความหนืด การขึ้นฟูเพิ่มขึ้นตามปริมาณเวย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในการทดแทนไขมันพบว่ามีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าสูตรพื้นฐานแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อนำไอศกรีมปราศจากไขมันมาทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลร้อยละ 100 มีค่าคะแนนความชอบต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าการขึ้นฟูไม่แตกต่างกันโดยมีความหนืดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าความแน่นแข็งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติ การทดแทนไขมันทั้งหมดทำให้มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักไอศกรีมตามมาตรฐานของไอศกรีมปราศจากไขมันส่วนการใช้มอลทิทอลและมอลโทเดกซ์ตรินเป็นส่วนผสมมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไอศกรีม สารทดแทนไขมัน มอลทิทอล

ABSTRACT

The objective of this study was to produce a fat free and sugar-free ice cream using combinations of maltitol and whey protein with maltodextrin. For sugar-free ice cream, a 100g of sugar prepared using different proportions of maltitol and inulin (50:50, 75:25 and 100:0 respectively) the results showed that pH was not significantly different among these combinations. However, the viscosity the result shoed that using sugar replacer with different proportion of maltitol and inulin (50:50, 75:25, 100:0) did not affect pH of the ice cream mix but the Fat-free ice cream with fat replacer (whey protein: maltodextrin = 25:75, 50:50, 75:25) showed that the viscosity and percentage of overrun were increased the experiment found that using fat replacers in portion of 50:50 got acceptance score lower than control. Applying maltitol

in fat free ice cream 100% replacement the research showed ice cream got acceptance score lower significantly ,overrun was not different but the viscosity were higher (P < 0.05).Fat replacer as whipping cream replacement can reduced fat content lower than 0.5% which comply to fat free standard ice cream moreover using maltitol and maltodextrin can increased carbohydrate content.

Key word: ice cream, fat substitution, maltitol

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญต่อการรักษาสุขภาพมากขึ้นทั้งในการส่งเสริมความแข็งแรงของร่างกาย และการลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคภัยต่างๆความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น จากการเติบโตของตลาดอาหารสุขภาพทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานต่ำได้รับความนิยมมากขึ้นในกลุ่มผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ไอศกรีมนมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่หลากหลายกลุ่มทั้งในกลุ่มเพศชาย เพศหญิง และในวัยต่างๆ ทำให้ตลาดผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีมูลค่าสูงในเชิงเศรษฐกิจ ไอศกรีมนมยังมีส่วนผสมของนมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งเป็นแหล่งสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีกลิ่นรสมันที่เข้มข้นจูงใจผู้บริโภค การพัฒนาไอศกรีมจึงเป็นอีกแนวทางของการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมเพื่อเพิ่มมูลค่าที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาด แต่อย่างไรก็ตามไอศกรีมนมก็ยังคงเป็นอาหารที่ให้พลังงานและคอเลสเทอรอลสูง เนื่องจากมีส่วนผสมหลักที่มาจากผลิตภัณฑ์นมและน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารที่ให้ ไขมันและให้พลังงานสูงที่มีบทบาทต่อการเพิ่มระดับไขมันและระดับของน้ำตาลในเลือด จึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค แต่การลดไขมันและน้ำตาลลงในไอศกรีมจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมในด้านรสชาติกลิ่น เนื้อสัมผัส รวมทั้ง ลักษณะปรากฏ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (เนาวรัตน์, 2548) ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมปราศจากไขมันปราศและน้ำตาลยังไม่มีในท้องตลาดของไทยส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของไอศกรีมนมปราศจากไขมันและน้ำตาลด้วยการใช้สารทดแทนไขมันและและสารทดแทนความหวานเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการใช้มอลทิทอลและอินูลินในการทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมนม
2. ศึกษาผลของการใช้มอลโทเดกซ์ตรินและเวย์โปรตีนทดแทนไขมันในไอศกรีมนม
3. ศึกษาผลของการใช้เวย์โปรตีน มอลโทเดกซ์ตรินและมอลทิทอล ในการพัฒนาไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล
4. ศึกษาคุณค่าโภชนาการในไอศกรีม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมมีดังนี้ เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องปั่นไอศกรีม เทอร์โมมิเตอร์ ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง เครื่องครัวต่างๆ และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมในสูตรไอศกรีมที่คัดเลือกมา 3 สูตร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรไอศกรีมพื้นฐาน

ส่วนผสม	ส่วนผสมของไอศกรีม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วิปปิ้งครีม	338	338	338
หางนมผง	100	90	110
น้ำตาลทราย	100	110	90
เกลือ	2	2	2
สารให้ความคงตัว	3	3	3
น้ำ	457	457	457
รวม	1000	1000	1000

ที่มา: สูตรที่ 1 (Marshall *et al*., 2003) สูตรที่ 2 (พรหล้า, 2555) สูตรที่ 3 (พรหล้า, 2551)

ตารางที่ 2 รายการวัตถุดิบและสูตรไอศกรีมปราศจากน้ำตาลและปราศจากไขมัน

วัตถุดิบ	สูตรพื้นฐาน	สูตรไอศกรีมปราศจากน้ำตาล			สูตรไอศกรีมปราศจากไขมัน		
		M50%	M75%	M100%	25/75	50/50	75/25
มอลทิทอล /อินูลิน	-	50/50	25/75	100/0	-	-	-
เวย์/มอลโทเดกซ์ตริน	-	-	-	-	84.5/253.5	169/169	253.5/84.5
วิปปิ้งครีม	338	338	338	338	-	-	-
น้ำตาลทราย	100	-	-	-	100	100	100
หางนมผง	100	100	100	100	100	100	100
เกลือ	2	2	2	2	2	2	2
สารให้ความคงตัว	3	3	3	3	3	3	3
น้ำสะอาด	457	457	457	457	457	457	457

2. วิธีการ

2.1 การผลิตไอศกรีม

เริ่มต้นจากการคำนวณวัตถุดิบตามวิธีของ Marshall et al. (2003) แล้วผสมวัตถุดิบที่เป็นของผงเข้าด้วยกัน สำหรับวัตถุดิบที่เป็นของเหลวอุ่นให้ได้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จึงค่อย ๆ เติมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งลงไป คนจนละลายเข้ากันดี เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (สมจิตร, 2550) แล้วพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 วินาที ลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว บ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แต่ง

กลิ่นวานิลลาก่อนนำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงภาชนะพลาสติกแล้วนำไปแช่เยือกแข็งที อุณหภูมิประมาณ -25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไอศกรีมที่ได้ไปตรวจสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ

2.2 การทดสอบการใช้สารทดแทนน้ำตาล

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาผลิตไอศกรีมปราศจากน้ำตาลจากการใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอล ที่มีรสหวานธรรมชาติและไม่ให้ความรู้สึกเย็นซ่า มีระดับความหวานอยู่ในช่วง 80 - 90 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส เนื่องจากให้รสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล จึงใช้เป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาล (Bordi et al., 2004) มาทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด (100%) โดยใช้ส่วนผสมของมอลทิทอล และ อินูลิน ในอัตราส่วนร้อยละ 50:50 75:25 100:0 (โดยน้ำหนัก) โดยอินูลินมีรายงานว่าช่วยปรับปรุงค่าการขึ้นฟู การละลาย ของไอศกรีมได้ดี (M.B. Akın et al., 2007) แล้วคัดเลือกส่วนผสมของสารทดแทนน้ำตาลที่ดี แล้วนำสูตรมาทดสองต่อไป

2.3 การทดสอบการใช้สารทดแทนไขมัน

การทดลองใช้สารทดแทนไขมันทั้งหมดด้วยส่วนผสมของเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน ในสัดส่วนร้อยละ 25:75, 50:50, 75:25 ของไขมันจากสูตรพื้นฐานแล้วคัดเลือกส่วนผสมที่ดีที่สุดมาทำการทดลองต่อไป

2.4 การพัฒนาไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

นำสัดส่วนของไอศกรีมปราศจากไขมันโดยใช้เวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 2.3 และใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอลจากข้อ 2.2 มาทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด โดยทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 75,100 (โดยน้ำหนัก) จากนั้นเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสกับไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

2.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ

2.5.1 ระดับ pH (ดัดแปลงจาก Garcia *et al.*, 1995)

วัดระดับ pH ของไอศกรีมเหลวหรือไอศกรีมมิกซ์ (Ice cream mixed) ซึ่งคือส่วนผสมของไอศกรีมหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยเครื่อง pH meter โดยที่อุณหภูมิไอศกรีมเหลวขณะวัดอยู่ที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส

2.5.1 การวิเคราะห์ความหนืด (ดัดแปลงจากวิธีของ พัชรินทร์, 2542)

วัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดค่าความหนืด การวัดไอศกรีมเหลวใช้หัวหมุนเบอร์ 21 ที่ระดับความเร็วรอบของการหมุน 50 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังมอเตอร์หมุนผ่านไป 30 วินาที ควบคุมอุณหภูมิขณะวัดที่ระดับ 4 ± 0.5 องศาเซลเซียส

2.5.2 การวิเคราะห์การขึ้นฟู (ดัดแปลงจาก Marshall *at el.*, 2003)

ชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติกที่มีปริมาตรแน่นอน บนเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งและบันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลวหลังปั่นเป็นไอศกรีมแล้วโดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุลงในถ้วยใบเดิม บันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ได้

2.5.3 การวิเคราะห์ความแน่นแข็ง (ดัดแปลงจาก Guinard *et al* ., 1996)

นำไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็ง ณ อุณหภูมิ -25 ± 1 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง วัดความแน่นแข็งด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยวัดค่าแรงกดที่กระทำต่อไอศกรีมด้วยระยะทางคงที่ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วยหัวกดรูปทรงกรวย (probe เบอร์ P/30C) วัดแรงในรูปแบบของการกดอัดเซลล์รับน้ำหนักได้ 20 กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ และหลังทดสอบอยู่ที่ 2.0 1.0 และ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะทางที่หัวกดลงไปลึก 15 มิลลิเมตร

2.5.4 การละลาย (ดัดแปลงจาก Guinard *et al* ., 1996)

นำไอศกรีมที่ที่ผ่านการแช่แข็ง ณ อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักแล้ววางบนตะแกรงลวดขนาด 272 ช่องต่อตารางนิ้วจับเวลาการละลาย โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายลงสู่ภาชนะรองรับที่มีน้ำหนักที่แน่นอน ณ นาทีที่ 10 20 30 และ 40 นาที แล้วคำนวณการละลายต่อน้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น 100 กรัม

2.5.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC, 2000 วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC,2000 และวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีนใช้วิธีเจลห์ดาล คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีของ AOAC,2000

2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale ให้คะแนนตั้งแต่ 1 - 9 (9 = ชอบมากที่สุด ถึง 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาโท คหกรรมศาสตร์ที่เคยผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส จำนวน 20 คน คุณภาพที่ตรวจสอบ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความหวาน และความชอบรวม

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดคุณภาพตามวิธี Bonferroni วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

จากการทดสอบด้านทางประสาทสัมผัสของสูตรไอศกรีมนมที่คัดเลือกมา 3 สูตร ด้วยวิธี Hedonic scale ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้าน กลิ่นนม ความเรียบเนียน ความมัน สี ความหวาน และความชอบรวม เมื่อพิจารณาระดับคะแนนพบว่าสูตรที่ 1และ 3 ได้รับคะแนนความความชอบรวมสูงกว่าสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรอื่นในด้านกลิ่นนม ความมัน ความหวาน จึงเลือกไอศกรีมสูตร 1 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการวิจัย

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในไอศกรีม 3 สูตร

คุณภาพของไอศกรีม	สูตรทำไอศกรีม		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี ^{ns}	7.40 ± 0.75	7.55 ± 0.75	7.25 ± 0.85
ความมัน ^{ns}	6.68 ± 0.92	6.15 ± 1.42	6.60 ± 0.82
กลิ่นนม ^{ns}	6.55 ± 1.46	6.20 ± 1.28	6.15 ± 1.26
ความหวาน ^{ns}	6.80 ± 1.32	6.55 ±1.84	6.40 ± 1.50
ความเรียบเนียน ^{ns}	6.85 ± 0.93	6.65 ± 0.93	7.00 ± 0.72
ความชอบรวม ^{ns}	7.30 ± 0.69	6.85 ± 1.30	7.30 ± 1.01

ที่มา: สูตรที่ 1 (Marshall et al., 2003) สูตรที่ 2 (พรหล้า, 2555) สูตรที่ 3 (พรหล้า, 2551)

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

2. การศึกษาสารทดแทนน้ำตาลด้วยการใช้ส่วนผสมของมอลทิทอลและอินูลิน

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาทดลองใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอล ที่มีรสหวานธรรมชาติและไม่ให้ความรู้สึกเย็นซ่า มีระดับความหวานอยู่ในช่วง 80 - 90 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส เนื่องจากให้รสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล จึงใช้เป็นสารให้ความหวานที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาล (Bordi et al., 2004) ส่วนอินูลินมีรายงานว่า สามารถช่วยปรับปรุงค่าความหนืด การขึ้นฟู การละลาย ของไอศกรีมได้ดี (M.B. Akın et al., 2007)จึงเลือกนำมาใช้ในสัดส่วนร้อยละ 50:50 75:25 100:0 (โดยน้ำหนัก)ในการทดแทนน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาสมบัติเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมปราศจากน้ำตาล (Mean ± S.D)		
	ระดับ pH	การขึ้นฟู(%)	ความแน่นแข็ง (g)
สูตรพื้นฐาน	6.49^{ns} ± 0.04	13.26^{a} ± 6.20	2436.24^{ns} ± 277.46
ทดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยมอลทิทอล:อินูลิน			
50:50	6.50^{ns} ± 0.01	27.97^{b} ± 3.26	2152.57^{ns} ± 769.10
75:25	6.49^{ns} ± 0.02	26.94^{b} ± 4.65	2063.90^{ns} ± 717.78
100:0	6.50^{ns} ± 0.03	36.8 7^{c} ± 2.71	1785.53^{ns} ± 391.03

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$) ในแนวตั้ง

สัญลักษณ์ ns (non-significant)หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

การทดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยมอลทิทอลและอินูลินพบว่าไม่พบความแตกต่างของระดับ pH ของไอศกรีมเหลว แต่มีผลทำให้การขึ้นฟูเพิ่มสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลทำให้ความแน่นแข็งลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้สารทดแทนน้ำตาลทั้งสองยังมีคุณสมบัติในการเพิ่มเนื้อให้กับไอศกรีมเมื่อผ่านการปั่นไอศกรีมจึงมีการขึ้นฟูที่ดีกว่าตัวอย่างสูตรพื้นฐานซึ่งสามารถขึ้นฟูได้ถึงร้อยละ 36.87 ± 2.71 จากปริมาตรเริ่มต้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแข็งของตัวอย่างไอศกรีมปราศจากน้ำตาลจากการวิเคราะห์ถึงแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างพบว่ายิ่งตัวอย่างมีค่าร้อยละการขึ้นฟูที่สูงก็จะใช้แรงในการกดน้อยเนื่องจากมีช่องว่างของเม็ดอากาศที่มากกว่าจากการปั่น

ตารางที่ 5 การละลายของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลินในสัดส่วนต่างกัน

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลาย ณ ช่วงเวลาต่างกัน (นาที)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
สูตรพื้นฐาน	4.97 ^{b} ± 3.05	29.04 ^{b} ± 3.53	57.45 ^{b} ± 4.39	72.11 ^{b} ± 3.69	0.3 6 ^{b} ± 0.13
มอลทิทอล:อินูลิน					
50:50	12.59 ^{a} ± 6.87	40.17 ^{a} ± 3.52	72.80 ^{a} ± 6.02	94.25 ^{a} ± 11.57	0.48 ^{a} ± 1.79
75:25	9.93 ^{a} ± 2.39	40.40 ^{a} ± 2.23	71.43 ^{a} ± 15.27	89.71 ^{a} ± 2.08	0.46 ^{a} ± 1.41
100:0	9.01 ^{a} ± 2.09	25.00 ^{b} ± 3.20	58.16 ^{b} ± 6.46	72.38 ^{b} ± 8.56	0. 37 ^{b} ±0.06

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$) ในแนวตั้ง

การละลายของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลิน พบว่าการใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลินที่ระดับ 50:50 และ 75:25 มีอัตราการละลายสูงกว่าการใช้มอลทิทอลอย่างเดียวและสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การทดแทนด้วยมอลทิทอลพบว่า มีอัตราการละลายใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐานอาจเนื่องจากมอลทิทอลมีสมบัติจับกับน้ำใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลเทียบกับสูตรพื้นฐาน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
		ไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ทดแทนด้วยอัตราส่วนของมอลทิทอล:อินนูลิน (Mean ± S.D)		
	สูตรพื้นฐาน	50:50	75:25	100:0
สี	6.75 ^{ns} ±1.40	6.70 ± 1.45	6.6 0 ±1.35	6.75 ± 1.48
ความมัน	7.00 ^{ns} ± 1.45	6.55 ± 1.23	6.55 ± 1.19	7.25 ± 1.48
กลิ่นนม	6.4 5 ^{a} ± 1.14	5.35 ^{b} ± 0.58	6.70 ^{a} ± 1.45	6.85 ^{a} ± 1.53

ความหวาน	6.80 ^{a} ± 1.98	4.90 ^{b} ± 1.11	6.5 ^{a} 0 ± 1.53	6.95 ^{a} ± 1.35
ความเรียบเนียน	5.45 ^{a} ± 0.88	5.60 ^{a} ± 0.82	6.50 ^{b} ± 1.43	6.70 ^{b} ± 1.30
ความชอบรวม	5.85 ^{a} ± 0.36	6.85 ^{b} ± 1.53	6.95 ^{b} ± 1.35	7.20 ^{b} ± 1.39

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.05)ในแนวนอน
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ใช้ทอลทิทอลและอินูลินในสัดส่วนต่างกันไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของความมันและสี โดยการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลอย่างเดียวให้คะแนนความชอบรวมสูงกว่า (7.20 b ± 1.39) สูตรอื่น และแตกต่างจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ส่วนคะแนนการทดสอบด้านอื่น กลิ่นนม ความหวาน ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน และมีความเรียบเนียนสูงกว่าจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ดังนั้นจึงเลือกใช้มอลทิทอลอย่างเดียวในการทดแทนน้ำตาลในการผลิตไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

3. การศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาทดสอบการทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน ในอัตราส่วนร้อยละ 25:75, 50:50 และ 75:25 ซึ่งเวย์โปรตีนที่สามารถช่วยในการจับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นตัวช่วยในการเกิดฟองโฟมของไอศกรีม ทำให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวได้ดี เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความแน่น เนียนละเอียด และไม่อ่อนตัว (Patel et al. 2006) และ มอลโทเดกซ์ตริน (DE 10) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีม

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมัน (Mean ± S.D)			
	ระดับ pH	ความหนืด (cP.)	การขึ้นฟู(%)	ความแน่นแข็ง (g)
สูตรพื้นฐาน	6.49 ^{a} ± 0.04	214.74 ^{a} ± 3.57	13.23 ^{a} ± 1.03	2170.95 ^{a} ± 45.47
เวย์:มอลโทเดกซ์ตริน				
25:75	6.06 ^{b} ± 0.02	156.22 ^{b} ± 1.56	44.94 ^{b} ± 4.94	1901.40 ^{b} ± 11.13
50:50	5.94 ^{c} ± 0.02	199.59 ^{c} ± 1.05	52.0 3 ^{c} ± 2.03	1805.07 ^{c} ± 19.97
75:25	5.80 ^{d} ± 0.06	204.82 ^{d} ± 2.62	55.35 ^{c} ± 2.75	1390.8 4 ^{d} ± 38.01

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ(P < 0.05) ในแนวตั้ง

การใช้เวย์โปรตีนเพิ่มขึ้นพบว่ามีผลทำให้ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P < 0.05) มีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นและความแน่นแข็งลดลงและไอศกรีมปราศจากไขมันสูตรที่มีการเติมเวย์โปรตีนในปริมาณมากมีค่าความหนืดสูงที่สุดที่ระดับ 204.82 ± 2.62 cP. เมื่อพิจารณาการขึ้นฟู พบว่าในตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 3 สูตรมีการขึ้นฟูสูงกว่าสูตรพื้นฐาน ที่เป็นผลมาจากในสูตรพื้นฐานนั้นมีปริมาณของไขมันสูงเมื่อผ่านการปั่นรวมกับอากาศในขั้นตอน

ของการปั่นเม็ดไขมันจะมีขนาดเล็กลงล้อมรอบฟองอากาศทำให้เกาะตัวกันแน่น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เกิดการขัดขวางการขึ้นฟู (Patel *et al*., 2006) สูตรพื้นฐานจึงมีการขึ้นฟูน้อยที่สุด และมีค่าความแข็งมากที่สุดที่ระดับ 2170.95 ± 45.47 กรัม เนื่องจากไอศกรีมมีลักษณะเนื้อที่แน่นมาก ในขณะที่ไอศกรีมปราศจากไขมันมีความแน่นแข็งน้อยกว่า

จากการพัฒนาไอศกรีมไขมันต่ำ โดย ปิยะธิดา (2551) พบว่าจากการ ลดปริมาณหางนมผงลงร้อยละ 5 , 10 และ 15 ของปริมาณหางนมผงในสูตรปกติ และทดแทนหางนมผงส่วนที่หายไปด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน แล้วให้ส่วนผสมอื่นคงที่ พบว่าไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน มีคุณสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่ได้เติมเวย์โปรตีน เวย์โปรตีนสามารถช่วยในการจับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นตัวช่วยในการเกิดฟองโฟมของไอศกรีมทำให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวได้ดีเนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความแน่น เนียนละเอียด และไม่อ่อนตัว (Patel et al. 2006) และ มอลโทเดกซ์ตริน (DE 10) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีม

ตารางที่ 8 ผลของการละลายในไอศกรีมปราศจากไขมันจากการใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนต่างกัน

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลาย ณ ช่วงเวลาต่างกัน (นาที)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
สูตรพื้นฐาน	14.66 ^{b} ± 7.17	46.06 ^{b} ± 14.09	55.27 ^{b} ± 15.38	60.09 ^{b} ± 15.50	0.26 ^{a} ± 0.11
เวย์:มอลโทเดกซ์ตริน					
25:75	48.5 ^{a} 5 ± 8.86	96.74 ^{a} ± 4.16	96.74 ^{a} ± 4.16	96.74 ^{a} ± 4.16	0.35 ^{a} ± 0.03
50:50	56.91 ^{a} ± 9.22	94.94 ^{a} ± 1.76	95.13 ^{a} ± 1.60	95.13 ^{a} ± 1.60	0.30 ^{a} ± 0.32
75:25	0 ^{c}	34.96 ^{c} ± 8.76	54.67 ^{b} ± 10.92	56.94 ^{b} ± 10.64	0.19 ^{b} ±0.29

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง

วิเคราะห์ผลการการละลายของตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งแล้ว พบว่าไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 25:75 และ 50:50 มีอัตราการละลายไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานแต่สูงกว่าสูตรที่ใช้สัดส่วน 75:25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใช้เวย์โปรตีนเพิ่มถึงระดับหนึ่ง มีผลทำให้การละลายของไอศกรีมลดลง

เมื่อนำไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 3 สูตรมาผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไม่พบความแตกต่างในค่าสี และความหวาน พบว่ามีคะแนนความชอบรวมของการใช้สารทดแทนไขมัน 50:50 มีค่าไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน และสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในภาพรวมการทดแทนไขมันทั้งหมดยังได้ผลไม่เป็นผลที่น่าพึงพอใจ แม้ว่าคะแนนบางค่าอาจไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจต้องพิจารณาในการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ กลิ่นนม สี ซึ่งอาจส่งผลให้ความชอบรวมดีขึ้น

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสในไอศกรีมปราศจากไขมันเทียบกับสูตรพื้นฐาน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
		ไอศกรีมนมปราศจากไขมันที่มีการทดแทนด้วยเวย์โปรตีน:มอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนต่างกัน (Mean ± S.D)		
	สูตรพื้นฐาน	25:75	50:50	75:25
สี	7.15 ^{ns} ± 0.93	6.45 ± 1.14	5.95 ± 1.57	6.25 ± 1.83
ความมัน	6.80 ^{a} ± 0.76	5.85 ^{b} ± 1.78	6.90 ^{a} ± 1.29	5.50 ^{b} ± 1.55
กลิ่นนม	7.65 ^{a} ±0.67	5.85 ^{b} ± 0.87	6.85 ^{c} ± 0.74	5.95 ^{b} ± 1.27
ความหวาน	7.20 ^{ns} ± 0.69	6.65 ± 1.26	7.35 ± 0.81	6.85 ± 1.30
ความเรียบเนียน	6.75 ^{a} ± 096	6.40 ^{a} ± 1.09	6.85 ^{a} ± 1.38	5.15 ^{b} ± 2.09
ความชอบรวม	7.30 ^{a} ± 0.57	6.20 ^{b} ± 1.39	7.00 ^{a} ±1.21	5.65 ^{b} ± 1.46

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวนอน
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

4. การผลิตไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลจากการใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินทดแทนไขมันและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาล

นำสูตรไอศกรีมปราศจากไขมันซึ่งใช้เวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ตรินอัตราส่วน 50:50 มาใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลเทียบกับไอศกรีมปราศจากไขมันที่ทดแทนด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาล(Mean ± S.D)			
	ระดับ pH	ความหนืด (cP.)	การขึ้นฟู (%)	ความแน่นแข็ง (g)
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	5.94 ^{ns} ± 0.02	199.59 ^{b} ± 1.05	44.94 ^{ns} ± 4.94	1901.40 ^{b} ± 11.13
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	5.87 ^{ns} ± 0.11	204.82 ^{a} ± 2.62	46.61 ^{ns} ± 6.90	1813.30 ^{a} ± 33.23

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่ความแตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

ไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 2 สูตรมีระดับของ pH ที่ไม่แตกต่างกัน การใช้มอลทิทอลมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การขึ้นฟูไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าความแข็งมีระดับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 ผลของอัตราการละลายในไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลายเมื่อวัดที่ระยะเวลาต่างกัน (Mean ± S.D)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	17.53 ^{ns} ± 8.47	53.06 ^{b} ± 15.44	66.49 ^{b} ± 19.18	71.62 ^{b} ± 18.27	0.26 ^{b} ± 1.87
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	28.20 ^{ns} ± 17.24	76.85 ^{a} ± 13.75	86.97 ^{a} ± 10.25	86.97 ^{a} ± 10.25	0.29 ^{a} ± 5.83

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

ผลการทดสอบทดสอบอัตราการละลายต่อนาทีของตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลเปรียบเทียบกับสูตรปราศจากไขมันพบว่ามีอัตราการละลายไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมปราศจากไขมันและน้ำตาล

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean ± S.D)	
	ไอศกรีมปราศจากไขมัน	ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล
สี	7.60 ^{ns} ± 0.93	7.55 ^{ns} ± 0.51
ความมัน	7.50 ^{ns} ± 0.60	7.55 ^{ns} ± 0.82
กลิ่นนม	7.35 ^{a} ± 0.67	7.10 ^{b} ± 0.71
ความหวาน	6.90 ^{ns} ± 0.78	6.70 ^{ns} ± 0.65
ความเรียบเนียน	7.30 ^{ns} ± 0.57	6.95 ^{ns} ± 0.39
ความชอบรวม	7.55 ^{a} ± 0.75	7.05 ^{b} ± 0.51

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวนอน
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

ผลการทดสอบความชอบที่มีต่อตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันและปราศจากน้ำตาลเปรียบเทียบกับสูตรปราศจากไขมันพบว่า คะแนนความชอบในด้านสี ความมัน ความหวาน และความเรียบเนียนไม่แตกต่างกัน ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลมีคะแนนทางประสาทสัมผัส กลิ่น และความชอบรวมต่ำกว่าสูตรไอศกรีมปราศจากไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5. คุณค่าโภชนาการของไอศกรีม

เมื่อนำตัวอย่างไอศกรีมทั้ง 4 สูตรที่ได้ คือ ไอศกรีมสูตรพื้นฐาน ไอศกรีมปราศจากน้ำตาล ไอศกรีมปราศจากไขมัน และ ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล ไปวิเคราะห์หาสารประกอบทางเคมีที่แสดงถึงคุณค่าโภชนาการที่มีในตัวอย่างไอศกรีม แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม

ตัวอย่างไอศกรีม	คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)					
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน	ใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
สูตรพื้นฐาน	65.34^{a} ± 0.55	0.68^{c} ± 0.42	8.31^{a} ± 0.31	3.98^{b} ± 0.01	1.45^{a} ± 0.97	20.24^{d} ± 0.99
ไอศกรีมปราศจากน้ำตาล	64.37^{a} ± 0.39	0.65^{c} ± 0.31	6.62^{a} ± 0.99	3.02^{b} ± 0.59	1.55^{a} ± 0.41	23.77^{c} ± 0.21
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	60.07^{b} ± 0.41	1.04^{a} ± 0.95	0.46^{b} ± 0.52	7.36^{a} ± 0.25	1.07^{c} ± 0.51	30.00^{b} ± 0.42
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	57.59^{c} ± 0.51	0.85^{b} ± 0.11	0.39^{b} ± 0.55	6.65^{a} ± 0.981	1.20^{b} ± 0.51	33.31^{a} ± 0.91

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างไอศกรีมได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันทั้งหมดทำให้มี มีปริมาณไขมันลดลงกว่าสูตรพื้นฐานซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ 8.31±0.31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไอศกรีมปราศจากไขมันมีไขมันร้อยละ 0.46 ± 0.52 ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.39 ± 0.55 สอดคล้องกับมาตรฐานไอศกรีมปราศจากไขมันที่จะต้องมีปริมาณไขมันไม่เกินร้อยละ 0.5 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 222) ,2544) แต่การใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและมอลโทเดกซ์ตรินมีผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบมอลโทเดกซ์ตรินและมอลทิทอลเป็นคาร์โบไฮเดรต เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนพบว่า การทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรที่พื้นฐาน (3.98±0.01)และสูตรปราศจากน้ำตาล(3.02 ± 0.59) ที่ไม่มีการทดแทนไขมัน

สรุปผล

สูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือกนำมาใช้ ประกอบด้วย วิปปิ้งครีมร้อยละ 33.8 หางนมผงร้อยละ 10 น้ำตาลทรายร้อยละ 10 เกลือ ร้อยละ 0.2 สารให้ความคงตัวร้อยละ 0.3 น้ำร้อยละ 45.7 การใช้สารทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลอย่างเดียวหรือด้วยส่วนผสมมอลทิทอลและอินูลินไม่มีผลต่อระดับ pH ไอศกรีมเหลวแต่มีผลต่อการขึ้นฟูและความแน่นแข็งของไอศกรีมส่วนการใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินส่งผลต่อการขึ้นฟู และความแน่นแข็ง ในสัดส่วนเดียวกัน แต่ระดับ pH มีแนวโน้มลดลง การละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนร้อยละ 50:50 และการใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด มีผลทำให้ปริมาณไขมันของไอศกรีมลดลงต่ำกว่าร้อยละ 0.5 จากสูตรพื้นฐานร้อยละ 8.31 a ± 0.31 ตามมาตรฐานของไอศกรีมปราศจากไขมัน ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินและการทดแทนน้ำตาลแม้มีผลในการลดปริมาณไขมันของไอศกรีมแต่ควรหาสารทดแทนหรือสารเจือปนที่ช่วยเพิ่มกลิ่นนมและคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เนาวรัตน์ ดำนิล. 2548. การผลิตไอศกรีมซังขนุนไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

พัชรินทร์ รักถาวร. 2542. การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป. 2544. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 118 ตอนพิเศษ 70 ง.

สมจิต สุรพัฒน์. 2550. ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aime, D.B. and S.D. Arntfield. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. Food Research International 34(2–3): 237-246.

Bordi, P., D. Cranage., J. Stokols, T. Palchak and L. Powell. 2004. Effect of polyols versus sugar on the acceptability of ice cream among a student and adult population. Food Research International 15: 41-50.

Garcia, R.S., R.T. Marshall. And H. Heymann. 1995. Lowfat ice cream from freeze concentrated versus heat-concentrate nonfat milk solids. Journal of Dairy Science 78(11): 2345-2351

Guinard, J.X., C. Zoumas-Morse.,C. Mori. and D. Panyam. 1996. Effect of sugar and fat on the acceptability of vanilla ice cream. Journal of Dairy Science 79(11): 1922-1927

Marshall, R.T., H.D. Goff. and R.W. Hartel. 2003. Ice Cream. 6th ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.

Patel, M.R., R.J. Baer. and M.R. Acharya. 2006. Increasing the protein content in ice cream.. International Dairy Journal 89: 1400-1406.

การงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง

In vitro symbiotic seed germination of Cymbidium finlaysonianum Lindl. (Orchidaceae)

ณมนรัก คำฉัตร(Na-monrug Khamchatra)[1*] จิรภัทร จันทมาลี(Jirapat Chanthamalee)[2]
อรรถกร คำฉัตร(Attakorn Khamchatra)[3] อาทร สกุลวรกิจ(A-thorn Sakulworakit)[4]
[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[4]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[*]Corresponding author. E-mail:namonrug.k@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดอยู่ในภาวะคุกคามของการขยายอาคารสิ่งก่อสร้างทำให้การสูญเสียสภาพแหล่งอาศัยจึงนำมาสู่การวางแผนเพื่อการการขยายพันธุ์และอนุรักษ์กล้วยไม้ด้วยวิธีเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ไอโซเลตที่แยกได้จากกล้วยไม้ชนิดอื่นในสภาพหลอดทดลองบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Oat meat agar (OMA) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน พบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราทั้ง 3 ไอโซเลตคล้ายสกุล *Rhizoctonia* แต่ลักษณะทางชีววิทยาโมเลกุลบ่งชี้ราไมคอร์ไรซาเป็น 2 กลุ่ม คือ ราในกลุ่ม *Tulasnella* sp. ได้แก่ ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 และราในกลุ่ม *Ceratobasidium* sp. ได้แก่รา ไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 การทดสอบการงอกของเมล็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลองของกะเรกะร่อนปากเป็ดกับราที่เป็นตัวแทนที่แยกได้จากกล้วยไม้ชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์- ไรซา ส่งเสริมการงอกของเมล็ด 83.0 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (เพาะเมล็ดบนอาหาร oat meal agar เท่านั้น) 47.5 % ภายใน 4 เดือน และพบราไมคอร์ไรซาเพียงไอโซเลตเดียว คือ RBRU001 (*Tulasnella* sp.) ที่ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มสูงสุดในระยะที่ 2 (71.5%) และระยะที่ 3 (92.8%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลตอื่นภายในระยะเวลา 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ

คำสำคัญ: กะเรกะร่อนปากเป็ด การพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง ราไมคอร์ไรซา การงอกของเมล็ด กล้วยไม้อิงอาศัย

Abstract

Presently, the rapid loss of *Cybidium finlaysonianum* Lindl. orchids are threaten with extinction due to disturbance of building has prompted researchers to develop appropriated plans for the propagation and conservation of this orchid species. This research aims to study effectiveness of three orchid mycorrhizal fungi obtained from the others orchid species, in promoting *in vitro* seed germination and protocorm development of *C finlaysonianum* Lindl.,

cultured on oat meal agar (OMA) that were evaluated monthly. Fungus identification based on morphological characteristics revealed that all isolates were *Rhizoctonia*-like fungi while identification based on molecular characteristics suggested that two fungal genera, *Tulasnella* sp. (isolate RBRU001) and *Ceratobasidium* sp. (isolates RBRU002 and RBRU003). Test of *in vitro* symbiotic seed germination of *C. finlaysonianum* Lindl. with fungal isolates above demonstrated that all isolates supported percentage of seed germination 83.0% while control treatment (seed sowing on oat meal agar only) had only 47.5% within 4 months. Only fungal isolate RBRU001 (*Tulasnella* sp.) promoted seed germination and protocorm development to stage 2 (71.5%) and stage 3 (92.8%) were also high significantly more advanced than those fungi isolates within 3 and 4 months, respectively.

Keywords: *Cymbidium finlaysonianum*, *in vitro* symbiosis, mycorrhizal fungi, seed germination, epiphytic orchid

บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีกำลังขยายพื้นที่ก่อสร้างตึกอาคารเรียน อาคารที่พักอาศัยเพิ่มขึ้นในหลายบริเวณ บริเวณพื้นที่ต่างๆ ดังกล่าวเป็นแหล่งอิงอาศัยของกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่ขึ้นอยู่บนคาคบไม้ใหญ่ ส่งผลให้มีการสูญเสียแหล่งพันธุกรรมกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*Cymbidium finlaysoniaum* Lindl.) (อบฉันท์ ไทยทอง, 2549) ดังภาพที่ 1 ไปด้วยเช่นกัน คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์กล้วยไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้วยเหตุที่เมล็ดกล้วยไม้มีขนาดเล็ก ไม่มีสารอาหาร (endosperm) ในสภาพธรรมชาติกล้วยไม้จำเป็นต้องอาศัยรา ไมคอร์ไรซาเพื่อช่วยในงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน แม้ว่าในปัจจุบันได้นำเทคนิคและวิธีการเพาะขยายพันธุ์เมล็ดกล้วยไม้บนอาหารสังเคราะห์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ราไมคอร์ไรซาจะประสบความสำเร็จอย่างสูงในกล้วยไม้ป่าที่หายากหลายชนิด แต่กล้วยไม้ที่ปราศจากราไมคอร์ไรซาเหล่านั้นอาจไม่สามารถอยู่รอดต่อไปได้เมื่อนำกล้วยไม้เหล่านั้นกลับคืนสู่ธรรมชาติ จากปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการเพาะเมล็ดกล้วยไม้แบบพึ่งพาอาศัย ในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นการจำลองบทบาทของราไมคอร์ไรซาในธรรมชาติเพื่อช่วยให้การงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มได้เป็นผลสำเร็จ อีกทั้งยังช่วยย่นระยะเวลาในการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อน และช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและอัตราการรอดของกล้ากล้วยไม้เมื่อย้ายออกปลูก กล้วยไม้สกุลกะเรกะร่อน *Cymbidium* (Dixon et al., 2003) มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนภูมิภาคเอเชียตะวันออก เป็นกล้วยไม้อิงอาศัยมักพบตามป่าระดับต่ำหรือป่าดิบเขา กล้วยไม้สกุลนี้สามารถเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และพัฒนาเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญมากสกุลหนึ่งของประเทศไทย ชนิดที่มีดอกเด่นสะดุดตาถูกนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นกล้วยไม้ลูกผสมเพิ่มขึ้นจนปัจจุบันกล้วยไม้สกุลนี้เริ่มลดปริมาณลง เนื่องจากการลักลอบขายอย่างผิดกฎหมาย จากการใช้ประโยชน์พื้นที่ ที่เป็นที่อยู่อาศัยของกล้วยไม้สกุลนี้

งานวิจัยนี้ใช้ราไมคอร์ไรซาที่ช่วยการงอกของเมล็ดกล้วยไม้สกุลอื่นจะสามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดได้เช่นเดียวกันเป็นสมมติฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในสภาพปลอดเชื้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้คือ แนวทางในการวางแผนระยะยาวในการจัดการ การอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างกล้วยไม้และราไมคอร์ไรซาในกล้วยไม้เพื่อการนำกลับคืนสู่ธรรมชาติ รวมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนาขยายพันธุ์กล้วยไม้เพื่อเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในสภาพหลอดทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การฟอกฆ่าเชื้อเมล็ด

ฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดกล้วยไม้ในกระดาษกรอง โดยนำเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อน *(Cymbidium finlaysonianum)* วางลงบนกระดาษกรองที่พับเป็นซอง แต่ละซองให้ระบุชนิดของกล้วยไม้ ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่เติมสารลด แรงตึงผิว 2 ครั้ง นานครั้งละ 5 นาที สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรด์ 5.25 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ภายในตู้ปลอดเชื้อ นำเมล็ดกล้วยไม้ที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วไปทดสอบการงอกในแต่ละชุดการทดลอง

การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา

ใช้ปลายมีดเขี่ยเมล็ดที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วแตะกระดาษกรองที่อยู่บนผิวหน้าอาหารเพาะเลี้ยง Oat Meal Agar (OMA) 4 จุด เอียงจานอาหารไปมาเพื่อให้เมล็ดกระจายทั่วกระดาษกรอง ผึ่งไว้จนกว่าผิวหน้าอาหารแห้ง จากนั้นนำเส้นใยราไมคอร์ไรซาที่ทราบแล้วว่าสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิดในไอโซเลต RBRU001, RBRU002, RBRU003 ที่เจริญบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) ขนาด 0.5 X 0.5 เซนติเมตรวางลงตรงกลางจานเพาะเลี้ยง กำหนดให้การเพาะเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนบนอาหารเพาะเลี้ยง OMA ปราศจากราไมคอร์ไรซา เป็นชุดควบคุม แต่ละไอโซเลตมีจำนวน 4 ซ้ำ เก็บไว้ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ติดตามระยะต่างๆ ของการงอกและการพัฒนาของเมล็ดหลังจาการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ บันทึกระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์ม ตามวิธีดัดแปลงจาก Stewart และคณะ (2002) ดังตารางที่ 1 โดยหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้จาก (จำนวนเมล็ดที่เจริญในแต่ละระยะ/จำนวนเมล็ดที่มีชีวิตทั้งหมด) x 100 และนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Ducan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การระบุเอกลักษณ์ของราในรากกล้วยไม้ด้วยวิธีทางชีววิทยาโมเลกุล

การตรวจสอบสายพันธุ์ราที่แยกได้จากรากกล้วยไม้โดยศึกษาลำดับเบสในสายดีเอ็นเอ (Zhou และ Hogetsu, 2002) และเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง Internal transcribed spacer (ITS) ตามรายงานของ White และคณะ (1990) ส่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ที่ผ่านการตรวจสอบและให้ผลที่ชัดเจน ไปวิเคราะห์ที่บริษัท Macrogen ณ สาธารณรัฐเกาหลี ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลำดับเบส รุ่น Biosystems 3730XL sequencers วิเคราะห์ลำดับเบสที่ได้โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลลำดับเบสของราทีตำแหน่งเดียวกันในฐานข้อมูลGenBank ด้วยโปรแกรม BLAST version 2.2.18 ที่ปรากฏในเว็บไซต์ http://www.ddbj.nig.ac.jp

ผลการวิจัย

การแยกราไมคอร์ไรซาให้บริสุทธิ์

นำราไมคอร์ไรซาที่ทราบเบื้องต้นว่าสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิดในไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 จากหลอดเก็บรักษาเชื้อมาต่อเชื้อบนอาหารเพาะเลี้ยง (subculture) Potato Dextrose Agar นาน 4-7 วัน เพื่อให้ได้ราไมคอร์ไรซาบริสุทธิ์และกำลังเจริญเติบโตที่เหมาะสำหรับการเพาะร่วมกับเมล็ดในกิจกรรมถัดไป พบว่าภายหลัง subculture เป็นเวลา 7 วัน เส้นใยราไอโซเลต RBRU001 มีลักษณะสีขาว เจริญบนผิวหน้าอาหาร เจริญช้า เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.15 เซนติเมตร ราไอโซเลต RBRU002 เส้นใยมีละเอียดสีขาว ฟูขึ้นเล็กน้อย เจริญได้เร็วเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.30 เซนติเมตร และเส้นใยราไอโซเลต RBRU003 เส้นใยมีละเอียดสีขาว ฟูขึ้นเล็กน้อย เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.52 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ราไมคอร์ไรซาทั้ง 3 ไอโซเลตมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายสกุล *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia*-like fungi)

ภาพ 1 ดอกกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*Cymbidium finlaysonianum*) อิงอาศัยบนคาคบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา

นำเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่เก็บรักษาไว้มาฟอกฆ่าเชื้อบนกระดาษกรองที่พับเป็นซอง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 5.25 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ภายในตู้ปลอดเชื้อ นำเมล็ดกล้วยไม้ที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วไปทดสอบการงอกในแต่ละชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 เพาะเมล็ดกล้วยไม้บนอาหาร OMA ปราศจากราไมคอร์ไรซา (ชุดควบคุม) และชุดการทดลองที่ 2 เพาะเมล็ดกล้วยไม้บนอาหาร OMA ร่วมกับราไมคอร์ไรซา RBRU001, RBRU002 และ RBRU003

ตาราง1 ระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้

ระยะ	ลักษณะที่ปรากฏ
0	เมล็ดกล้วยไม้แต่ไม่งอก
1	เอ็มบริโอขยายขนาด เริ่มปรากฏไรซอยด์
2	เอ็มบริโอขยายขนาด เปลือกหุ้มเมล็ดเริ่มปริและหลุดออก
3	โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

ระยะ	ลักษณะที่ปรากฏ
4	โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรก
5	ใบแท้จริงใบแรกขยายขนาด

ภาพที่ 2 โคโลนีราไมคอร์ไรซาเจริญบนอาการเพาะเลี้ยง Potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ เก็บไว้ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ติดตามระยะต่างๆ ของการงอกเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มทุกเดือนเป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่า ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับราไมคอร์ไรซาตลอดทั้ง 4 เดือน ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของชุดการทดลองที่ 2 สูงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาระยะต่างๆ ของการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์ม พบว่า ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับราไมคอร์ไรซาเมล็ดกล้วยไม้มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 2) ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยระยะที่ 2 ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ของเมล็ดที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดควบคุมในตั้งแต่เดือนแรกจนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3) ทั้งนี้การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาเพียงไอโซเลต RBRU001 เดียวเท่านั้นที่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละเดือนสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 (ตารางที่ 4) แม้ว่าเมล็ดกล้วยไม้สามารถพัฒนาได้สูงสุดในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (92.8 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 3 แต่ยังมีเมล็ดกล้วยไม้ที่สามารถพัฒนาได้ถึงระยะที่ 4 โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรกได้เพียงเล็กน้อย (3.5 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 การงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU001 อยู่ในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 4 เดือน

ตาราง2 ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)		การไม่งอกและงอกเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	
		ไม่งอก	งอก
1	ชุดควบคุม	89.5	10.5
	ราไมคอร์ไรซา	41.2	58.8
2	ชุดควบคุม	80.8	19.2
	ราไมคอร์ไรซา	15.5	84.5
3	ชุดควบคุม	86.2	13.8
	ราไมคอร์ไรซา	16.6	83.4
4	ชุดควบคุม	52.5	47.5
	ราไมคอร์ไรซา	17.0	83.0

ตาราง3ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidiumfinlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)		ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้					
		0	1	2	3	4	5
1	ชุดควบคุม	89.7	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	35.7	29.8	8.9	25.7	0.0	0.0
2	ชุดควบคุม	80.9	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	13.5	45.8	6.0	34.3	0.4	0.0
3	ชุดควบคุม	85.3	12.5	2.2	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	11.9	38.7	5.3	42.3	1.8	0.0
4	ชุดควบคุม	52.9	37.5	9.4	0.2	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	11.7	24.2	27.5	35.2	1.4	0.0

ตาราง4 ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ทรีทเมนต์	ระยะเวลาภายหลังการเพาะเมล็ด (เดือน)			
	1	2	3	4
ชุดควบคุม	10.49±7.91	19.16±11.77	13.84±8.95	47.49±15.60
RBRU001	100.00±0.00	100.00±0.00	100±0.00	100.00±0.00
RBRU002	0.00±0.00	75.59±9.87	64.62±31.94	0.00±0.00
RBRU003	76.45±2.51	77.87±5.74	64.13±5.11	66.04±12.17

ภาพ 4 เปอร์เซ็นต์พัฒนาการของเมล็ดและโปรโตคอร์มกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ในแต่ละระยะการงอก และการพัฒนาโปรโตคอร์มที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 ภายหลังการเพาะเป็นเวลานาน 4 เดือน ตัวอักษรต่างกันบนแท่งฮีสโทแกรมในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญของระยะการเจริญและพัฒนาของเมล็ด ($P \leq 0.05$)การระบุเอกลักษณ์ของราด้วยวิธีทางชีววิทยาโมเลกุล

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส ได้ผลิตภัณฑ์ของราที่แยกได้จาก พีโลตอนรา 3 ไอโซเลตซึ่งช่วยส่งเสริมกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ชนิดอื่นได้ มีจำนวนคู่เบสประมาณ 600-700 คู่เบส และเมื่อนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอดังกล่าวไปหาลำดับเบส และเปรียบเทียบลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับฐานข้อมูลใน GenBank ให้ผลเปรียบเทียบดังตารางที่ 5 ซึ่งแบ่งราได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 มีความใกล้เคียงกับราสกุล *Tulasnella* sp. ไอโซเลต SV15 ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล GenBank (F926500) โดยมีค่าความเหมือน 95 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 2 ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับราสกุล *Ceratobasidium* sp. ไอโซเลต Str14 ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล GenBank (GU937735 และ DQ102402) โดยมีค่าความเหมือน 93 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง5ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum*

รหัสราไมคอร์ไรซา	ราที่มีลำดับเบสเข้าคู่กันใกล้เคียงที่สุด และ Assession codes		จำนวนเบสตัวอย่างเทียบกับจำนวนเบสอ้างอิง (เปอร์เซ็นต์ความเหมือน)
RBRU001	*Tulasnella* sp. EE-2011 isolate SV15 Cantharellales; Tulasnellaceae	F926500	324/338 (95%)
RBRU002	*Ceratobasidium* sp. Cantharellales; Ceratobasidiaceae	GU937735	666/713 (93%)
RBRU003	*Ceratobasidium* sp. AG-G isolate Str 14 Cantharellales; Ceratobasidiaceae	DQ102402	643/644(99%)

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นรายงานแรกที่ทดสอบการงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. แบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการอนุรักษ์และขยายพันธุ์กล้ากล้วยไม้ แต่ในประเทศไทยพบน้อยมาก (Athipunyakhom et al., 2004) ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับรา ไมคอร์ไรซาเป็นเวลา 1 เดือน เมล็ดกล้วยไม้มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย 58.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมเพียง 10.49 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้เป็นเวลา 2, 3 และ 4 เมล็ดกล้วยไม้ที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซายังให้ ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมคือ 65.3, 69.9 และ 35.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* ที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เดือนแรกจนถึงเดือนที่ 4 ดังตารางที่ 4 และพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงสุดอยู่ในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มขยายใหญ่ขึ้น มีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด 92.8 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3 แม้จะพบว่าเมล็ดกล้วยไม้สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรก 3.5 เปอร์เซ็นต์ และไม่พัฒนาต่อไปแต่อย่างใด อาจกล่าวได้ว่า ราไมคอร์ไรซาบางไอโซเลตอาจมีบทบาทเพียงช่วยกระตุ้นให้เอ็มบริโอขยายขนาดขึ้นจนสร้างเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด แต่ไม่ได้สนับสนุนการพัฒนาของโปรโตคอร์มในระยะต่างๆ ของกล้วยไม้ (Porras & Bayman, 2007) สอดคล้องกับ Stewart & Kane (2006) รายงานว่าเมล็ดกล้วยไม้ *Habenaria macroceratitis* สามารถงอกได้และโปรโตคอร์มพัฒนาได้เมื่อได้รับการกระตุ้นจากราไมคอร์ไรซาที่แยกจากรากกล้วยไม้สกุลอื่น เช่นเดียวกับ Nontachaiyapoom et al. (2011) รายงานว่าเมล็ดกล้วยไม้ *Grammatophyllum speciosum* Blume และ *Dendrobium draconis* Rchb. f. สามารงอกและพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3, 4 และ 5 ได้ เมื่อได้รับการกระตุ้นราไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากกล้วยไม้อื่น ๆ นอกจากนี้ Khamchatra et al. (2015) รายงานว่า เมล็ดกล้วยไม้เอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum*) ที่เพาะร่วมกับรา ไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากรากของกล้วยไม้ชนิดเดียวกันนี้ สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ และสามารถพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มในระยะที่ 3 คือ โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดได้ แต่ไม่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 ได้ เนื่องจากบทบาทของราที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญของกล้วยไม้อาจมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของราไมคอร์ไรซาในระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มแตกต่างจากระยะโตเต็มที่ (Zelmer และ Currah, 1995) ในการอนุรักษ์และการฟื้นฟูกล้วยไม้พันธุ์หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ มีความจำเป็นต้องหาราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อ

การงอก โดยสามารถส่งเสริมหรือสนับสนุนการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ได้ (Chutima et al., 2011) จากการทดลองครั้งนี้พบว่าราไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU001 จัดอยู่ในสกุล *Tulasnella* มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโต- คอร์มมากที่สุดสำหรับเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* พอ ๆ กับกล้วยไม้สกุลอื่นที่รายงานไว้ (Rasmussen, 2002; Stewart & Kane, 2002; Johnson et al., 2007; Chutima et al., 2011) แสดงให้เห็นว่าราไมคอร์ไรซาสกุล *Tulasnella* เป็นราไมคอร์ไรซาที่พบได้แพร่หลาย ซึ่งสามารถแยกได้จากรากกล้วยไม้ *Dendrobium formosum* และนำไปใช้กระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ทั่วไปได้ (Mc Cormick et al., 2004 Khamchatra et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าราไมคอร์ไรซาสกุล *Tulasnella* มีความสัมพันธ์กับ liverwort (*Cryptothallus mirabilis*) และกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิด (Suarez et al., 2006) ในบางครั้งการเจริญเติบโตหรือการพัฒนาโปรโตคอร์มในระยะถัดไป กล้วยไม้อาจมีกลไกในการป้องกันหรือกำจัดราไมคอร์ไรซาเดิมที่ส่งเสริมในการงอก จึงจำเป็นต้องอาศัยราไมคอร์ไรซาที่แตกต่างจากระยะแรกของการพัฒนาโปรโตคอร์ม การหาราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมอาจแยกได้จากรากเดิมของต้นแม่ในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น หรือขณะออกดอกหรือจากรากกล้วยไม้ต่างสกุล เพื่อช่วยให้โปรโตคอร์มสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่แข็งแรงก่อนย้ายออกปลูก (Rasmussen & Rasmussen, 2014)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าราไมคอร์ไรซาทั้ง 3 ไอโซเลต (RBRU001, RBRU002 และ RBRU003) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายสกุล *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia*-like fungi) แต่ลักษณะทางชีววิทยาโมเลกุลบ่งชี้ราไมคอร์ไรซาเป็น 2 กลุ่ม คือ ราในกลุ่ม *Tulasnella* sp. ได้แก่ ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 และราในกลุ่ม *Ceratobasidium* sp. ได้แก่ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 การงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มของเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* โดยอาศัยราไมคอร์ไรซาที่สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้สกุลอื่น ได้แก่ ไอโซเลต RBRU001 RBRU002 และ RBRU003 แบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง แสดงให้เห็นว่าทุกไอโซเลตสามารถกระตุ้นการงอกได้ คิดเป็น 83.0 เปอร์เซ็นต์ และพบราเพียงกลุ่มเดียว คือ *Tulasnella* ไอโซเลต RBRU001 ที่ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มถึงระยะที่ 3 และ 4 (92.8, 3.5 เปอร์เซ็นต์) ภายใน 4 เดือน การทดลองนี้เป็นรายงานแรกในประเทศไทยที่แสดงให้เห็นความสำเร็จของการงอกของเมล็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลองของกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด *C. finlaysonianum*

ข้อเสนอแนะ

การหาระยะของโปรโตคอร์มและต้นอ่อนที่เหมาะสมของ *C. finlaysonianum* ต่อการย้ายปลูกทั้งในสภาพปลอดเชื้อ สภาพโรงเรือน และคืนสู่ธรรมชาติให้ประสบความสำเร็จนั้นนับว่าเป็นงานวิจัยที่ท้าทายอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจักต้องคัดสรรหาราไมคอร์ไรซาไอโซเลตที่เหมาะสม ที่สามารถพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้เข้าสู่ระยะที่ 5 และปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ คณะผู้วิจัยเชื่อมั่นและหวังเป็นอย่างยิ่งที่จะได้ดำเนินการวิจัยดังกล่าวเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และความเข้าใจเพิ่มเติมเพื่อที่จะได้ดำเนินการวางแผนการขยายพันธุ์ไปพร้อมๆ กับการอนุรักษ์สายพันธุ์กล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*C. finlaysonianum*) และกล้วยไม้ไทยชนิดอื่นที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในโครงการวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

อบฉันท์ ไทยทอง. (2549). **กล้วยไม้เมืองไทย.** (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

Athipunyakom P, Manoch L, Piluek C, Artjariyasripong S, Tragulrung S. (2004). Mycorrhizal fungi from *Spathoglottis plicata* and the use of these fungi to germinate seeds of *S. plicata in vitro*. *Kasetsart Journal. (Nat Sci)*, 37:83–93.

Chutima R, Dell B, Vessabutr S, Bussaban B, Lumyong S. (2011). Endophytic fungi from *Pecteilis susannae* (L.) Rafin (Orchidaceae), a threatened terrestrial orchid in Thailand. *Mycorrhiza*, 21:221–229.

Dixon, W., Kell, S.P., Barrett, R.L., Cribb, P.J. (eds). (2003). *Orchid conservation*. Sabah: Natural History Publication.

Johnson, T.R. Stewart, D.D., Kane, M.E.,Rhchardson, L. (2007). Asymbiotic and symbiotic seed germination of *Eulophia alta* (Orchidaceae)-preliminary evidence for the symbiotic culture advantage. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 90:313-323.

Khamchatra, N., Apisitwanich, S., Chayamarit, K., Tantiwiwat, S. (2015). In vitro Symbiotic seed germination in Dendrobium formosum Roxb. ex Lindl. *Thai Agriculture Research Journal*, 33: 205-217.

McCormick MK, Whigham D.F., O'Neill J.P. 2004. Mycorrhizal diversity in photosynthetic terrestrial orchids. *New Phytology*, 163:425-438.

Nonthachaiyapoom, S., Sasirat, S., Manoch, L. (2010). Isolation and identification of Rhizoctonia-like from roots of three orchid genera, *Paphiopedilum, Dendrobium*, and *Cymbidium,* collected in Chiang Rai and Chiang Mai provinces of Thailand. *Mycorrhiza*. Doi 10.1007/s00572-010-0297-3: Original paper

Porras-Alfaro, A. & Bayman, P. (2007). Mycorrhizal fungi of *Vanilla*: diversity, specificity and effects on germination and plant growth. *Mycologia*, 99:510-525.

Rasmussen, H.N. (2002). Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant Soil,* 244:149-163.

Rasmussen, H.N. & Rasmussen, F.N. (2014). Seedling mycorrhiza: a discussion of origin and evolution in Orchidaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 175: 313-327.

Stewart, S.L. & Zettler, L.W. (2002). Symbiotic germination of threee semi aquatic rain orchids (*Habenaria repens, H. quinquiseta, H. macroceratitis*) from Florida. *Aquatic Botany*, 72:25-35.

Stewart, S.L. & Kane, M.E. (2006). Symbiotic seed germination of *Habenaria macroceratitis.* (Orchidaceae), a rare Florida terrestrial orchid. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 86: 159-167.

Suáres, J.P., Weiβ, M., Abele, A., Garnica, S., Oberwinkler, F., Kottke, I. (2006). Diverse *tulasnelloid* fungi form mycorrhizas with epiphytic orchids in an Andean cloud forest. *Mycological Research*, 110:1257-1270. Doi:10.1016/j.mycres.2006.08.004.

White, T. J. Bruns, T.D., Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White (eds.). *PCR protocols: a guide to methods and applications*. pp. 315-322. New York: Academic Press.

Zelmer, C.D., Currah, R.S. (1995). *Ceratorhiza pernacatena and Epulorhiza calendulina* spp. nov.: mycorrhizal fungi of terrestrial orchids. *Canadian Journal Botany*, 73:1981-1985.

Zhou, A. and Hogetsu, T. (2002). Subterranean community structure of ectomycorrhizal fungi under *Suillus grevillei* sporocarps in a *Larix haempferi* forest. *New Phytologist*, 154:529-539.

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักแบบ solid state fermentation ร่วมกับเชื้อรา Rhizopus spp. UP04 ที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส

Nutrition improvement of cassava by solid state fermentation through microbial starter of amylolytic fungus Rhizopus spp. UP04

ทศวรรต อะโนราช(Tosawat Anorach)[1] สมชาติ ธนะ(Somchart Thana)[2]
ชัยณรงค์ วงศ์สรรศรี(Chainarong Wongsunsri)[3], โชค โสรัจกุล(Choke Sorachakula)[2]
ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ(Khanchai Danmek)[1*]
[1] สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
[2] สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เชียงราย
[*] Corresponding author: Khanchai.da@up.ac.th

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นวัสดุทางการเกษตรซึ่งสามารถนำมาเพิ่มโภชนะได้ด้วยการหมักร่วมกับเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส โดยในกระบวนการเพิ่มโภชนะดังกล่าวนี้ เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ได้ถูกคัดแยกจากดินบริเวณพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดพะเยา และ นำมาศึกษากระบวนการหมักวัสดุการเกษตรแบบ solid state fermentation (SSF) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่าเชื้อราดังกล่าวมีการเจริญและผลิตเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งให้ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อะไมเลส เท่ากับ 0.099±0.006 U/mL โดยเอนไซม์ดังกล่าวนี้มีช่วงการทำงานได้กว้าง คือ อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส และ ความเป็นกรดและด่าง 3.5-7.0 เมื่อนำเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ไปเป็นหัวเชื้อใส่ในกระบวนการหมักมันสำปะหลังแบบ SSF ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า มันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยวิธีนี้มีโภชนะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนเท่ากับ 4.12% และ ไขมัน 3.88% มากกว่ากระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศและไม่ใส่จุลินทรีย์ (โปรตีนเท่ากับ 2.18% และ ไขมัน 2.45%) และ การหมักด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์มาตรฐาน *R. orayzae* TISTR 3054 (โปรตีนเท่ากับ 3.85% และ ไขมัน 3.11%) ดังนั้นเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จึงเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์ด้วยกระบวนการหมักแบบ SSF ได้

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง เอนไซม์อะไมเลส *Rhizopus* solid state fermentation SSF

Abstract

Cassava is an agricultural material and may be a good substrate for nutrients improvement by amylolytic fungi through fermentation process. To improve the nutrition values of cassava for animal feeding, amylolytic fungus *Rhizopus* spp. UP04 was isolated from cassava cultivation area in Phayao province and characterization through solid state fermentation (SSF).

When *Rhizopus* spp. UP04 was characterized using cassava as the sole carbon source by SSF at 30 °C for 7 day, the values of amylase activity was found to be 0.099±0.006 U/ml. The range of pH and temperature (°C) for the enzymatic activities were 30-70 °C and pH 3.5-8.0. Cassava supplementary with *Rhizopus* spp. UP04 starter was fermented by SSF for 7 day at 30°C. The nutrition values of fermented cassava resulted in increased protein (4.12%) and fat (3.88%) which was higher than the control or ensiling process without mold starter (protein 2.18% and fat 2.45%) and fermentation process with standard culture of *R. orayzae* TISTR 3054 (protein 3.85% and fat 3.11%) respectively. The isolates *Rhizopus* spp. UP04 showed optimal starter at improving the nutrition values of cassava through SSF for animal feeding.

Keywords: Cassava, amylolytic enzyme, *Rhizopus*, solid state fermentation, SSF

บทนำ

กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์ถือเป็นนวัตกรรมของการสำรองพืชอาหารสัตว์ที่ใช้มาเป็นเวลานานแล้วในประเทศไทย เดิมจากการที่ระบบการเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยยังมีไม่มาก ดังนั้นในการหมักพืชอาหารสัตว์จะใช้หลักการถนอมพืชอาหารสัตว์ให้คงคุณค่าทางโภชนะไว้ในภาชนะปิดไม่ให้เสื่อมถอยโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติแบบไม่ใช้อากาศ (ensiling process) เช่น การหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งทำได้โดยการตัดหญ้าให้เป็นชิ้นเล็กๆ มีขนาดไม่เกิน 1 เซนติเมตร และ ใส่อัดลงในภาชนะปิดสนิทที่ไล่อากาศออกและหมักเก็บไว้ ซึ่งอาจปรับสภาพโภชนะโดยมีการเติมเกลือและกากน้ำตาล 0.5-2.0 กิโลกรัมต่อหญ้า 1 กิโลกรัม (วารุณี และคณะ, 2547) ซึ่งเมื่อหญ้าผ่านการหมักสมบูรณ์จะมีกลิ่นหอม อมเปรี้ยว หญ้าหมักเป็นสีเขียวอมเหลือง มีค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 3.0-4.0 และ กรดอินทรีย์ที่พบส่วนมากเป็น กรดแลคติค ซึ่งผลิตโดยแบคทีเรียกลุ่ม Lactic acid bacteria (LAB) ซึ่งเจริญได้โดยการใช้น้ำตาลและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค หรือ อะซิติก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย แต่ถ้ามีอากาศเข้าในระหว่างกระบวนการหมักจะพบกรดอะซิติกเกิดขึ้นได้จากการที่จุลินทรีย์หายใจแบบใช้ออกซิเจน (เสมอใจ, 2554)

อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์ในสภาพไม่มีอากาศโดยอาศัย LAB ในธรรมชาตินั้น มีข้อจำกัดอยู่บ้าง คือ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มักจะขาดเอนไซม์ในกลุ่มที่ย่อยเยื่อใยพืชและแป้ง เช่น เซลลูเลส ไซแลนเนส และ อะไมเลส เป็นต้น ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการหมักพืชอาหารสัตว์ที่มีน้ำตาลสูง เช่น หญ้าเนเปียร์ สับปะรด และ ต้นข้าวโพดสด แต่ในกรณีที่เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความแห้งสูง เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด และ มันสำปะหลังที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ จึงจำเป็นที่ต้องใส่อาหารเสริมเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วัสดุที่ต้นทุนต่ำ เช่น กากน้ำตาล รำหยาบ หรือ ยูเรีย เป็นต้น (ขรรค์ชัย และคณะ, 2558) โดยกระบวนการดังกล่าวนี้จะเป็นการถนอมอาหารซึ่งโภชนะที่เพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนจากเซลล์จุลินทรีย์ และ กรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น แต่ไม่ได้ไปเพิ่มการย่อยพืชหมักเนื่องจากการขาดเอนไซม์ในกลุ่มดังกล่าวดังนั้นการหมักที่เสริมจุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยและหมักเยื่อใยพืช(fermentation process) จึงมีส่วนอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักและเพิ่มโภชนะของพืชหมักให้ดียิ่งขึ้นได้ เพราะ เยื่อใยและแป้งในพืชอาหารสัตว์จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลและใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ใส่เข้าไปทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตและเกิดการหมักได้เร็วขึ้น อาทิ เช่น การเติมจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส ซึ่ง

เป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกๆ ที่ใช้ในการหมักพืชอาหารสัตว์ ธัญพืช และ พืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลังเช่น *Rhizopus*spp.*Mucor*spp.และ *Aspergillusoryzae*เป็นต้น (Soccoletal.1994;Pengthamkeerati et al. 2012) และ การใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสช่วยหมักพืชที่มีเยื่อใยสูง เช่น เปลือกข้าวโพด และ สับปะรด (Danmek et al., 2014) โดยระหว่างการหมักจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ย่อยเยื่อใยและแป้งเป็นน้ำตาล เพื่อให้พลังงานสำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากนั้น ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ และ LAB จะใช้น้ำตาลเพื่อเจริญและเกิดกระบวนการหมักเป็นกรดอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อไป ซึ่งผลดังกล่าวจะส่งผลให้เยื่อใยของวัตถุดิบอ่อนนุ่มลง และ มีคาร์โบไฮเดรตบางส่วนละลายออกมาได้ เช่น การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ทำให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 10% (Belewu and Babalola, 2009) และ การหมักฟักทองด้วยจุลินทรีย์ผสมหลายชนิดจะทำให้ฟักทองหมักมีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 15-18% และ ไขมัน 9% ซึ่งสูงกว่าฟักทองสดซึ่งมีโปรตีน 8-10% และ ไขมัน 6% ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับการหมักวัสดุการเกษตรอื่นๆ หลายชนิด เช่น งานทดลองของ Al-maadhidi et al. (2010) ได้ทำการหมักซังข้าวโพด และ Adamafio et al. (2010) ใช้จุลินทรีย์ในการหมักมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งจะทำให้คุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะโปรตีนเพิ่มขึ้นได้สูงกว่าวัตถุดิบ ที่ไม่ได้ผ่านการหมัก 1.5-5 เท่า ซึ่งคุณค่าทางโภชนะที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักเกิดจากการเปลี่ยนองค์ประกอบของวัสดุจำพวกแป้งไปเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อรา แล้วยีสต์จะใช้น้ำตาลในการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งจะได้เป็นโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein; SCP) คือ ส่วนของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการหมัก (Danmek et al., 2014) สอดคล้องกับ Antai & Mbongo (1994) รายงานว่าการหมักมันสำปะหลังโดยใช้ *Saccharomyces cereviseae* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนจาก 2.4% ในมันสำปะหลังสดเพิ่มเป็น 14.1% หลังจากผ่านกระบวนการหมัก นอกจากนี้ Oboh & Akindahunsi (2005) พบว่า แป้งมันสำปะหลังที่หมักด้วย *S. cerevisiae* ช่วยเพิ่มโปรตีนจาก 4.4% เป็น 10.9% และ ยังลดปริมาณสารพิษไซยาไนด์ อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักที่ดี ขึ้นอยู่กับปัจจัยและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ องค์ประกอบของสารตั้งต้น และระยะเวลาในการหมัก แหล่งไนโตรเจนและองค์ประกอบสำคัญอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์หมัก (Nuraini & Suslina, 2009) จากเหตุผลดังกล่าว การนำวัตถุที่หาได้ในท้องถิ่นที่มีราคาถูกมาหมักร่วมกับจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เช่น มันสำปะหลัง รวมไปถึงผลผลิตพืชเศรษฐกิจจากเกษตรกรที่ตกเกรด จะทำให้ได้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และ ต้นทุนต่ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกระตุ้นให้เกษตรกรนำมาหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์ จะทำให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่าได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาฟักทองไว้เป็นอาหารสัตว์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของการทดลองนี้มีแนวคิดที่จะนำมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง มาเพิ่มคุณค่าทางโภชนะโดยการผ่านกระบวนการหมักในกระบวนการ solid state fermentation แตกต่างจากกระบวนการหมักมันสำปะหลังที่ได้ทำมาในประเทศไทยซึ่งส่วนมากเป็นการหมักแบบถนอมอาหารในสภาพไม่มีอากาศ (ensiling process) ร่วมกับการใช้เชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสที่คัดแยกได้ ทำการศึกษาการเจริญ การผลิตเอนไซม์ และ คุณค่าทางโภชนะที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. จุลินทรีย์มาตรฐาน

เชื้อรา *Rhizopus orayzae* รหัส 3054 ได้รับความอนุเคราะห์มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

Seme-synthetic medium (SS medium) (Danmek et al., 2014) ประกอบด้วย glucose 2.0% (w/v) peptone 0.2% (w/v) yeast extract 0.1% (w/v) KH_2PO_4 0.2% (w/v) $MgSO_4$ 0.05% (w/v) $CaCl_2$ 0.01% (w/v) $ZnSO_4.7H_2O$ 0.0005% (w/v) $FeSO_4.7H_2O$ 0.0005% (w/v) $MnSO_4$ 0.0005% (w/v) และ Tween 80 0.2% (v/v)

Potato Dextrose Agar (PDA) และ Malt Extract Agar (MEA) เตรียมตามอัตราส่วนและวิธีการเตรียมของบริษัท Difco, USA อาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมดปรับ pH ด้วย HCl 1.0 N เพื่อให้มี pH เท่ากับ 5.5 และนำไปฆ่าเชื้อด้วยการ autoclave ที่อุณหภูมิ 125°C เป็นเวลา 15 นาที

3. การคัดแยกเชื้อราสายพันธุ์ที่มีการผลิตเอนไซม์อะไมเลส

*เก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกมันสำปะหลัง บริเวณบ้านโซ้ ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา (19°02'44.4 "**N**, 99°52'38.2" **E**) โดยใช้ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อนำไปทดสอบต่อที่ห้องปฏิบัติการ โดยนำมาคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้วิธี **spread plate technique** บนอาหารสูตรดัดแปลง **SS agar (Danmek et al.,** 2014) ที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเป็น **soluble starch** บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน **3-5** วัน เมื่อเชื้อราเจริญทำการคัดแยกลงในอาหาร **SS agar** ใหม่เพื่อแยกให้ได้เชื้อราที่บริสุทธิ์ และ ทำการตรวจสอบการผลิตเอนไซม์อะไมเลสของเชื้อราที่คัดแยกได้ โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเพื่อดูการเจริญ จากนั้นราดทับด้วยสารละลายไอโอดีน (**0.1% (w/v) iodine** และ **1.0% (w/v) potassium iodide)** ประมาณ **15** นาที สามารถสังเกตเชื้อราที่ผลิตอะไมเลส ได้โดยดูวงใส (**clear zone)** ที่เกิดขึ้น ทำการวัดขนาดของวงใสเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของโคโลนี ทำการคัดแยกเก็บเพื่อนำไปทดสอบต่อไป และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหารแข็งตามวิธีการของ **Klich** (2002) **Danmek et al** (2011) และ **Danmek et al** (2014) โดยศึกษาลักษณะต่างๆ เช่น สี ขนาด และรูปร่างของสปอร์ เป็นต้น*

4. การหมักมันสำปะหลังด้วยวิธี Solid state fermentation

มันสำปะหลัง 10.0 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีอาหาร SS medium ปริมาตร 40 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายสปอร์เชื้อรา (10^6 spore/ml) ที่คัดแยกได้ลงไป 1 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน เก็บเอนไซม์โดยการนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เก็บน้ำส่วนใสเพื่อวิเคราะห์น้ำตาล และ เอนไซม์เพื่อนำไปวัดค่าแอคติวิตีของอะไมเลสที่ความเป็นกรดและด่าง และ อุณหภูมิต่างๆ กัน (ดัดแปลงจาก Ghose, 1987) โดย 1 ยูนิตของเอนไซม์ หมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส 1 ไมโครโมล ภายใน 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ใช้ทดสอบ ในขณะที่ส่วนที่เป็นตะกอน คือ มันสำปะหลังหมักและเส้นใยเชื้อรานำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะตามวีของ AOAC (2006) ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 5 กลุ่มใหญ่ คือ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein, CP) ไขมัน (Crude fat หรือ Ether extract, EE) เยื่อใย (Crude fiber, CF) พร้อมกับหาแนวทางในการนำไปผสมเป็นสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS version 22) กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้จะใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังบริเวณบ้านโซ้ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองจังหวัดพะเยา ซึ่งเมื่อศึกษาจุลินทรีย์ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราในกลุ่มที่ทำให้ก่อโรคโดยเฉพาะเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* section *Nigri* (ตารางที่ 1) ซึ่งจะสร้างสารพิษโอคราท็อกซิน เอ (Ochratoxin A) (Abarca et al. 1994) และเมื่อทำการวัดวงใส (Clear zone) ที่ขึ้นบนอาหาร SS พบว่า เชื้อราในกลุ่ม *Mucor* sp. *Rhizopus* sp. และ *Aspergillus niger* ให้ค่าสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 7.6±0.9 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อตรวจสอบในเอกสารรายงานวิจัยพบว่าเป็นเชื้อราที่ใช้แพร่หลายในการผลิตอาหารหมักต่างๆ เช่น Hachmeister and Fung (1993) ซึ่งได้ศึกษาและคัดแยก *Rhizopus oryzae* จากอาหารหมักจากถั่วและแป้ง และ Saito et al (2004) ซึ่งศึกษาและคัดแยก *R. oryzae* IFO 4707 เพื่อใช้ในการหมักกากมันสำปะหลัง เป็นต้น และ จากการทดสอบการเจริญและผลิตเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อราที่คัดแยกได้ โดยนำเชื้อราที่มีขนาดของวงใสสูงสุดจำนวน 6 สายพันธุ์มาเลี้ยงโดยใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยใช้วิธีการหมักแบบ Solid State Fermentation (SSF) พบว่า เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 (ภาพที่ 1) ให้ค่ามีแอคติวีตีของเอนไซม์อะไมเลสเท่ากับ 0.099±0.006 U/mL (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Peixoto-Nogueira et al. (2008) และ Harjeet et al. (2015) รายงานว่า อะไมเลสจาก *Rhizopus* spp. มีค่าแอคติวีตีของสูงสุดในช่วงระยะเวลา 5-7 วัน

เมื่อนำเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 มาศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักมันสำปะหลัง พบว่าเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 มีค่าแอคติวีตีของเอนไซม์สูงสุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะลดประสิทธิภาพลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดแต่จะเป็นช่วงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เพราะ จากการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 และ เชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสอื่นๆ โดยทั่วไปจะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส (Kwon et al. 2001; Han & Nout, 2000) ดังนั้นในกระบวนการหมักโดยวิธี solid state fermentation จึงมีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา
เพราะ ในระหว่างการหมักจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย

เมื่อศึกษาผลของ pH ต่อการเจริญและเสถียรภาพของเอนไซม์ พบว่า ในระหว่างการหมักสำปะหลังร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จะมีการปลดปล่อยเอนไซม์อะไมเลสมาย่อยมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาล และใช้น้ำตาลเพื่อเจริญเติบโต ซึ่งจะมีการผลิตกรดอินทรีย์ต่างๆ ออกมาด้วย ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักลดต่ำลง ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4 ถึง 8 พบว่า *Rhizopus* spp. UP04 จะมีค่าแอคติวีตีของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.5-4.0 เอนไซม์ยังคงทำงานได้แต่ประสิทธิภาพจะลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 5.5 ซึ่งจากการทดลองนี้มันสำปะหลังที่หมักแบบ solid state fermentation

เป็นระยะเวลา 7 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงจากเดิม 6.0 เป็น 3.5 ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นว่าการหมักมันสำปะหลังแบบ solid state fermentation จึงมีระยะเวลาอยู่ในช่วงไม่เกิน 7 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Harjeet et al. (2015) พบว่า ค่าแอคติวีตีของอะไมเลสจาก *Rhizopus oryzae* จะมีค่าสูงสุดในช่วงที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 สอดคล้องกับรายงานอื่น ๆ กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแอคติวีตีของอะไมเลสจากเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 อยู่ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.5 ถึง 6.0 และช่วงอุณหภูมิระหว่าง 50 ถึง 75 องศาเซลเซียส (Takii et al. 2005; Ferreira et al. 2015)

การบ่มเชื้อโดยใช้วิธีการหมักแบบ Solid State Fermentation พบว่ามันสำปะหลังหมักด้วย *Rhizopus* spp. UP04 (fermentation process) มีคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนซึ่งเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ คือ 4.12% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อรามาตรฐาน *R. orayzae* TISTR 3054 (3.85%) และ มันสำปะหลังหมักที่ไม่มีการไม่เชื้อจุลินทรีย์ และ ไม่ให้อากาศ (ensiling process) คือ 2.18% (ตารางที่ 2) เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะอื่นๆ ของมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักเพิ่มเติม พบว่าคุณค่าทางโภชนะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งอาจเป็นผลมาจากโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ Zhang et al. (2013) แต่สิ่งที่พบจากการศึกษานี้ คือ อาหารหมักด้วย *Rhizopus* spp. UP04 นอกจากจะมีโปรตีนเพิ่มขึ้นมาแล้ว จะมีการผลิตกรดอินทรีย์ที่สำคัญที่ช่วยลด pH ของอาหารหมัก ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในถังหมักที่ปิดฝาสนิทไว้ได้ถึง 6 เดือน โดยที่โภชนะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Guyot et al. 2000) นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนและไขมันในมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักแบบ solid state fermentation ที่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่าสูงกว่าการหมักแบบ ensiling process ในชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การหมักจะมีการเติมหัวเชื้อ *Rhizopus* spp. UP04 จะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถเจริญและเกิดปฏิกิริยาการหมักได้เร็วขึ้น จึงทำให้พืชหมักเข้าสู่กระบวนการหมักได้เร็วและสามารถคงค่าโภชนะได้ดีกว่าพืชหมักที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคจำพวก Enterobacteria ได้อีกทางหนึ่ง และ เมื่อนำมันสำปะหลังหมักร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ที่ได้ไปประกอบเป็นสูตรอาหารโดยการเติมในสัดส่วน 50% จากการคำนวณมันสำปะหลังสามารถนำมาผสมเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ เพราะ เมื่อนำไปผสมในอัตราส่วน 100 กิโลกรัม ประกอบด้วย มันสำปะหลังหมัก 50 กก. รำหยาบ 13 กก. ถั่วเหลือง 35 กก. พรีมิกซ์ 0.5 กก. ไดแคลเซียม 1 กก. และ เกลือ 0.5 กก.วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะจะมีส่วนของโปรตีน คือ 14.69% (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามในการเพิ่มโภชนะของมันสำปะหลังด้วยวิธีหมักแบบ solid state fermentation ด้วยเชื้อราแสดงให้เห็นว่า สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของวัสดุการเกษตรได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีหมักแบบเดิมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ หรือ กระบวนการหมักแบบไม่มีอากาศ (ensiling process) นอกจากนี้จากความหลากทางชีวภาพของสายพันธุ์จุลินทรีย์ทำให้กระบวนการหมักแบบ solid state fermentation เป็นกระบวนที่สามารถนำจุลินทรีย์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการหมักให้ได้อาหารหมักที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ต้องการได้ เช่น การใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ อะไมเลส และ เซลลูเลส เพื่อช่วยในการย่อยโครงสร้างหลักของวัตถุดิบที่มีแป้งและเยื่อใยเป็นองค์ประกอบโดยจุลินทรีย์จะย่อยส่วนที่เป็นเยื่อใยและแป้งเป็นน้ำตาล เพื่อให้พลังงานกับจุลินทรีย์สำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากนั้น ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และกรดชนิดต่างๆ ซึ่งจะส่งผลให้อาหารหมักมีคุณค่าทางโภชนะเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับรายงานการศึกษาจากนักวิจัยหลายท่านที่ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมาหมักเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะก่อนที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* (Belewu and

Babalola, 2009) และ การเพิ่มโปรตีนในมันเส้นด้วยการหมักร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma viride* (Ezekiel et al., 2010) เป็นต้น

ตาราง 1: ความถี่ของชนิดและจำนวนเชื้อราที่ตรวจพบในดินบริเวณแปลงปลูกมันสำปะหลัง ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

Fungal isolate	% Occurrence
Mucor spp.	14.81
Rhizopus spp.	22.22
Trichoderma viride	7.41
Fusarium spp	7.41
Penicllium spp	11.11
Aspergillus flavus	7.41
Aspergillus niger	18.52
Aspergillus terreus	3.7
Neurospora cassa	7.41

ตาราง 2: คุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังที่หมักด้วยวิธีแบบ ensiling และ fermentation process

Parameters (%)	Ensiling process Without fungi	Fermentation process by *Rhizopus* spp. UP04	Fermentation process by *R. orayzae* TISTR 3054
Dry matter	40.25[a]	33.21[b]	34.25[b]
Crude Protein	2.18[b]	4.12[a]	3.85[a]
Ether extract	2.45[b]	3.88[a]	3.11[a]
Ash	0.88[a]	0.89[a]	0.87[a]
Fiber	2.30[a]	3.15[a]	2.86[a]
Lactic acid	64[a]	62[a]	66[a]
Acetic acid	10[b]	18[a]	15[a]
Butyric acid	0.5[a]	1.4[a]	1.2[a]
pH	3.7[a]	3.7[a]	3.5[a]
Yeast (log10 CFU/g silage)	2.3[a]	2.5[b]	2.2[b]
Fungi (log10 CFU/g silage)	2.1[a]	2.2[a]	1.8[a]
Bacteria (log10 CFU/g silage)	3.1[a]	3.0[a]	2.5[a]

ตารางที่ 3: คุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมที่มีมันสำปะหลังหมักเป็นองค์ประกอบ 50%

Feed nutrition	Proximate analysis
Moisture	10.42
DM	89.57
Ash	7.51
EE	3.74
CF	9.88
CP	14.69

หมายเหตุ สัดส่วนของอาหารผสม 100 กิโลกรัม ประกอบด้วย มันสำปะหลังหมัก 50 กก. รำหยาบ 13 กก. ถั่วเหลือง 35 กก. พรีมิกซ์ 0.5 กก. ไดแคลเซียม 1 กก. และ เกลือ 0.5 กก.

ภาพ 1: เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน และ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเส้นใย conidiosphore และ conidia ของเชื้อรา

ภาพ 2: ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อะไมเลสของเชื้อราที่คัดแยกได้เมื่อเลี้ยงบนอาหาร SS medium ที่มีมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน ด้วยวิธีหมักแบบ solid state fermentation ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7วัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทั้งหมดนี้จึงสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่า จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ พบว่า เป็นเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส สามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก และ ทนสภาวะแวดล้อมได้ที่ค่าความเป็นกรดและด่าง 3.5-8.0 และอุณหภูมิ 30–70 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปทดสอบต่อเพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับทดสอบประสิทธิภาพและการนำไปใช้ในกระบวนการหมักมันสำปะหลังเพื่อประยุกต์ใช้เพื่อผลิตอาหารสัตว์ โดยใช้วิธีการหมักแบบ solid state fermentation ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการหมักแบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้เพิ่มโภชนะวัสดุการเกษตร โดยเฉพาะโปรตีนและไขมันได้ดีกว่าแบบเดิมที่ไม่เติมอากาศ หรือ การเติมจุลินทรีย์ (ensiling process)

ข้อเสนอแนะ

การใช้จุลินทรีย์ต่างๆ ในกระบวนการหมักมีสิ่งที่ต้องพึงระวัง คือ ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ และ กระบวนการผลิตอาหารหมัก ซึ่งจะต้องไม่ใช้จุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือ มีการผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งควรจะต้องศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ดำเนินการโดยความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยาและศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เชียงราย กรมปศุสัตว์ ภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการ (Memorandum of Understanding; MOU) ระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยาและกรมปศุสัตว์ และขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา Unit of Excellence สัญญาเลขที่ UoE60002

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2547ก). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

กรมปศุสัตว์. (2547ข). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์แห้ง กองอาหารสัตว์: เอกสารคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

กรมปศุสัตว์. (2547ค). ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์: เอกสารคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ, โชค โสรัจกุล และชยุต ดงปาลีธรรม. (2558). การประยุกต์ใช้เปลือกข้าวโพดหมักเพื่อเลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดพะเยา. สัตวบาล, 25 (108) ,22-25.

วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์ และจันทกานต์ อรณนันท์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

เสมอใจ บุรีนอก. (2554). การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืชหมักเขตร้อน. แก่นเกษตร. 39: 85-98.

Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castellá, G., Cabañes, F. J. (1994). Ochratoxin A production by strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. Applied and Environmental Microbiology, 60(7), 2650–2652.

Antai, S. P, Mbongo, P. M. (1994). Utilization of cassava peels as substrate for crude protein formation. Plant Foods for Human Nutrition, 46(4), 345-351.

AOAC. (2006). Chapter 4: Animal feed. In: Official methods of analysis. 18th ed. AOAC International, Arlington, VI, USA.

Adamafio, N. A., Sakyiamah, M., Tettey, J. (2010). Fermentation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) pulp juice improves nutritive value of cassava peel. African Journal of Biochemistry Research, 4(3), 51-56

Al-maadhidi, J. F., M. Al-khatib, S. R. Farhan and H. Fahim. (2010). Effect of different nitrogen sources supplement on the final crude protein yield from fermented corn cob. The Journal of Madenat Al-elem College, 2(1), 26-31.

Belewu, M.A. & Babalola, F.T. (2009). Nutrient enrichment of waste agricultural residues after solid state fermentation using *Rhizopus oligosporus*. Journal of Applied Biosciences, 13, 695-699.

Danmek, K., Prasongsuk, S., Lotrakul, P., Damann, K. E., Eveleigh, D. E., Punnapayak, H. (2011). Effect of Avid® on the synnema-like formation of *Aspergillus flavus* grown on Czapek medium. African Journal of Microbiology Research, 5(18), 2812-2815.

Danmek, K., Intawicha, P., Thana, S., Sorachakula, C., Meijer, M., Samson, R.A. (2014). Characterization of cellulase producing from *Aspergillus melleus* by solid state fermentation using maize crop residues. African Journal of Microbiology Research, 8(24), 2397-2404.

Ferreira, O.E., Montijo, N.A., Martins, E.S., Mutton, M.J.R. (2015). Production of α-amylase by solid state fermentation by *Rhizopus oryzae*. African Journal of Biotechnology, 14(7), 622-628.

Ghose, T.K. (1987). Measurement of cellulase activities. IUPAC, 59, 257-268.

Guyot, J.P., Calderon, M., Morlon-Guyot, J. (2000). Effect of pH control on lactic acid fermentation of starch by *Lactobacillus manihotivorans* LMG 18010^{T}. Journal of Applied Microbiology, 88, 176–182.

Han, B. Z., Nout, R. M. J. (2000). Effects of temperature, water activity and gas atmosphere on mycelial growth of tempe fungi *Rhizopus microsporus* var. *microsporus* and *R. microsporus* var. *oligosporus*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 16(8–9), 853–858.

Harjeet, K., Arora, M., Bhatia, S., Alam, M.S. (2015). Optimization of α-amylase and glucoamylase production in solid state fermentation of deoiled rice bran (DRB) by *Rhizopus oryzae*. International Journal of Pure & Applied Bioscience, 3(6), 249-256.

Kwon, J. H., Kang, S. W., Kim, J. S., Park, C. S. (2001). Rhizopus Soft Rot on Cherry Tomato Caused by Rhizopus stolonifer in Korea. Mycobiology, 29(3), 176-178.

Klich, M.A. (2002). Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. Mycologia, 94(1), 21- 27.

Nuraini, S., & Suslina, A. L. (2009). Improving the quality of tapioca by product through fermentation by *Neurospora crassa* to produce beta carotene rich feed. Pakistan Journal of Nutrition, 8, 487-490.

Peixoto-Nogueira, S. C., Sandrim, V. C., Guimarães, L. H. S., Jorge, J. A., Terenzi, H. F., Polizeli, M. L. T. M. (2008). Evidence of thermostable amylolytic activity from *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis* using wheat bran and corncob as alternative carbon source. Bioprocess and Biosystems Engineering, 31(4), 329–334.

Pengthamkeerati, P., Numsomboon, S., Satapanajaru, T., Chairattanamanokorn, P. (2012). Production of α-amylase by *Aspergillus oryzae* from cassava bagasse and wastewater sludge under solid-state fermentation. Environmental Progress & Sustainable Energy, 31(1), 122-129.

Soccol, C. R., Marin, B., Raimbault, M., Lebeault, J.M. (1994). Breeding and growth of *Rhizopus* in raw cassava by solid state fermentation. Applied Microbiology and Biotechnology, 41(3), 330-336.

Takii, Y., Ikeda, K., Sato, C., Yano, M., Sato, T., Konno, H. (2005). Production and characterization of β-glucosidase from *Rhizopus oryzae* MIBA348. International Journal of Biological Macromolecules, 5(1), 11-16.

Zhang, H.Y., Piao, X.S., Li, P., Yi, J.Q., Zhang, Q., Li, Q.Y., Liu, J.D., Wang, G.Q. (2013). Effects of single cell protein replacing fish meal in diet on growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned pigs. Asian-Australas. Journal of Animal Science, 26, 1320-1328.

เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

Multi-purpose Mushroom Growing Apparatus with Automatic Humidity and Temperature Control Systems

อดิศักดิ์ ภู่กลัด(Adisak Phukar) คัชรินทร์ ทองฟัก(Kacharin Thongfak)
วาสนา สิงห์ดวง(Wassana Singhadaung)*
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
*Corresponding author. E-mail: wassana@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด 2) ออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด 2) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ 3) ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่า สภาพปัญหาของการเพาะเห็ดส่วนใหญ่ คือ ผลผลิตออกไม่สม่ำเสมอ ไม่มีเวลารดน้ำ ผลผลิตไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย จึงทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติด้วย เทคโนโลยีไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) และโมดูล AMT 1001 และเมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับการเพาะเห็ดแบบเก่าที่ไม่ใช้เครื่อง พบว่าการเพาะเห็ดเมื่อใช้เครื่องสามารถทำให้ได้ปริมาณเห็ดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เครื่องเพาะเห็ด ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความชื้น ระบบอัตโนมัติ

Abstract

This study aims to: 1) investigate problems of mushroom growing, 2) design and develop a multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system, and 3) evaluate efficiency of the developed mushroom growing apparatus. The study was divided into 3 phases: 1) study of mushroom growing problems, 2) design and development of multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system, and 3) evaluation of efficiency of the developed mushroom growing apparatus. Results of the study showed that most of mushroom growing problems concern with inconsistent yield, lack time for watering, and unsatisfactory productivity. Therefore, a multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system was designed and developed with Arduino UNO R3 microcontroller AMT 1001 module. When comparing efficiency

against traditional non-automatic growing method, it was found that mushroom growing with automatic apparatus gave higher yield of mushroom.

Keywords: mushroom growing apparatus, temperature control, humidity control, automatic

บทนำ

มนุษย์ทั่วโลกรู้จักเห็ดมานานโดยมีสายพันธุ์ของเห็ด มากกว่า 30,000 สายพันธุ์ แต่มีถึงร้อยละ 99 สายพันธุ์ที่บริโภคได้ ที่เหลือร้อยละ 1 เป็นเห็ดพิษหรือเห็ดเมา ในอดีตเห็ดที่นำบริโภคนั้นมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น เห็ดฝรั่ง เห็ดหอม เห็ดโคน และเห็ดฟาง ซึ่งเห็ดนั้นเมื่อนำมาประกอบอาหารจะมีกลิ่นหอมรสชาติดี คนไทยนิยมบริโภคมาแต่บรรพบุรุษ เห็ดมีโปรตีนสูง 2-4 % เทียบเท่ากับที่พบในพืชจำพวกถั่วเมล็ดแห้ง มีน้ำ 80-90 % มีกากอาหาร 1 % และมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม โดยเฉพาะมีเกลือแร่สูงกว่าผักถึง 2 เท่า ถือว่าเห็ดมีคุณค่าทางอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ แต่ไม่มีสารโคเลสเตอรอลที่เป็นอันตรายต่อระบบไหลเวียนของโลหิต เห็ดจึงเหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคตับ โรคไต โรคหัวใจ และความดันโลหิตสูง และในปัจจุบันพบว่าหลาย ๆ ประเทศหันมาให้ความสนใจและร่วมมือกันในการวิจัยและค้นคว้า ทดลอง คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์เห็ด ให้มีจำนวนมากขึ้น และพัฒนาเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค (วิชาการ.คอม, 2551) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่การเพาะเห็ดในเชิงการค้ามากขึ้นและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดที่ดี โดยส่วนใหญ่จะต้องมีลักษณะดังนี้คือสถานที่จะใช้เพาะเห็ดควรจะมีลักษณะเป็นที่โล่งแจ้งอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้นมากเกินไป มีระบบระบายน้ำที่ดีไม่มีสารปนเปื้อนยาฆ่าแมลงและเชื้อรา ลักษณะของสภาพดินไม่เป็นดินเค็มเพราะความเค็มของดินจะทำให้เส้นใยของเห็ดไม่รวมตัวกันเป็นดอกเห็ด และถ้าหากเป็นพื้นที่ที่เคยเพาะเห็ดมาก่อนควรมีการทำความสะอาดบริเวณนั้นให้สะอาดเสียก่อน จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และแสง มีความสำคัญซึ่งต้องจัดสภาพแวดล้อมดังกล่าวภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้เหมาะสมสำหรับเห็ดแต่ละชนิดเพราะปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเห็ด ถ้าสามารถกำหนดและควบคุมให้เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิดจะเพิ่มโอกาสที่เห็ดจะพัฒนาเป็นดอกและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้น และเห็ดนางฟ้ามีราคาสูง จึงทำให้มีผู้เพาะเห็ดนางฟ้าเป็นจำนวนมาก (ลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร, 2560)

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการเพาะเห็ดของนักศึกษา สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก พบว่า การเพาะเห็ดของนักศึกษานั้นส่วนใหญ่จะประสบปัญหาผลผลิตออกไม่สม่ำเสมอ ไม่มีเวลารดน้ำ ผลผลิตไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด มาจากสภาพอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ และยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลในแต่ละช่วงเวลา การให้น้ำในโรงเพาะเห็ดแต่ละครั้งนั้นจะต้องอาศัยประสบการณ์จากการเพาะเห็ด หากไม่มีความชำนาญ การให้น้ำในโรงเพาะเห็ดอาจจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเห็ดที่ได้ไม่สม่ำเสมอ บางครั้งปริมาณการให้น้ำในโรงเพาะเห็ดอาจน้อยหรือมากเกินความต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ดด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน และเพิ่มปริมาณและคุณภาพของเห็ดที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางลมดำของนักศึกษา สาขาวิชาพืชศาสตร์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1.1 แบบสัมภาษณ์ ใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการเพาะเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางลมดำของนักศึกษา สาขาวิชาพืชศาสตร์

1.1.2 แบบสังเกต ใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

1.2 เครื่องมือในการพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย

1.2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย

1.2.2 โมดูล AMT 1001 เป็นเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิและความชื้น

1.2.3 LCD (Blue Screen) สำหรับแสดงผล

1.2.4 รีเลย์ (Relay) 2 Channel ใช้ในการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2.5 Keypad ชุดโมดูลปุ่มกดกึ่งสำเร็จรูปสำหรับ Input ข้อมูลหรือป้อนคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรเลอร์

1.2.6 Buzzer ลำโพงแบบแม่เหล็ก แบบเปียโซที่มีวงจรกำเนิดความถี่อยู่ภายในตัว ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-5V

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นตอนการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด

ขั้นตอนนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ นักศึกษาสาขาพืชสัตว์ จำนวน 5 คน ซึ่งเมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และสรุปผลสภาพปัญหารวมถึงลักษณะสารสนเทศที่ผู้ใช้ได้รับในปัจจุบันเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนนี้จะนำผลสรุปที่ได้จากการสัมภาษณ์มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ โดยมี 2 ขั้นตอน คือ

2.2.1 การออกแบบระบบ ประกอบด้วย 1) แผนภาพระบบ (System diagram) 2) แผนภาพระบบไฟ (Wiring diagram) 3) แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart) และ 4) คำสั่งในโปรแกรม (Code program)

2.2.2 การออกแบบระบบ Input/output ของระบบงาน ประกอบด้วย การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนนี้ใช้การประเมินด้วยปริมาณเห็ดที่ได้จากการเพาะเห็ดทั้งแบบเก่าและแบบที่ใช้เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ได้ผลการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด

จากการสัมภาษณ์ พบว่า การรดน้ำในการเพาะเห็ดนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ในการเพาะเห็ด เพราะการรดน้ำนั้น ทำให้เกิดผลต่ออุณหภูมิและความชื้นโดยตรง นี่จึงเป็นอุปสรรคแก่ผู้ที่เริ่มเพาะเห็ด เพราะไม่รู้ว่าต้องรดน้ำในปริมาณเท่าใด จึงเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ด และอีกสาเหตุหนึ่งคือน้ำที่รดไปนั้นไม่มีระบบการระบายที่ดี จึงทำให้ภายในโรงเรือนนั้นเกิดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ช้า และประสิทธิภาพต่ำ

2. ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการการออกแบบระบบ แสดงดังภาพ 1, 2, 3 และ 4 ดังนี้

ภาพ 1 แสดงแผนภาพระบบ (System diagram)

ภาพ 2 แสดงแผนภาพระบบไฟ (Wiring diagram)

ภาพ 3 แสดงแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart)

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <EEPROM.h>

#define PUMP    11
#define FAN     10
#define Buzzer  12

int  TMin,TMax,HMax,HMin,Humidity,Temperature;

//-----------------------------------------------------
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char keys[ROWS][COLS] = {{'1','2','3','A'},
                         {'4','5','6','B'},
                         {'7','8','9','C'},
                         {'*','0','#','D'}
                        };
byte rowPins[ROWS] = {9, 8, 7, 6}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {5, 4, 3, 2}; //connect to the column pinouts of the keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
//------------ LCD --------------------------
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4);// PCF8574A =  0x3F

//-------------------------------------------
```

```
void loop(void)
{ long  TAD[2],HAD[2],Humi[2],Temp[2];
  char  i,Step=0,Key;

  while(Key == NO_KEY)
  { HAD[0] = 0; TAD[0] = 0;

   for(i=0;i<10;i++)
   {
    HAD[0] = HAD[0] + analogRead(0);delay(1);
    TAD[0] = TAD[0] + analogRead(1);delay(1);
   }
    HAD[0] = HAD[0]/10;
    TAD[0] = TAD[0]/10;
    Humi[0] =   (HAD[0] * 100)/614; // 0 - 3V  // 0- 614 // 0 -100%
    Temp[0] =   (TAD[0] * 80)/164;  // 0 - 0.8V  // 0- 164 // 0 -80C
    Humidity    =  Humi[0];
    Temperature =  Temp[0];
    Temperature =  Temperature + 3;
    lcd.setCursor(15,0);ShowNum(Humidity,3);
    lcd.setCursor(16,1);ShowNum(Temperature,2);

    if(Humidity < HMin){digitalWrite(PUMP,LOW);delay(500);}
    if(Humidity >= HMax){digitalWrite(PUMP,HIGH);}

    if(Temperature > TMax){digitalWrite(FAN,LOW);delay(500);}
    if(Temperature <= TMin){digitalWrite(FAN,HIGH);}

    Key = keypad.getKey();
  }
```

ภาพ 4 แสดงตัวอย่างคำสั่งในโปรแกรม (Code program)

2.2 ผลการออกแบบระบบ Input/output ของระบบงาน มีดังนี้

ภาพ 5 ถึง ภาพ 8 เป็นการแสดงขั้นตอนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ (Input/Output) ดังนี้

ภาพ 5 แสดงขั้นตอนการต่อ liquid crystal display

ภาพ 6 แสดงขั้นตอนการต่อ Module AMT1001

ภาพ 7 แสดงขั้นตอนการต่อ Module Relay

ภาพ 8 แสดงขั้นตอนการต่อ Keypad

เมื่อต้องการใช้งานเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ อันดับแรกให้เลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นกับโรงเรือนที่ใช้ตามความเหมาะสม ดังภาพ 9

ภาพ 9 แสดงภาพการติดตั้งเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อระบบเริ่มทำงานจากนั้น กดปุ่ม A เพื่อกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตามต้องการ โดยให้กำหนดค่าความชื้นเป็นช่วง (ระหว่าง) ตัวอย่างเช่น กำหนดความชื้น 70-75% เมื่อกำหนดค่าเสร็จให้กดปุ่ม # เพื่อยืนยัน ซึ่งข้อมูลจะแสดงทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 10

ภาพ 10 แสดงภาพการตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อกำหนดค่าความชื้นเรียบร้อยจากนั้น กดปุ่ม B เพื่อกำหนดค่าอุณหภูมิ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตามต้องการ โดยให้กำหนดค่าความชื้นเป็นช่วง (ระหว่าง) ตัวอย่างเช่น กำหนดอุณหภูมิ 22 °C - 30°C เมื่อกำหนดค่าเสร็จให้กดปุ่ม # เพื่อยืนยันค่าอุณหภูมิ ซึ่งข้อมูลจะแสดงทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 11

ภาพ 11 แสดงภาพการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

หากค่าของอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนดไว้ เครื่องจะทำการเปิดระบบปั๊มน้ำ สังเกตได้จากวงกลมสีแดง ไฟ Relay จะติด แสดงว่าเครื่องยังทำการปั๊มน้ำอยู่เนื่องจากความชื้นอยู่ที่ 74% สามารถดูข้อมูลผ่านทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 12

ภาพ 12 แสดงภาพการทำงาน (ในกรณีที่ค่าความชื้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้) ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ได้ที่ http://adisak60.plc.rmutl.ac.th ก็จะสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้ โดยผู้ใช้สามารถเข้ามาชมเว็บไซต์ได้โดยไม่ต้องล็อกอินเข้าสู่ระบบ และไม่เสียค่าบริการใด ๆ และจะปรากฏหน้าจอดังภาพข้างล่าง ซึ่งเป็นเว็บไซต์ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 13

ภาพ 13 แสดงเว็บไซต์นำเสนอข้อมูลเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

เมื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการนำเครื่องเพาะเห็ดที่สร้างขึ้นไปทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดว่าเมื่อมีการใช้เครื่องเพาะเห็ดแล้วจะสามารถเพิ่มปริมาณของเห็ดเพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจากปริมาณของเห็ดจำนวน 50 ก้อน จากการเพาะเห็ดแบบเก่าที่ไม่ใช้เครื่องกับแบบที่ใช้เครื่อง ซึ่งทำการประเมินประสิทธิภาพ 3 ครั้ง มีผลการทดลองดังภาพ 14 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติไปใช้เพาะเห็ดสามารถทำให้ได้ปริมาณเห็ดเพิ่มขึ้น

ภาพ 14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเห็ดนางฟ้าของการเพาะเห็ดแบบเก่าและแบบใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติในครั้งนี้ เป็นการนำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) มาใช้ในส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร (2560) ซึ่งทำงานวิจัยเรื่อง โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ ที่ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) และ โมดูล DHT21 มาใช้ในระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดนางฟ้า มาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าเพื่อเป็นการลดผลกระทบทุกสภาพความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศและเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นโดยที่ค่าของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยมีเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อให้การดูแลโรงเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ตามที่ผู้ใช้ระบบได้กำหนดค่าไว้ ทั้งนี้ยังสามารถควบคุมปริมาณไร แมลง และโรคที่เป็นปัญหาในการเพาะเห็ด เนื่องจากลักษณะเด่นของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติเป็นระบบปิด สามารถป้องกันไร แมลง และลดการเกิดโรค และการรดน้ำอัตโนมัติถูกออกแบบมาพิเศษเพื่อแก้ปัญหาน้ำกระเด็นไปสัมผัสบริเวณดอกของเห็ดโดยตรง ในส่วนของการตั้งค่าอุณหภูมิ ผู้ใช้สามารถ เพิ่ม ลบ หรือปรับเปลี่ยนค่าได้ตามความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการพัฒนาต่อยอดควรมีการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่นได้
2. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้
3. ในการทำวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการคำนวณจุดคุ้มทุนในการนำเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ อย่างดีด้วยคำแนะนำปรึกษาและคอยดูแลจาก อาจารย์คัชรินทร์ ทองฟัก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา สิงห์ดวง ที่ปรึกษาโครงการร่วม ที่คอยสอนให้ความดูแลเอาใจใส่ แนะนำ ให้ความช่วยเหลือเสมอมาตลอดการศึกษา และเป็นกำลังใจตลอดมา ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมถึงคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำ และต้องขอขอบพระคุณบิดามารดาและบุคคลในครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักซึ่งได้เป็นผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร. (2560). *โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ.* นำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 2 วันที่ 26-27 กรกฎาคม 2559 ณ อุบลราชธานี, หน้า 364-374.

วิชาการ.คอม. (2551). *ความสำคัญของการเพาะเห็ด.* สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 ธันวาคม 2560 จาก: http://www.vcharkarn.com/blog/38061/8322

ความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยระหว่างเทคนิคการจำแนกแบบละเอียดจุดภาพและการจำแนกแบบกำกับดูแล

The accuracy of classified sugarcane planting areas between Sub-pixel and supervised classification techniques.

ศีตลา บัวขาว(Sitala Buakhao)[1*] นัฐพล มหาวิค(Nattapon Mahavik)[1]
กัมปนาท ปิยะธำรงชัย(Kampanart Piyathamrongchai)[1]
[1]ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
[*]Corresponding author. E-mail: sitala.buakhao@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพและการจำแนกแบบกำกับดูแล ทำการศึกษาบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 (ช่วงวันที่ 13 ธันวาคม 2558) ในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพจะศึกษา 3 รูปแบบคือ 1) สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง (Training areas) ด้วยขนาดและการกระจาย 2) สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ และ 3) ทำการจัดกลุ่มแบนด์แล้วทำการจำแนกพร้อมกับทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลการลงภาคสนามร่วมกับ google earth ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การจำแนกแบบกำกับดูแล ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องร้อยละ 84.73 ส่วนการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ด้วยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ และการเลือกขนาดด้วยจำนวนจุดภาพที่มีจำนวน 50 จุดภาพ ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 75.74 และ 76.96 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกโดยการจับกลุ่มแบนด์ ผลลัพธ์ที่ได้คือ การจำแนกแบบกำกับดูแลให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 23457 มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 86.41 และการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 236 ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55

คำสำคัญ: การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ อ้อย การจำแนกแบบกำกับดูแล ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8

Abstract

This study compared the classification of sugarcane plantation area between Sub-pixel and Supervised classification. Study area is located in Mueang District, Kamphaengphet province using Landsat 8 imagery data on December 13, 2015. Sub-pixel classification on 3 techniques has been applied as follows: (1) Random sampling areas from size and distribution (2) Random sampling areas by a number of pixel and (3) combined bands. Accuracy assessment has been done with the use of field survey data associated with image of google earth. The study indicated that accuracy of supervised classification was 84.73 percent. Sub-pixel classification with random

sampling areas with a small, numerous, distributed throughout the area produced 75.74 percent in the accuracy assessment, while the random sampling areas using produce 76.96 percent in the accuracy assessment. Moreover, band combinations results of Sub-pixel and Supervised classification indicated that best result of supervised classification is the combined bands of 23457 producing 86.41 percent of accuracy assessment. For the result of sub-pixel classification is shown accuracy at 94.55 percent in the combined bands 236.

Keywords: Sub-pixel classification, Sugarcane, Supervised classification, Landsat 8

บทนำ

พืชเศรษฐกิจประเทศไทยที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพด เป็นต้น ปัจจุบันพบว่ามีการปลูกอ้อยกันอย่างแพร่หลาย เพราะอ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลและด้านพลังงาน ในแต่ละปีมีการส่งออกน้ำตาลสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 2-3 แสนล้านบาท ซึ่งจังหวัดกำแพงเพชรเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกอ้อยเพื่อการผลิตน้ำตาล โดยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 4 แสนกว่าไร่ มีผลผลิตประมาณ 10 ตันต่อไร่ จังหวัดกำแพงเพชรมีระบบการผลิตและตลาดที่มั่นคง มีโรงงานอุสาหกรรมที่รองรับผลผลิตจากเกษตรกร 3 แห่ง ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรจำนวนมากได้ปรับเปลี่ยนพื้นที่เกษตรมาพื้นที่ปลูกอ้อย เนื่องจากได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน จึงทำให้อ้อยเป็นพืชที่ได้รับความนิยมและมีแนวโน้มการขยายตัวเชิงพื้นที่สูงในอนาคต ทำให้การสำรวจติดตามพื้นที่ปลูกอ้อยมีความสำคัญในการวางแผนรวมถึงการบริหารจัดการทั้งของหน่วยงานรัฐและเอกชนในด้านการลงทุนและนโยบายทางด้านราคา

ในการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการติดตามการเปลี่ยนของพื้นที่ ในปัจจุบันได้นำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาใช้ประโยชน์ในระดับประเทศ เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ทำให้การสำรวจเป็นไปได้อย่างรวดเร็วในการสนับสนุนด้านนโยบายภาครัฐ นอกจากนั้นข้อมูลภาพดาวเทียมยังนำมาติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ป่า การติดตามพื้นที่ก่อนและหลังการเกิดภัยพิบัติ เป็นต้น ในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายยกตัวอย่างข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท ทำให้เปิดโอกาสให้หน่วยงานระดับท้องถิ่นที่มีความรู้ในการจัดการข้อมูลสามารถนำกระบวนการทางด้านการสำรวจระยะไกลหรือรีโมทเซนซิ่ง (Remote sensing) มาสำรวจทรัพยากรในพื้นที่ของตนเองได้

อย่างไรก็ตามการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมมีหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมหนึ่งในนั้นคือการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นกระบวนการที่ผู้จำแนกต้องสร้างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง (training area) ของแต่ละชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินขึ้นมา เพื่อเป็นค่าสถิติตัวแทนในการประมวลผลจุดภาพในแต่ละช่วงคลื่นของภาพดาวเทียมนั้น อย่างไรก็ตามความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการเลือกพื้นที่ตัวอย่างนี้เป็นอย่างมาก หากมีการเลือกสิ่งปกคลุมปะปนข้ามกลุ่มตัวอย่างเข้าไปในเป็นตัวแทนค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างแล้วจะมีผลต่อค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกด้วยวิธีนี้ Watanachaturaporn et al. (2006) กล่าวไว้ว่า การจำแนกแบบจุดภาพนั้นอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกที่มีปัญหาการปะปนกันภายในจุดภาพ จึงได้มีการนำวิธีการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ (Sub-pixel classification) มาแก้ปัญหานี้ เพราะเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขการจำแนกวัตถุที่ปะปนกันภายในจุดภาพได้

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเทคนิควิธีการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ มาทำการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย โดยนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ซึ่งวิธีนี้อาจจะเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถเพิ่มความถูกต้องให้กับผลการจำแนกข้อมูล อันจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ติดตามพื้นที่การปลูกอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อประเมินความถูกต้องในการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย ด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ และการจำแนกแบบกำกับดูแล โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8

2.เพื่อศึกษาตัวแปรในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ที่มีผลต่อความถูกต้องของการจำแนก

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพกับการจำแนกแบบกำกับดูแล โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 คณะผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เนื่องจากบริเวณพื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชรมีการทำเกษตรกรรมอย่างหนาแน่น ทั้งพืชไร่และพืชสวน โดยเฉพาะอ้อยที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย บริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีลักษณะทางกายภาพเป็นเขาสูงลาดชันจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก

อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ตั้งอยู่ตอนกลางค่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด มีเนื้อที่ประมาณ 1,348.536 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียง ดังนี้

- ทิศเหนือ ต่อต่อกับ อำเภอโกสัมพีนครและอำเภอพรานกระต่าย
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอไทรงาม
- ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอคลองขลุงและอำเภอขาณุวรลักษบุรี
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอคลองลาน (ดังภาพที่ 1)

ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ตาราง 1 ข้อมูล

ข้อมูล	ช่วงเวลา	ลักษณะข้อมูล
1 .ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8	วันที่ 13 ธันวาคม 2558	- เป็นข้อมูล Raster (https://earthexplorer.usgs.gov) - มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร
2. ข้อมูลการลงภาคสนาม	เดือน ธันวาคม 2559	- เป็นข้อมูล Sharp file แบบจุด ที่ถูกแปลงมาจากค่าพิกัดจาก GPS ที่ได้จากการลงภาคสนาม
3.ข้อมูลภาพจาก Google earth	ช่วงปี 2017	- เป็นข้อมูล Raster

กรอบการศึกษา

ภาพ 2 กรอบการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกภาพข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 เนื่องจากไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้ข้อมูล โดยทำการกรองข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ปราศจากเมฆจากเว็ปไซต์ของ NASA เมื่อทำการดาวน์โหลดข้อมูลมาได้แล้ว ทำการประมวลผลเบื้องต้นด้วยการรวมแบนด์หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า Layer stacking โดยข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ทั้งหมด 11 ช่วงคลื่น แต่ในการศึกษาในครั้งนี้จะเลือกใช้ 6 ช่วงคลื่น (แบนด์ 2-7) คือ ช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (น้ำ

เงิน เขียว แดง) ช่วงคลื่น near infrared ช่วงคลื่น shot wave infrared1 และ 2 จากนั้นทำการปรับแก้พิกัดเชิงเรขาคณิต โดยการสร้างความสัมพันธ์ข้อมูลดาวเทียมที่ได้มากับข้อมูลที่ใช้ในการอ้างพิกัดในทางภูมิศาสตร์

เมื่อทำการจัดการกับข้อมูลดาวเทียมแล้วจึงทำการวางแผนการลงเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยจะทำการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้ง 2 ชุด ชุดละ 7 ประเภทข้อมูล ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า แหล่งน้ำ และพื้นที่เปิดโล่ง ในการเลือกเก็บข้อมูลภาคสนาม จะเลือกบริเวณที่เด่นชัด สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนข้อมูลดาวเทียม ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้สะดวกต่อการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป โดยข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 จะใช้เป็นข้อมูลที่ใช้เลือกเป็นพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลชุดที่ 2 จะเป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ได้จาก google earth เพื่อใช้ในกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเป็นกระบวนการหลังจากการทำการจำแนกข้อมูล

กระบวนการต่อมาจะเป็นการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) ในการจำแนกแบบกำกับดูแลจะใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก เพราะได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูง โดยจะใช้ข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 มาใช้ในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ทำการจำแนกพื้นที่ออกเป็น 7 ประเภทตามข้อมูลภาคสนาม

กระบวนการต่อมาคือการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ (Sub-pixel classification) จะทำการทดสอบทั้งหมด 3 แบบคือ

1. สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย
   - 1.1 การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่
   - 1.2 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ 1 พื้นที่
   - 1.3 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก 1 พื้นที่
   - 1.4 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก จำนวนจุดไม่มาก กระจายตัวทั่วพื้นที่
   - 1.5 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่
   - 1.6 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่
2. สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ
3. การเลือกจัดกลุ่มแบนด์

ในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพจะใช้เฉพาะค่าสะท้อนเชิงคลื่นของพื้นที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่1 มาในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง

ภาพ 3 แบบแสดงการจำลองการสะท้อนของวัตถุที่มีการ 2 วัตถุขึ้นไป คือ $R_1(\lambda)$ เป็นวัตถุที่สนใจและ$R_2(\lambda)$ เป็นวัตถุพื้นหลัง (แหล่งอ้างอิง Image Subpixel classifier user's guide 2008)

รังสีของจุดภาพเป็นการรวมรังสีของวัตถุทั้ง 2 ชนิด

$$I_1(\lambda) = I_0(\lambda)\frac{(R_1(\lambda)A_1+R_2(\lambda)A_2)}{A}$$ _____สมการ (1)

$I_1(\lambda)$ = ค่ารังสีสะท้อน

$I_0(\lambda)$ = ค่ารังสีตกกระทบ

$R_1(\lambda)$ = ค่าสะท้อนของวัตถุที่สนใจ

$R_2(\lambda)$ = ค่าสะท้อนของวัตถุพื้นหลัง

A_1 = พื้นที่ของวัตถุที่สนใจ

A_2 = พื้นที่ของวัตถุพื้นหลัง

A = พื้นที่ทั้งหมด ซึ่งได้มาจากพื้นที่ของวัตถุที่สนใจรวมกับพื้นที่ของวัตถุพื้นหลัง

หลังจากที่ทำการจำแนกทั้ง 2 การจำแนกแล้ว จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการใช้ข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 2 มาใช้ในการเลือกพื้นที่บนข้อมูลดาวเทียมที่ได้จาก google earth โดยทำการตีแปลงพื้นที่บนข้อมูลจาก google earth แล้วทำมาซ้อนทับกับผลที่ได้จากการจำแนก แล้วทำการประมวลผล เพื่อนับจำนวนจุดภาพที่มีความถูกต้องตรงกัน แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์

ผลการวิจัย

1. ผลการจำแนกแบบกำกับดูแลให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 84.73
2. ผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ

2.1 การสุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย โดยที่การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 75.74 รองลงมาคือ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ 1 พื้นที่ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก 1 พื้นที่ การเลือกพื้นกลุ่มตัวอย่างที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก จำนวนจุดไม่มาก กระจายตัวทั่วพื้นที่ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดใหญ่ กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ และพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ โดยมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 72.55 67.40 63.73 56.62 49.26 ตามลำดับ

ดังภาพ 4

ภาพ 4 ความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย

2.2 การสุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างด้วยจำนวน ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุดคือ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 จุดภาพ มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 76.96 รองลงมาคือการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 100 200 1200 800 1600 1800 1000 1400 มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 68.14 66.42 65.20 64.71 61.03 59.31 58.58 และ 54.90 ตามลำดับ

ดังภาพ 5

ภาพ 5 ความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ

2.3 การจัดกลุ่มแบนด์ ในการทำขั้นตอนนี้จะทำการวิจัยทั้งการจำแนกแบบกับดูแลและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ทำการจัดกลุ่มแบนด์ตั้ง 3-6 แบนด์ แล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาทำการจำแนก ผลลัพธ์การจำแนกแบบกำกับดูแลพบว่า กลุ่มแบนด์ 23457 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุด อยู่ที่ร้อยละ 86.41 และความถูกต้องของกลุ่มแบนด์อื่นๆ ได้ค่าความถูกต้องตามตาราง 2 โดยเรียงลำดับจากความถูกต้องมากไปน้อย และผลลัพธ์จากการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพพบว่า กลุ่มแบนด์ 236 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 และความถูกต้องของกลุ่มแบนด์อื่นๆ ได้ค่าความถูกต้องตามตาราง 3 โดยเรียงลำดับจากความถูกต้องมากไปน้อย

ตาราง 2 ความถูกต้องของการจำแนกแบบกำกับดูแลละเอียดกว่าด้วยการจัดกลุ่มแบนด์

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1	23457	86.41
2	3457	85.65
3	2456	85.33
4	3456	85.32
5	456	85.25
6	236	85.06

ตาราง 3 ความถูกต้องของการจำแนกแบบจุดภาพ ด้วยการจัดกลุ่ม

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1	236	94.55
2	346	92.93
3	3456	92.44
4	345	92.31
5	456	92.17
6	237	91,74

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
7	234567	84.74
8	2347	84.52
9	247	84.17
10	246	84.16
11	34567	84.11
12	2346	84.05
13	4567	83.93
14	245	83.85
15	457	83.72
16	237	83.65
17	347	83.39
18	2345	82.96
19	235	82.14
20	345	81.97
21	346	81.17
22	467	77.06
23	567	70.94
24	234	68.23

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
7	467	91.56
8	235	91.48
9	3457	91.31
10	4567	91.30
11	347	90.80
12	457	90.56
13	34567	90.48
14	2346	90.39
15	2347	90.07
16	246	89.60
17	567	89.57
18	247	89.51
19	234567	89.17
20	23456	88.91
21	23457	88.91
22	2345	88.60
23	245	87.93
24	234	86.76

ตาราง 4 การลงเก็บข้อมูลภาคสนาม

ลำดับ	ข้อมูลภาคสนาม	ข้อมูลดาวเทียม	Google earth
1			
2			

ลำดับ	ข้อมูลภาคสนาม	ข้อมูลดาวเทียม	Google earth
3			

ส่วนการจำแนกโดยการจัดกลุ่มแบนด์ของการจำแนกแบบกำกับดูแลกลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีสุดคือ 23457 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 86.41 กับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ กลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 236 ให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 ซึ่งความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้คือความถูกต้องที่ดีที่สุดในการศึกษาในครั้งนี้ และการศึกษาของวิลาสลักษณ์ รอดโฉม (2546) ได้ทำการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพในการจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่น โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 ได้ผลลัพธ์คือการจำแนกแบบกำกับดูแลมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 72 และการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 89 ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวมีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการศึกษาของคณะผู้วิจัยที่ใช้ข้อมูลดาวเทียม 8 โดยการเลือกใช้แบนด์ที่มีช่วงคลื่นเดียวกับข้อมูลดาวเทียมแลนด์เซท 7 ซึ่งมีผลลัพธ์ของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกแบบกำกับดูแล แต่ในการศึกษาของคณะผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มแบนด์ เพื่อดูว่าการแบนด์แต่ละแบนด์ที่ใช้ในการศึกษามีผลต่อค่าความถูกต้องของผลลัพธ์หรือไม่ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพได้ที่สุดคือ กลุ่มแบนด์ 236 ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 ซึ่งผลลัพธ์ให้ความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกโดยใช้จำนวนแบนด์เช่นเดียวกับการศึกษาของวิลาสลักษณ์โดยตรง จากการศึกษาจึงทำให้รู้ว่าการเลือกแบนด์ที่นำมาใช้ในการจำแนกมีผลทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 เปรียบเทียบกับการจำแนกแบบกำกับดูแล บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่าการจำแนกแบบกำกับดูแล ที่นำข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 มาใช้ในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 84.73 ในการศึกษาความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพที่มีการสุ่มเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จำนวนจุดมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ และการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 50 จุดภาพ ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกที่ดีที่สุด โดยคิดเป็นต้องร้อยละ 75.74 และ 76.96 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของกฤษดาพันธ์ แสงคำมา (2555) ในการศึกษาการเปรียบเทียบการจำแนกแบบกำกับดูแลและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราด้วยการแบบกำกับดูแลสามารถตรวจหาพื้นที่ปลูกยางพาราได้แม่นยำกว่า คิดเป็นร้อยละ 73.59 ส่วนการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ มีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 49.65 เนื่องด้วยพื้นที่ปลูกยางพาราและพื้นที่ปลูกอ้อยมีขนาดพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดผลลัพธ์ดังกล่าว แต่ด้วยเปอร์เซ็นต์ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะเห็นค่าผลต่างของผลลัพธ์ได้ระหว่างของงานปัจจุบันกับของกฤษดาพันธ์ค่อนข้างจะแตกต่างกันมาก อาจจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้สามารถตรวจสอบพื้นที่ที่ใช้ในการเข้าถึงพื้นที่เพื่อ

ตรวจสอบความถูกต้องได้ทุกแปลงที่ใช้ในการตรวจสอบ แต่การศึกษาของกฤษดาพันธ์เองไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่อยู่บริเวณภูเขาและพื้นที่ป่าได้ จึงทำให้ค่าความถูกต้องมีความแตกต่างกันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกของงานวิจัยครั้งนี้

จากผลการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพที่มีการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 100 200 400 800 1000 1200 1400 1600 และ 1800 จุดภาพ ซึ่งพบว่าการเลือกพื้นที่จำนวน 50 จุดภาพให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 76.96 ซึ่งในผลการศึกษานี้จะตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Kumar et.al (2008) ซึ่งทำการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Indian Remote Sensing Satellite ได้ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 100 200 300 400 และ 500 จุดภาพ ซึ่งผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 86.53 จากการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 500 จุดภาพ จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องกับการศึกษาของผู้วิจัยที่ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวนเพียง 50 จุดภาพ ก็ให้ความถูกต้องสูงสุดร้อยละ 76.96 ซึ่งความไม่สอดคล้องนี้แสดงให้เห็นความขัดแย้งของผลการจำแนกที่ได้ สาเหตุหนึ่งอาจจะมาจากการเลือกใช้ข้อมูลที่แตกต่างกัน การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ที่มีความละเอียด 30 เมตร เลือกใช้ 6 แบนด์ในการศึกษาจากทั้งหมด 11 แบนด์ ส่วน Kumar et. al (2008) ใช้ข้อมูลจาก Hyperion EO1 ที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูงถึง 220 แบนด์ นอกจากนั้นอาจจะมาจากการเลือกใช้ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องที่ Kumar et.al (2008) ได้เลือกใช้ข้อมูลคนละช่วงเวลา ซึ่งข้อมูล Hyperion EO1 ใช้ข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน ปี 2005 ซึ่งเป็นช่วงหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในการจำแนก และใช้ข้อมูล LISS-3 ใช้ในช่วงเดือนมีนาคม ปี 2005 ซึ่งเป็นช่วงใกล้ฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งความแตกต่างของระยะเวลาของข้อมูล ในขณะที่งานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องจากการใช้ข้อมูลจากการลงเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อคัดเลือกแปลงพื้นที่ปลูกอ้อยจาก google earth โดยจะเลือกแปลงที่ยังมีผลผลิตอยู่มาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยดูได้จากตัวอย่างพื้นที่การลงเก็บข้อมูลภาคสนามได้จากตาราง 4 ซึ่งเป็นการลงเก็บข้อมูลในช่วงเวลาใกล้เคียงกับข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้การตรวจสอบความถูกต้องมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการศึกษาความถูกต้องของผลการจำแนกในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง เป็นการตรวจสอบว่าจุดภาพที่ได้จากการจำแนกเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยหรือไม่ แต่เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพเป็นการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบสัดส่วนของพื้นที่ปลูกอ้อยต่อพื้นที่ทั้งหมดของจุดภาพ ซึ่งจะแสดงอยู่ในสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 100 ซึ่งไม่ได้ทำการตรวจสอบว่าจุดภาพที่ได้จากการจำแนกเป็นจุดภาพที่มีสัดส่วนของพื้นที่ปลูกอ้อยดังผลที่ได้จากการจำแนกจริงหรือไม่

2.งานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาพื้นที่ที่มีการบุกรุกเพื่อทำการเกษตรอย่างผิดกฎหมาย หรือลักลอบการปลูกพืชอย่างผิดกฎหมาย เช่น การลักลอบปลูกฝิ่น กัญชา ในพื้นที่ขนาดเล็กหรือปลูกปะปนกับพืชชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎาพันธ์ แสงคำมา. (2555). การเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพและแบบกำกับดูแลด้วยดาวเทียมไทยโชต เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่).

วิลาสลักษณ์ รอดโฉม. (2546). การใช้เทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพกับดาวเทียมแลนด์แซท7 เพื่อตรวจหาพื้นที่ฝิ่นขนาดเล็ก. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ).

Kumar A., Min H.A.. (2008). Some issues related with sub-pixel classification using Hyperion data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 249-254

Leica Geosystems. (2008). IMAGINE Subpixel classification Users Guide. Retrieved from http://web.pdx.edu/~nauna/SubpixelClassifier.pdf

Watanachaturaporn P., Arora M.K., and Varshney P.K. (2006). Sub-pixel land cover classification using support vector machines. The American Society for Photogrammetry& Remote Sensing 2006 Annual Conference. May 1-5 2006.

การใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยในจังหวัดราชบุรีเป็นสารเติมแต่งในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของกระเบื้องยางปูพื้น

Utilization of fly ash in Ratchaburi province as filler in natural rubber to improve the mechanical properties of rubber floor tiles

ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัย(Prapon Lertloypanyachai)*
กลุ่มวิจัยแก้วและเทคโนโลยีวัสดุ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ราชบุรี 70150
*Corresponding author. E-mail: prapon_13@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอิทธิพลของเถ้าลอยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ โดยเถ้าลอยที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากกระบวนการผลิตปูนขาวในจังหวัดราชบุรี ซึ่งเถ้าลอยถูกนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น อีกทั้งช่วยกำจัดขยะของเสียที่เหลือจากกระบวนการผลิตปูนขาว จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าลอย พบว่าร้อยละ 49.19 เป็นแคลเซียมออกไซด์ เมื่อนำเถ้าลอยไปผสมในยางธรรมชาติและทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น ทำให้ได้แผ่นกระเบื้องยางที่มีสีดำตามสีของเถ้าลอย หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าโดยรวมแผ่นกระเบื้องยางปูพื้นที่ผสมเถ้าลอยมีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าสามารถนำเถ้าลอยที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปูนขาวมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตแผ่นกระเบื้องยางปูพื้นได้ และยังสามารถลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากฝุ่นของเถ้าลอย

คำสำคัญ: เถ้าลอย ยางธรรมชาติ สมบัติเชิงกล

Abstract

This research aims to study the influence of fly ash effect on the mechanical properties of natural rubber. The fly ash was used in this research that obtained from the lime production process in Ratchaburi province. Fly ash was used as filler in natural rubber in order to improve the mechanical properties of rubber floor tiles. Furthermore, it also eliminated the waste from the lime production process. The composition of fly ash was found that 49.19% was calcium oxide. When the fly ash mixed in natural rubber and formed into a piece of rubber floor tiles. The rubber

floor tiles had black color because of the black fly ash. After that, the rubber floor tiles mixed fly ash were tested the mechanical properties. It was found that the overall of mechanical properties was similar to standard formula (filled soft clay). Therefore, it was concluded that the fly ash (waste) from lime production process can be used to benefit the rubber floor tile manufacturing industry. Especially, It can also reduce the problem of air pollution from dust of fly ash.

Keywords: Fly ash, Natural rubber, Mechanical properties

บทนำ

ในปัจจุบันราคายางธรรมชาติมีราคาตกต่ำมาก (การยางแห่งประเทศไทย, 2559) ทางทีมผู้วิจัยจึงได้พยายามคิดค้นงานวิจัยที่สามารถกระตุ้นและส่งเสริมการใช้ยางธรรมชาติ โดยที่ยางธรรมชาติสามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะพื้นยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นวัสดุอุปกรณ์ตกแต่งบ้านที่มีความจำเป็น พื้นยางธรรมชาติมีสมบัติที่โดดเด่นเหนือพื้นกระเบื้อง ได้แก่ ความสวยงาม คงทน และไม่ลื่นเมื่อเปียกน้ำ จึงทำให้พื้นยางธรรมชาติเป็นที่นิยมตกแต่งอาคารบ้านเรือนทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยในงานวิจัยนี้ทางทีมผู้วิจัยได้นำเอาเถ้าลอยที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาวในจังหวัดราชบุรี มาเป็นสารเติมแต่ง (filler) ในพื้นกระเบื้องยาง เพื่อเพิ่มสมบัติทางกลของพื้นกระเบื้องยาง เหตุผลที่นำเอาเถ้าลอยมาใช้เป็นสารเติมแต่งในยางธรรมชาติ เป็นเพราะว่าในพื้นที่จังหวัดราชบุรีอยู่ใกล้บริเวณชายแดนประเทศพม่า โดยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาหินปูนจำนวนมาก เพราะฉะนั้นอุตสาหกรรมภายในจังหวัดราชบุรีจึงเกี่ยวข้องกับหินปูนและหินอ่อน และถือเป็นรายได้ที่สำคัญของจังหวัด โดยเฉพาะการผลิตปูนขาว (lime) ปูนขาวมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างสรรค์งานศิลปะ การก่อสร้าง การเกษตรและอื่นๆ

กระบวนการผลิตปูนขาวได้มาจากการเผาวัตถุที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) ประเภทหินปูนหรือหินอ่อน ด้วยเตาเผาช่วงอุณหภูมิระหว่าง 700 - 900 องศาเซลเซียส ซึ่งในพื้นที่จังหวัดราชบุรีนิยมใช้ฟืนและถ่านหินเป็นแหล่งเชื้อเพลิงให้ความร้อน เมื่อเผาหินปูนด้วยเชื้อเพลิงดังกล่าวแล้ว ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งหรือของเสียประเภทควัน เขม่า และเถ้าลอยที่มีส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์อยู่เป็นจำนวนมาก นอกเหนือไปจากการเกิดปูนดิบ (quick lime) โดยเฉพาะขี้เถ้าหรือเถ้าลอยที่เหลือจากกระบวนการผลิตปูนขาวนั้น มีปริมาณหลายสิบตันต่อปี ซึ่งทางโรงงานผู้ผลิตปูนขาวนั้นไม่ได้นำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์อันใด จึงทำให้เถ้าลอยกลายเป็นของเสีย (waste) จากกระบวนการผลิตปูนขาวนั่นเอง โดยทั่วไปแล้วเถ้าลอย คือ เถ้าถ่านหินที่ขนาดเล็กประมาณ 1 – 200 ไมครอน และจะลอยขึ้นเหนือเตาไปกับอากาศร้อน เรียกว่า เถ้าลอย ซึ่งจะถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต เพื่อไม่ให้หลุดออกไปเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยโรงงานผลิตปูนขาว

จำเป็นต้องใช้ถ่านหินในกระบวนการผลิตปูนขาว จึงทำให้ได้ขยะที่หลงเหลือคือเถ้าลอย และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเถ้าลอยสามารถนำไปผสมลงในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลได้ (ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ, 2553)

ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาเถ้าลอยที่มีส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์เหล่านี้มาเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น ซึ่งคาดว่าจะทำให้พื้นกระเบื้องยางมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พื้นยางธรรมชาติมีความคงทนมากขึ้น และสามารถกำจัดของเสียที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาวในจังหวัดราชบุรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของสารตัวเติมระหว่างซอฟเคล์และเถ้าลอยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลในยางธรรมชาติ
2. เพื่อกำจัดเถ้าลอยที่เป็นของเสียที่มาจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาว ซึ่งเป็นการช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษทางอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การผสมยางคอมพาวด์

งานวิจัยนี้เป็นการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องยางปูพื้นด้วยเทคนิคการใช้เครื่องบดลูกกลิ้งคู่และเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน ซึ่งใช้ยางธรรมชาติ (เกรด STR 5L) ผสมกับเถ้าลอยที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาว เพื่อเพิ่มสมบัติทางกลให้แก่แผ่นกระเบื้องยางปูพื้น รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเถ้าลอยที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาว ส่วนยางดิบนั้นมีสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีการผสมยางดิบกับสารเคมีต่างๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติของยางให้ได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยยางธรรมชาติที่ผ่านการผสมสารเคมีแล้ว ถูกเรียกว่ายางคอมพาวด์ ขั้นตอนต่อไปคือนำยางคอมพาวด์ไปผ่านกระบวนการคงรูป ทำให้ยางมีโครงสร้างโมเลกุลแบบตาข่าย 3 มิติ หรือที่เรียกว่า การเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยาง (Roberts, 1990 และ Indian Rubber Institute, 2000) โดยสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ZnO, Stearic acid, MBTS, TMTD, Paraffin wax, Aromatic oil, 6PPD, Soft clay (SC), Fly ash (FA) และ Sulfur ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ผสมในยางธรรมชาติสำหรับงานวิจัยนี้

รูปที่ 1 ลักษณะของเถ้าลอยที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนขาว

ตารางที่ 1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ผสมในยางธรรมชาติ

สารเคมี	ปริมาณ (phr)	
	สูตร 1* SC:FA 100:0	สูตร 2 SC:FA 0:100
Natural rubber	100.00	100.00
ZnO	10.00	10.00
Stearic acid	1.50	1.50
MBTS	1.00	1.00
TMTD	0.10	0.10
Paraffin wax	2.00	2.00
Aromatic oil	1.00	1.00
6PPD	1.00	1.00
Soft clay (SC)	250.00	-
Fly ash (FA)	-	250.00
Sulfur	4.00	4.00

*สูตรมาตรฐาน Shore hardness ประมาณ 80 Shore A
ซอฟเคล์ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต เกรดการค้า
สูตรมาตรฐานเป็นสูตรทางการค้าที่ได้จากโรงงานที่ร่วมมือทำวิจัย

การหาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของอนุภาคผงหิน

ในการตรวจสอบส่วนผสมของเถ้าลอยใช้เครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDX) ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น โดยนำเถ้าลอยมาอัดให้เป็นก้อนแล้วทำ

การตรวจสอบวิเคราะห์เพื่อหาส่วนผสมทางเคมี และในส่วนของการวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกของเถ้าลอย ใช้เครื่อง X-ray diffraction (XRD) รุ่น XRD-6100 ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีเป็น Cu-K_α ใช้ช่องสลิต (Receiving slit) ที่มีขนาดความกว้าง 0.30 มิลลิเมตร และทำการตรวจสอบที่ช่วง 10 ถึง 80 องศา ด้วยความเร็ว (Scan speed) 2 วินาทีต่อการเปลี่ยนตำแหน่งองศาในการวัด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองศาในการวัด 1 ครั้งจะเปลี่ยนไป 0.05 องศา ใช้ความต่างศักย์ 60 กิโลโวลต์ กระแส 80 มิลลิแอมแปร์ การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเถ้าลอยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) โดยใช้ความต่างศักย์ 20 กิโลโวลต์ รับสัญญาณแบบ Secondary electron

การทดสอบสมบัติเชิงกล

นำยางคอมพาวด์ไปอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน ASTM F1344-15 สมบัติเชิงกลที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ค่าความแข็ง (Shore A hardness) ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ค่าระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) ค่ามอดูลัส (Modulus) และค่าความต้านทานการฉีกขาด (Tear strength)

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอย

จากการวิเคราะห์เถ้าลอยด้วยเทคนิคเครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDX) เครื่องการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยเมื่อนำเถ้าลอยไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วย EDX พบว่าในเถ้าลอยประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ ตามที่แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมีแคลเซียมออกไซด์มากที่สุดถึงร้อยละ 49.197 ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด รองลงมาคือไอรอนออกไซด์ มีปริมาณร้อยละ 21.052 และซิลิกอนไดออกไซด์ มีปริมาณร้อยละ 18.627 โดยทั่วไปแล้วงานทางด้านยางธรรมชาติใช้แคลเซียมออกไซด์เพื่อเพิ่มเนื้อวัสดุและเสริมแรง และส่วนของซิลิกอนไดออกไซด์ช่วยในการเสริมแรง ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแกร่งมากยิ่งขึ้น (Indian Rubber Institute, 2000)

รูปที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของเถ้าลอยด้วยเทคนิค XRD เมื่อนำเถ้าลอยไปวิเคราะห์หาโครงสร้างของผลึกด้วยเทคนิค XRD พบว่าโครงสร้างผลึกของเถ้าลอยประกอบด้วยโครงสร้างผลึกของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือปูนขาว ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และซิลิกอนไดซัลไฟด์ (SiS_2) โดยที่เฟสของแคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นเฟสหลักของเถ้าลอย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยโดยเทคนิค EDX

Compound	Concentration
SiO_2	18.627%
SO_3	6.064%
K_2O	1.834%
CaO	49.197%
TiO_2	0.731%
MnO	0.381%
Fe_2O_3	21.052%
NiO	0.013
CuO	0.016
SrO	0.242
PbO	0.007
ClO	1.835

โดยในงานวิจัยนี้แคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนตทำหน้าที่เป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มเนื้อสารในผลิตภัณฑ์ยางและช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลที่จำเป็นต่อผลิตภัณฑ์กระเบื้องยางปูพื้น (John, 2001) ส่วนโครงสร้างของซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกที่มีความแข็งแกร่งทำหน้าที่ช่วยในการเสริมแรงให้กับชิ้นงาน (Rattanasoma, 2007) จากนั้นนำเถ้าลอยไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเพื่อดูรูปร่างของเถ้าลอยด้วยเทคนิค SEM ในรูปที่ 3 แสดงลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM พบว่ารูปร่างของเถ้าลอยมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน (Irregular shape) และเป็นเหลี่ยมมุม ซึ่งลักษณะที่เป็นเหลี่ยมมุมนั้นช่วยในการยึดเกาะระหว่างเถ้าลอยกับยางธรรมชาติได้ดี (Randall, 1997) และมีขนาดของอนุภาคโดยเฉลี่ยที่ 10-20 ไมครอน

รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของเถ้าลอยด้วยเทคนิค XRD

รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM

อิทธิพลของสารตัวเติมที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นกระเบื้องยางปูพื้น

เมื่อนำยางคอมพาวด์ไปอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน โดยใช้อุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ได้ชิ้นงานแผ่นกระเบื้องยางสีดำดังที่แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลระหว่างแผ่นกระเบื้องยางที่ผสมสารตัวเติมเป็นซอฟเคล์ (soft clay) ซึ่งเป็นสูตรมาตรฐาน และแผ่นกระเบื้องยางที่ผสมเถ้าลอย

รูปที่ 4 แผ่นกระเบื้องยางปูพื้นผสมเถ้าลอย

ในตารางที่ 3 แสดงค่าสมบัติเชิงกลของพื้นกระเบื้องยางเปรียบเทียบระหว่างสูตรมาตรฐานและสูตรที่ผสมเถ้าลอย จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าสูตรมาตรฐานมีค่าความแข็งโดยเฉลี่ย 85.50±1.07 (Shore A) และสูตรที่ผสมเถ้าลอยมีค่าความแข็งโดยเฉลี่ย 89.88±1.13 (Shore A) ซึ่งชิ้นงานที่ผสมเถ้าลอยมีความแข็งที่สูงกว่าสูตรมาตรฐาน นั่นเป็นเพราะในเถ้าลอยมีปริมาณของซิลิกาที่มากนั่นเอง จึงช่วยเสริมแรงทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (Tangudom, 2014) และเมื่อเทียบดูกับเกณฑ์มาตรฐาน (ASTM F1344-15) ค่าความแข็งของชิ้นงานผสมเถ้าลอยอยู่ในระดับเกรดหนึ่ง จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความทนต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด และมอดูลัสที่ระยะยืด 90% พบว่าสูตรที่ผสมเถ้าลอยมีค่า

ความทนต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด และค่ามอดูลัส ต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน สาเหตุอาจเป็นเพราะจากการยึดเกาะระหว่างยางธรรมชาติและอนุภาคเถ้าลอยที่ใช้ทดแทนซอฟเคล์มากเกินไป จึงทำให้การยึดเกาะระหว่างเนื้อเมทริกซ์และอนุภาคเถ้าลอยแย่ลง ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลที่ลดลงด้วย (Kanking, 2012) อีกทั้งอาจมาจากปริมาณร้อยละของซิลิกาที่อยู่ในเถ้าลอยมีมาก เมื่อผสมลงในเนื้อเมทริกซ์จึงทำให้ชิ้นงานไม่ยืดหยุ่นหรือมีความกระด้างเพิ่มขึ้น (Kanking, 2012 และ John, 2001) จึงทำให้ค่าการทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาดลดต่ำลง และส่งผลทำให้ค่าโมดูลัสของชิ้นงานลดลงเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐาน

สุดท้ายนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความทนต่อการฉีกขาด พบว่าสูตรมาตรฐานมีค่าการทนต่อการฉีกขาดดีกว่าสูตรยางที่ผสมเถ้าลอย สาเหตุเป็นเพราะปริมาณของเถ้าลอยที่มีส่วนผสมของซิลิกามากเกินไปจึงทำให้วัสดุมีความแข็งแต่เปราะ จึงทำให้ชิ้นงานฉีกขาดได้ง่าย ดังนั้นค่าความทนต่อการฉีกขาดเลยต่ำ

ตารางที่ 3 ค่าสมบัติเชิงกลของพื้นกระเบื้องยางเปรียบเทียบระหว่างสูตรมาตรฐานและสูตรผสมเถ้าลอย

สมบัติเชิงกล	สูตรที่ 1 สูตรมาตรฐานผสม Soft clay	สูตรที่ 2 ผสมเถ้าลอย
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	4.55±0.12	3.26±0.22
ระยะยืด ณ จุดขาด (%)	158.91±11.61	96.00±4.96
โมดูลัส ที่ระยะยืด 90 % (MPa)	4.04±0.06	3.17±0.15
ความแข็ง (Shore A)	85.50±1.07	89.88±1.13
ความทนต่อการฉีกขาด (N/mm)	26.31±0.99	14.08±0.47

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์อนุภาคของเถ้าลอยด้วยเทคนิค EDX พบว่าอนุภาคของเถ้าลอยประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์มากที่สุดถึงร้อยละ 49.197 ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด รองลงมาคือไอรอนออกไซด์ มีปริมาณร้อยละ 21.052 ซิลิกอนไดออกไซด์ มีปริมาณร้อยละ 18.627 และธาตุชนิดอื่นๆ อีกเล็กน้อย เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD พบโครงสร้างของผลึกที่อยู่ในรูปของแคลเซียมและซิลิกอน จากนั้นนำอนุภาคผงไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิค SEM พบว่าอนุภาคเถ้าลอยมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนและเป็นเหลี่ยมมุม ส่วนที่เป็นเหลี่ยมมุมนั้นช่วยยึดเกาะกับเนื้อยางได้ดี ทำให้อนุภาคเถ้าลอยฝังตัวแน่นในเนื้อยาง

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลระหว่างสูตรยางมาตรฐานที่ใส่ซอฟเคล์และสูตรยางที่ผสมเถ้าลอย พบว่าค่าความแข็งของสูตรยางที่ผสมเถ้าลอยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระดับดีมากหรือเกรดหนึ่ง ส่วนค่าความทนต่อแรงดึง ค่าระยะยืด ณ จุดขาด ค่าโมดูลัส และค่าความทนต่อการฉีกขาดมีค่าต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้สมบัติเชิงกลของสูตรยางที่ผสมเถ้าลอยมีค่าลดลงนั้น อาจเนื่องมาจากส่วนผสมที่ใส่เถ้าลอยมากเกินไป ทำให้การยึดเกาะระหว่างยางธรรมชาติและอนุภาคของเถ้าลอยยึดเกาะกันได้ไม่ดีจึงทำให้สมบัติเชิงกลลดลง และอีกสาเหตุหนึ่งอาจมาจากปริมาณของซิลิกาที่อยู่ในเถ้าลอยที่มีปริมาณมาก เมื่อผสมลงในเนื้อยางจึงทำให้วัสดุมีความแข็งแต่เปราะ จึงส่งผลต่อการฉีกขาดของชิ้นงาน

จากผลการวิจัยเบื้องต้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถนำอนุภาคเถ้าลอยที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปูนขาวในจังหวัดราชบุรีมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติได้ โดยผสมลงใน

อัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษทางอากาศและเป็นการนำวัสดุที่ไร้ประประโยชน์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองขั้นต่อไปอาจผสมเส้นใยธรรมชาติลงไปในสูตรยาง เพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับชิ้นงาน ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลในการทนต่อแรงดึง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงบประมาณ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ภายใต้รหัสโครงการ 709247 ขอขอบคุณสำหรับความอนุเคราะห์ของศูนย์เครื่องมือสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง และเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกลของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

การยางแห่งประเทศไทย, 2559, [online], Available: http://www.rubber.co.th/rubber2012/menu5.php [1 พฤษภาคม 2561].

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ, 2553, **การใช้ประโยชน์จากอนุภาคเถ้าลอย เพื่อทำหน้าที่เป็นสารลดต้นทุน สำหรับผลิตภัณฑ์พอลิเอทิลีนที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแม่พิมพ์หมุนเหวี่ยง โดยปรับปรุงสภาวะการเตรียมวัสดุผสม**, วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย ปีที่ 1 ฉบับที่ 1

ASTM international, ASTM F1344 - 15 Standard Specification for Rubber Floor Tile, 2017.

Indian Rubber Institute. (2000). **Rubber engineering**. New York : Tata McGraw-Hill.

John S. Dick. (2001). **Rubber technology : compounding and testing for performance**. Cincinnati : Hanser.

Kanking, S., Niltui, P., Wimolmala, E., and Sombatsompop, N., (2012). **Use of bagasse fiber ash as secondary filler in silica or carbon black filled natural rubber compound**. Materials and Design. Vol. 41, pp. 74–82.

Randall, M. German. (1997). 2nd ed. **Powder metallurgy science**. Prenceton NJ : Princeton.

Rattanasoma, N., Saowapark, T., Deeprasertkul, C., (2007). **Reinforcement of natural rubber with silica/carbon black hybrid filler**. Polymer Testing. Vol. 26, pp. 369–377.

Roberts, A.D. (1990). **Natural rubber science and technology**. Oxford University Press.

Tangudom, P., Thongsang, S., and Sombatsompop, N., (2014). **Cure and mechanical properties and abrasive wear behavior of natural rubber, styrene–butadiene rubber and their blends reinforced with silica hybrid fillers**. Materials & Design. Vol. 53, pp. 856-864.

การศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย ในช่วงความถี่ 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์

The Study of Dielectric Properties of Cup Lump Rubber at 1.5 to 5.5 GHz

พรพิมล ฉายแสง(Pornpimon Chaisaeng)* ประพัน ลี้กุล(Prapan Leekul)
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
*Corresponding author. E-mail: pornpimon.c@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยในช่วงความถี่กว้างตั้งแต่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ยางก้อนถ้วยที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือยางอายุ 1 วัน และ 7 วัน ยางก้อนถ้วยแต่ละกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางต่างกันตามอายุของการเก็บ การศึกษาประกอบด้วยการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย ข้อมูลที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยทั้ง 2 กลุ่ม ถูกนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาความแตกต่างของคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ผลการเปรียบเทียบคือ ยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงกว่ายางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลการวัดตลอดช่วงความถี่ค่าที่ได้ต่างกัน 23.75 และช่วงความถี่ที่แตกต่างกันชัดเจนที่สุดคือ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ แตกต่างกันเฉลี่ยทั้งช่วงอยู่ที่ 74.29% ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ของยางก้อนถ้วยมีความแตกต่างกันเฉลี่ยอยู่ที่ 9.93 และช่วงความถี่ที่แตกต่างกันชัดเจนที่สุดคือ 5.01 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.37 กิกะเฮิรตซ์ มีความแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 78.86% ซึ่งจากข้อมูลที่ศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก สามารถนำมาใช้ในการคัดแยกเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งของยางก้อนถ้วยได้

คำสำคัญ: ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ยางก้อนถ้วย

Abstract

This paper presents the study of dielectric properties of cup lump rubber in the frequency range of 1.5 GHz to 5.5 GHz. The cup lump rubbers under test were divided into 2 groups: 1 date group and 7 date group after post-harvest. The difference of two groups of cup lump rubber is the percentage of latex based on date of harvesting. In the study, the dielectric constant and the dielectric loss factor of each group were measured and compared. The results showed that the dielectric

constant of cup lump rubber of the first group was higher than of the latter group, while the difference of the averaged dielectric constant entire the frequency range between two groups was 23.75. The most obviously seen difference was in the frequency range of 4.77 GHz to 5.39 GHz that provided the averaged difference of the dielectric constant equal 74.29%. For the case of dielectric loss factor, the difference of theirs averaged results was 9.93. The most obviously seen difference of the dielectric loss factor was in the frequency range of 5.01 GHz to 5.37 GHz with the averaged difference of 78.86%. Consequently, it shows that the dielectric properties can be used to classify the dry rubber content of the cup lump rubber.

Keywords: Dielectric constant, Dielectric loss factor, Cup lump rubber

บทนำ

ยางพาราเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ มีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับ 1 และมีอัตราการขยายตัวถึงร้อยละ 13.7 ในปี 2560 มูลค่าการส่งออกยางพารามีมูลค่า 204,837.65 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2561) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นอันดับ 2 ของโลก โดยพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยมีอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ จากการสำรวจในปี 2559 พบว่าพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดได้แก่ ภาคใต้ มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 14.6 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2560) ผลผลิตจากยางพาราที่เกษตรกรนำมาขายมีหลายรูปแบบ เช่น น้ำยางสด ยางแผ่นและยางก้อนถ้วย กระบวนการรับซื้อยางพาราจากชาวสวนปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณราคายางพาราทุกชนิดคือ ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งหรือค่า DRC (Dry rubber content) เป็นค่าที่บอกปริมาณของเนื้อยางพาราไม่รวมน้ำและสิ่งเจือปนอื่นๆ ดังนั้นการตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางอย่างแม่นยำจึงเป็นสิ่งสำคัญ วิธีการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อยางที่แม่นยำยังคงต้องใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่มีราคาสูง รวมถึงใช้เวลานานในการทดสอบ (ระบบจัดการความรู้ การยางแห่งประเทศไทย, 2555) ทำให้ผู้ประกอบการรับซื้อยางพารารายย่อยใช้การคาดคะเนจากประสบการณ์ ประกอบกับชาวสวนยางพาราไม่มีเครื่องมือที่ใช้วัด ทำให้กระบวนการรับซื้อยางพาราขาดมาตรฐาน เป็นช่องทางให้เกิดการเอาเปรียบจากผู้ประกอบการ และเกิดข้อพิพาท เช่น เหตุการณ์เมื่อปี 2558 ชาวสวนยางบุรีรัมย์เรียกร้องวิธีตรวจสอบหักความชื้นยางก้อนถ้วยที่ไม่มีมาตรฐาน ใช้การสังเกตด้วยการจับดูเท่านั้น และหักเปอร์เซ็นต์น้ำสูง 9-12 เปอร์เซ็นต์ (ผู้จัดการออนไลน์, 8 ตุลาคม 2558)

นักวิจัยได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางไว้หลากหลาย เช่น ในปี 2005 Jayanthy และ Sankaranarayanan ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติไดอิเล็กตริกและเปอร์เซ็นต์เนื้อยางของน้ำยางสด ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของน้ำยาง

เพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์เนื้อยางน้ำยางลดลง (Jayanthy & Sankaranarayanan, 2005) การทดลองเป็นการศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกที่ย่านความถี่เดียวเท่านั้น ต่อมาในปี 2012 Julrat และคณะได้พัฒนาเครื่องตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในน้ำยางสดด้วยเครื่องวัดการสะท้อนแบบ 6 พอร์ต ทำงานที่ความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ โดยศึกษาค่าสภาพยอมไฟฟ้าของน้ำยางที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางตั้งแต่ 28% - 61% เพื่อนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการตัดสินใจวัดค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในน้ำยางสด ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ (Julrat et al., 2012) วิธีการนี้ยังคงมีความซับซ้อน และการใช้ความถี่เพียงความถี่เดียวข้อมูลที่ได้อาจไม่เพียงพอให้เกิดความแม่นยำในการนำไปใช้งานจริง ต่อมาปี 2013 หรือ 2556 ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร และคณะได้สร้างเครื่องต้นแบบสำหรับวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสด ด้วยหลักการของค่าความถ่วงจำเพาะ เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งมีค่าผกผันเชิงเส้นตรงกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง โดยเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อยางนี้ใช้การวัดน้ำยางตัวอย่างที่อยู่ในหลอดแก้วจำกัดปริมาตรขนาด 16 x 100 มิลลิลิตร วัดน้ำหนักของน้ำยางตัวอย่างด้วยโหลดเซลล์แบบรับน้ำหนักจุดเดียวขนาด 1 กิโลกรัม แล้วนำสัญญาณที่ได้จากการวัดมาประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลด้วยจอ LCD การวัดน้ำยางด้วยหลักการนี้มีความสัมพันธ์ผกผันเชิงเส้นตรงมีค่า R^2=0.93 (ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร และคณะ, 2556) การวัดด้วยเทคนิคนี้มีขั้นตอนค่อนข้างมาก และยังไม่เหมาะสมในกระบวนการรับซื้อจริง และในปี 2015 Suchat และคณะ ได้ศึกษาการใช้เทคนิค NIR (Near infrared spectroscopy) เพื่อวัดค่าความชื้นในยางก้อนถ้วย (Suchat et al., 2015) แม้วิธีการนี้ให้ความแม่นยำสูงและเป็นการวัดแบบไม่ทำลาย แต่ราคามีราคาค่อนข้างสูง และในขณะวัดต้องป้องกันแสงรบกวนจากภายนอกเป็นอย่างดี

การวิจัยเพื่อหาเทคนิคการวัดค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่น้ำยางสด แต่ในส่วนของยางก้อนถ้วยยังการวิจัยน้อย ดังนั้นบทความนี้จึงศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยในช่วงความถี่ 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ของยางก้อนถ้วยที่มีความชื้นแตกต่างกัน 2 ระดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ความถี่ และความชื้นของยางก้อนถ้วย เพื่อหาแนวทางการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับจำแนกความชื้นในยางก้อนถ้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยในย่านความถี่ 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. คุณสมบัติไดอิเล็กตริก

คุณสมบัติไดอิเล็กตริกเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าประเภทหนึ่งของวัสดุ แบ่งออกเป็นค่าสภาพยอมไฟฟ้า (Permittivity: ε) และค่าความซึบซาบแม่เหล็ก (Permeability: μ) การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัสดุมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพยอมไฟฟ้าเชิงซ้อน (ε^*) ของวัสดุนั้นดังสมการที่ (1) (Keysight, 2017)

$$\varepsilon^* = \varepsilon_0(\varepsilon_r^{'} - i\varepsilon_r^{''}) \tag{1}$$

เมื่อ ε_0 คือค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของอากาศ (ε_0 = 8.86 x 10-12 F/m) $\varepsilon_r^{'}$ คือค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant) เป็นปริมาณที่แสดงถึงความสามารถในการเก็บสะสมพลังงานสนามไฟฟ้า และ $\varepsilon_r^{''}$ ตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก (Dielectric loss factor) เป็นปริมาณที่แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานสนามไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเดินทางผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กตริกแตกต่างกัน จึงเกิดการลดทอนหรือการดูดซับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่เท่ากัน ค่าสภาพยอมไฟฟ้าเชิงซ้อนในสามารถอธิบายด้วยฟังก์ชันของความถี่ได้ดังสมการของเดอบาย (Debye equation) ในสมการที่ (2)

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_\alpha + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\alpha}{1 + j\omega\tau} \tag{2}$$

โดย ε_s หมายถึงค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่เป็นศูนย์ (DC) ε_α คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่สูงมาก ω คือ ความถี่เชิงมุม τ คือเวลาในการผ่อนคลายของวัสดุ (Relaxation time) คุณสมบัติไดอิเล็กตริกมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าความถี่ที่ใช้วัด วิธีการสำหรับวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกแบ่งออกเป็น 5 วิธี (Keysight, 2017) ซึ่งวิธีมีความเหมาะสมกับวัสดุที่จะนำมาวัดแตกต่างกัน ดังนี้

1. การวัดโดยใช้โพรบโคแอคเชียล (Coaxial probe) สามารถวัดได้ในช่วงความถี่กว้าง วิธีการวัดง่ายและสะดวก ไม่ทำลายวัสดุที่นำมาวัด เหมาะกับวัสดุที่มีการสูญเสีย (Lossy material) ซึ่งไม่เป็นวัสดุแม่เหล็ก เช่น ของเหลว หรือกึ่งของแข็ง กระบวนการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกโดยใช้โพรบโคแอคเชียลแสดงในภาพ 1

ภาพ 1 การวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกด้วยโพรบโคแอคเชียล
ที่มา: Keysight, 2017

2. การวัดโดยใช้สายส่ง (Transmission line) สามารถวัดได้ในช่วงความถี่กว้าง เหมาะกับวัสดุที่มีการสูญเสียที่มีลักษณะเป็นของแข็ง

3. การวัดแบบอวกาศว่าง (Free space) สามารถวัดได้ในช่วงความถี่กว้าง เป็นการวัดแบบไม่ต้**อง**สัมผัสกับวัสดุที่นำมาวัด เหมาะสำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ เป็นผง หรือมีความร้อนสูง

4. การวัดโดยใช้คาวิตี้ (Resonant cavity) วัดได้ที่ความถี่เดียว มีความแม่นยำสูง เหมาะสำหรับวัสดุที่มีการสูญเสียต่ำ และมีขนาดเล็ก

5. การวัดแบบแผ่นขนาน (Parallel plate) มีความแม่นยำสูงเหมาะกับการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกที่ความถี่ต่ำ วัสดุที่นำมาวัดต้องเป็นแผ่นบาง และเรียบ

บทความนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกเฉพาะส่วนของค่าสภาพะยอมไฟฟ้า ได้แก่ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก โดยใช้วิธีการวัดแบบโพรบโคแอกเชียล เนื่องจากไม่ทำลายวัสดุที่นำมาวัดและสามารถใช้วัดวัสดุกึ่งของแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ขั้นตอนการทดสอบ

เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างยางก้อนถ้วย ที่นำมาใช้สำหรับการทดสอบคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ยางก้อนถ้วยที่นำมาทดสอบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ ยางก้อนถ้วยแบบสดหรือยางก้อนที่ได้จากการกรีดใหม่และเก็บไว้ไม่เกิน 1 วัน และกลุ่มที่ 2 คือ ยางก้อนถ้วยแบบที่สามารถจำหน่ายหรือขายได้และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางสูงเป็นยางก้อนถ้วยที่ถูกเก็บไว้นานประมาณ 7 วัน หลังการกรีด ดังนั้นยางก้อนถ้วยที่นำมาทดสอบจึงมีค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแตกต่างกัน 2 ระดับ คือยางก้อนถ้วยที่เก็บมาแล้วทิ้งไว้ 1 วัน และทิ้งไว้ 7 วัน ยางก้อนถ้วยที่เก็บมาใหม่เป็นยางที่มีปริมาณน้ำในก้อนยางมาก เมื่อนำมาวางทิ้งไว้ยางก้อนถ้วยจะคายน้ำออกมา ทำให้ก้อนยางมีปริมาณค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางสูงขึ้น ยางก้อนถ้วยทั้ง 2 ตัวอย่างได้รับการนำมาทดสอบคุณสมบัติไดอิเล็กตริก ด้วยโพรบไดอิเล็กตริก

(Dielectric probe) และเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network analyzer) โดยก่อนการทดสอบคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย เครื่องมือวัดต้องได้รับการสอบเทียบ (Calibration) ทุกครั้ง การสอบเทียบเครื่องมือวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ 1 วัดอากาศว่าง 2 วัดแบบปิดวงจร 3 วัดน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ภาพ 2 การทดสอบคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย

โดยทำในช่วงความถี่ที่ใช้งาน จากนั้นจึงทำการทดสอบค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย ในช่วงความถี่ 1.5 ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ทดสอบยางก้อนถ้วยตัวอย่างด้วยการนำโพรบไดอิเล็กตริกสัมผัสกับเนื้อยางแล้วจึงทำการวัดคุณสมบัติ จากนั้นข้อมูลที่ได้จากโพรบไดอิเล็กตริกถูกส่งต่อไปยังเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเพื่อประมวลผลข้อมูลในช่วงความถี่ที่ต้องการวัดและส่งต่อข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบแสดงดังภาพ 2

การวัดยางก้อนถ้วยของแต่ละตัวอย่างถูกวัดทั้งหมด 10 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ผลการวัดถูกต้องมากที่สุด จากผลการทดสอบที่ได้ ข้อมูลถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในก้อนถ้วย ทั้ง 2 ระดับ โดยได้เปรียบเทียบในช่วงความถี่กว้าง เพื่อวิเคราะห์หาช่วงความถี่ที่เหมาะสม สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

ผลการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยด้วยเครื่องมือวัดแบ่งออกเป็น 2 ตัวอย่าง คือ ยางก้อนถ้วยที่มีอายุ 1 วัน และ 7 วัน โดยวัดในช่วงความถี่กว้างในช่วงความถี่กว้างตั้งแต่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ วัดที่ขณะอุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ผลการวัดคือเมื่อความถี่สูงขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่อสังเกตค่าที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน เห็นได้ว่าสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Julrat et al., 2014) ซึ่งเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ความถี่เริ่มต้นในการทดสอบคือ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกอยู่ที่ 35.74 และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงในช่วงความถี่ 3.14 กิกะเฮิรตซ์ และในช่วงความถี่ 3.15 ถึง 4.17 กิกะเฮิรตซ์ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ลดลงเล็กน้อย เฉลี่ยอยู่ที่ 32.05 และลดลงอย่างต่อเนื่องอีกครั้ง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมากกว่า 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ต่อมาคือค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน แนวโน้มของข้อมูลที่วัดได้ อยู่ลักษณะเดียวกับยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน แต่การเปลี่ยนแปลงมีน้อยกว่า ความแตกต่างของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ยตลอดช่วงความถี่ คือ 23.76 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยทั้ง 2 กลุ่ม แสดงดังในภาพ 3

ภาพ 3 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยวันที่ 1 และวันที่ 7

ภาพ 4 ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยวันที่ 1 และวันที่ 7

การตรวจสอบค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยที่อายุ 1 วัน และ 7 วัน จากการวัดและวิเคราะห์เห็นได้ว่า ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ได้จากยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงความถี่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 2 กิกะเฮิรตซ์ จากนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.09 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 3.53 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.67 และเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 4.33 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.8 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกได้เพิ่มขึ้นจากเดิม เฉลี่ยอยู่ที่ 13.16 เมื่อความถี่มากกว่า 4.8 กิกะเฮิรตซ์ และค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ได้ มีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย ต่อมาคือการวัดค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ได้จากการวัด แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอยู่ลักษณะคล้ายกับยางก้อนอายุ 1 วัน การเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ายางก้อนอายุ 1 วัน ซึ่งสามารถเฉลี่ยได้ดังนี้คือ ในช่วงความถี่ 2.2 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกอยู่ที่ 3.1 และลดลงเล็กน้อยเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4

ข้อมูลที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน และ 7 วัน ประกอบด้วยค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้น โดยหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน กับยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน ดังสมการที่ 3

$$\% \text{ การเปลี่ยนแปลง} = \left(\frac{1\text{Day-}7\text{Day}}{1\text{Day}}\right) \times 100\% \qquad (3)$$

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกจากยางก้อนถ้วยที่อายุ 1 วันและ 7 วัน สามารถสังเกตได้จากช่วงความถี่ 2.41 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 3.01 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 73.95% และในช่วงความถี่ 3.68 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 4.12 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 73.64 จากนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมากกว่า 4.5 กิกะเฮิรตซ์ ความแตกต่างของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากช่วง**ความถี่ก่อนหน้า**

ภาพ 5 เปรียบเทียบค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก

ในช่วงความถี่ที่มีความแตกต่างมากที่สุดคือตั้งแต่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งแตกต่างกันถึง 74.29% และต่อมาคือการพิจารณาค่าความแตกต่างของตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ที่วัดได้จากยางก้อนถ้วยอายุ 1 วัน เทียบกับยางก้อนถ้วยอายุ 7 วัน ข้อมูลที่ได้ให้ความชัดเจนในการเลือกช่วงความถี่ใช้งานมากกว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ซึ่งสังเกตได้จากในช่วงความถี่ 2.21 ถึง 2.96 กิกะเฮิรตซ์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของของตัวประกอบการสูญเสียอยู่ที่ 76.21% และเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 5.01 ถึง 5.37 กิกะเฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเฉลี่ยอยู่ที่ 78.86% เมื่อพิจารณาที่ความถี่สูงกว่า 5.37 กิกะเฮิรตซ์ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกลดลงเล็กน้อย แสดงดังภาพ 5

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย แบ่งออกเป็นการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและการวัดค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยางก้อนถ้วย ซึ่งยางก้อนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอายุ คือ 1 วัน และ 7 วัน โดยทั้ง 2 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางต่างกันตามระยะเวลาการเก็บ การตรวจวัดทำในช่วงความถี่กว้างตั้งแต่ 1.5 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.5 กิกะเฮิรตซ์ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกที่ได้จากการวัดยางก้อนถ้วยทั้ง 2 กลุ่ม ถูกนำมาเปรียบเทียบกัน และให้ความแตกต่างกันชัดเจนคือ ยางก้อนถ้วยที่มีอายุ 1 วัน มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงกว่ายางก้อนที่มีอายุ 7 วัน เฉลี่ยตลอดช่วงความถี่ที่วัดต่างกันอยู่ 23.75 และในช่วงที่แตกต่างกันมากที่สุดคือตั้งแต่ความถี่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งแตกต่างเฉลี่ยทั้งช่วงคือ 74.29% สำหรับค่าตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริกยางก้อนถ้วยระหว่างอายุ 1 วัน และ 7 วัน มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 9.93 และในช่วงความถี่ที่แยกตัวประกอบการสูญเสียไดอิเล็กตริก ได้เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วงความถี่ 5.01 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.37 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งให้ความแตกต่างอยู่ที่ 78.86% ซึ่งจากการศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กติกของยางก้อนถ้วยในช่วงความถี่กว้าง แสดงให้เห็นว่าการคัดแยกอายุของยางก้อนถ้วยสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงความถี่ 4.77 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์

ข้อเสนอแนะ

ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการคัดแยกอายุของยางก้อนถ้วยที่ได้จากการทดลอง คือ 4.77 ถึง 5.39 กิกะเฮิรตซ์ สามารถนำไปใช้พัฒนาต่อยอดเป็นระบบเซนเซอร์ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในยางก้อนถ้วยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำงานในช่วงความถี่ดังกล่าวสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยพัฒนาสายอากาศให้สามารถทำงานในช่วงความถี่ดังกล่าว เพื่อใช้ตรวจสอบยางก้อนถ้วยด้วยการส่งผ่านกำลังงานของคลื่นความถี่ กำลังงานที่ตรวจสอบได้มีความแตกต่างกันชัดเจน เนื่องจากคุณสมบัติไดอิเล็กตริกส่งผลต่อการลดทอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัววัสดุ จึงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเพื่อใช้ในการวิจัยจากกองทุนวิจัย ภายใต้การบริหารงานของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2560 ในสัญญาเลขที่ 2233/2560 จึงทำให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

ผู้จัดการออนไลน์. (8 มกราคม 2558). *ชาวสวนยางบุรีรัมย์จี้ตรวจสอบวิธีหักค่าความชื้น แฉไม่มีมาตรฐานแค่ใช้มือจับดูเท่านั้น*. สืบค้นจาก https://mgronline.com/local/detail/9580000002696.

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร อนุชิต ฉ่ำสิงห์ สุภัทร หนูสวัสดิ์ และ ชูศักดิ์ ชวประเสริฐ. (2556). ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อยาง. ใน *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14*.

ระบบจัดการความรู้ การยางแห่งประเทศไทย. (2555) *การหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยาง.* KM องค์การสวนยาง ฝ่ายสวน 2, 3.

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร. (2561). *การส่งออกสินค้าสำคัญของไทยเรียงตามมูลค่า ปี 2556 - 2560 (มกราคม - ธันวาคม)*. สืบค้นจาก http://www.ops3.moc.go.th/infor/Export/ recode_export_rank/report.asp. 3 มีนาคม 2561.

สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. (2560). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559*. กรุงเทพฯ

Jayanthy, T. & Sankaranarayanan, P. E. (2005). Measurement of dry rubber content in latex using microwave technique . *Measurement Science Review*, 5(3),50-54.

Julrat, S. Chongcheawchamnan, M. Khaorapapong, T. Patarapiboolchai, O. Kririksh, M. & Robertson, I. D. (2012) .Single-frequency-based dry rubber content determination technique for in-field measurement application . *IEEE Sensors Journal*, 12(10), 3019-3030.

Julrat, S. Chongcheawchamnan, M. & Robertson, I. D. (2014). Characterisation of the dielectric properties of rubber latex from 0.5 to 33 GHz. *Biosystems Engineering*, 125, Sep. 2014, 1-8.

Keysight Technologies. (2017). *Basics of measuring the dielectric properties of materials*. USA.

Suchat, S. Theanjumpol, P. & Karrilaa, S. (2015). Rapid moisture determination for cup lump natural rubber by near infrared spectroscopy. *Industrial Crops and Products*, 76, 772-780.

เครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

The plastic film sheet width measurement machine

ทัศนะ ถมทอง(Tatsana Thomthong)* สหราช สมัครไทย(Saharat Samakthai)
ธวัชชัย วงค์แสง(Thawatchai Wongsaeng)
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
*Corresponding author. E-mail: tatsana@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกเพื่อนำไปติดตั้งกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกของบริษัทป๊อปปูล่าร์แพค จำกัดเพื่อลดผลผลิตแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ขนาด เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino Mega 2560, สเต็ปปิ้งมอเตอร์สองตัว, อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์สองตัว, คีย์แพต, จอแสดงผลแอลซีดี, ไพล็อตแลมป์ และบัซเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกอ้างอิงจากคีย์แพตและประมวลผลจำนวนค่าพัลส์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อนำอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ไปตรวจจับขอบแผ่นฟิล์มพลาสติก เมื่อพบขอบแผ่นฟิล์มพลาสติกทั้งสองด้านแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณความกว้างของแผ่นฟิล์มพลาสติกและแสดงค่าความกว้างของแผ่นฟิล์มพลาสติกที่จอแสดงผลแอลซีดี หากความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกมากกว่าค่าอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไพล็อตแลมป์ และบัซเซอร์ทำการแจ้งเตือน

การทดสอบเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก โดยทำการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มขนาด 300, 400, 500 และ 600 เซนติเมตร อย่างละ 100 ครั้ง พบว่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 1.0, 0.6, 1.2 และ 0.4 มิลลิเมตร ผลการแจ้งเตือนพบว่าหลอดไฟสถานะและสัญญาณเสียงทำงานถูกต้องตามเงื่อนไข 100 เปอร์เซ็นต์ เครื่องต้นแบบลดความเสียหายของผลผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกได้เท่ากับ 56 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณเมื่อเทียบกับความเสียหายของผลผลิตเดิม

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ แผ่นฟิล์มพลาสติก

Abstract

This project purposed to design and implementation of a plastic film width measuring machine. This prototype include with the plastic film extruder at Popular pack Co., Ltd. This combined machine used to reduce conventional plastic waste in

production line. The prototype machine comprised with an Arduino Mega 2560 microcontroller, keypad, two stepping motors, two ultrasonic sensors, a liquid crystal display, warning pilot lamp and buzzer. The microcontroller received reference width of plastic film sheet from keypad and calculated pulse numbers that used to control stepping motor movement. This movement take ultrasonic sensors detect left and right edges of plastic film sheet. When ultrasonic sensors detect edge of plastic film sheet the microcontroller calculated plastic film sheet width and display plastic film sheet by liquid crystal display. If plastic film sheet width range over the reference range, the microcontroller take pilot lamp and buzzer warning.

This prototype machine take 100 times test by 300, 400, 500, and 600 centimeters plastic widths respectively. The testing results were found firstly, the maximum width error are 1.0, 0.6, 1.2, and 0.4 millimeter. Secondly, the warning lamp and sound have 100 % decision making. Finally, the conventional plastic waste was reduce by 56 % approximately.

Keywords: Microcontroller, Stepping Motor, Ultrasonic Sensor, Plastic film sheet

บทนำ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตที่เสียหายในกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกของบริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด ด้วยเครื่องจักร 7 เครื่องคิดเป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมด ความเสียหาย 37,000 บาทต่อเดือนโดยประมาณ มีเหตุปัจจัยเนื่องจากคุณภาพวัตถุดิบ สภาพอากาศ สภาพเครื่องจักร และความผิดพลาดของผู้ควบคุมเครื่องจักร ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้คือคุณภาพของวัตถุดิบ ตัวแปรสภาพอากาศสามารถควบคุมได้แต่มีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนตัวแปรสภาพเครื่องจักรและความผิดพลาดของผู้ควบคุม สามารถลดความผิดพลาดให้น้อยลงได้ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจรู้ของเครื่องจักร ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาความสามารถในการตรวจรู้ความกว้างของแผ่นฟิล์มพลาสติกและระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการควบคุมเครื่องจักรของผู้ควบคุมและลดผลผลิตที่เสียหายเนื่องจากแผ่นฟิล์มไม่ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกที่วัดความกว้างได้แบบอัตโนมัติ

2.เพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการวัดความกว้างของแผ่นฟิล์มพลาสติก

3.เพื่อนำเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกติดตั้งกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกของบริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด

วิธีดำเนินการวิจัย

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงขอบเขตการวิจัย ลำดับขั้นตอนและเทคนิควิธีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เช่น การออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ วิธีการเก็บผลการทดสอบ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ขอบเขตการวิจัย

1. ค่าความผิดพลาดของความกว้างแผ่นฟิล์มที่วัดได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ของความกว้างแผ่นฟิล์มที่กำหนด
2. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก
3. สร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกเพื่อติดตั้งกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกของบริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด
4. ลดความเสียหายของผลผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกได้ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จากความเสียหายของผลผลิตเดิม

หลักการทำงานของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 1 การทำงานของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติก บริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด

จากภาพที่ 1 เป็นหลักการทำงานของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติก บริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด โดยเริ่มต้นจากการป้อนและหลอมรวมเม็ดพลาสติกให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งสูตรการผสมเกิดจากการนำคุณสมบัติของเม็ดพลาสติก มาหลอมรวมกันจนเกิดเป็นฟิล์มที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ โดยแม่แบบคือส่วนทำให้พลาสติกที่ถูกหลอมนั้นเกิดเป็นรูปทรงขึ้น ซึ่งแม่แบบนั้นมีหลายรูปแบบ การใช้งานจะขึ้นอยู่กับฟิล์มที่ต้องการผลิต ส่วนวงแหวนหล่อเย็นเป็นส่วนที่ทำหน้าที่หล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของฟิล์มเนื่องจากฟิล์มที่ถูกกระทำจากแม่แบบมานั้นจะยังมีความร้อนจากการหลอมละลายอยู่ การทำให้อุณหภูมิของฟิล์มเย็นลงด้วยลม จะช่วยทำให้ฟิล์มที่ผ่านกระบวนการเป่ามาเกิดการคงรูปมากขึ้น เมื่อแผ่นนำฟิล์มเข้าลูกรีดใช้ในการบีบฟิล์มที่ถูกเป่าโดยแม่แบบให้ค่อย ๆ รีดตัวจากฟิล์มที่ถูกเป่าจนพองเป็นทรงกระบอกจะถูกรีดด้วยโลหะแผ่นหรือลูกกลิ้ง เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนรีดโดยลูกกลิ้งรีดทำหน้าที่รีดฟิล์มพลาสติกให้แบนกลายเป็นแผ่นฟิล์มเพื่อเตรียมเข้าสู่การม้วนเก็บ

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

จากภาพที่ 2 เป็นการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกโดยเลือกตำแหน่งด้านล่างของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกเป็นตำแหน่งที่เตรียมเข้าสู่การม้วนเก็บ เนื่องจากตำแหน่งนี้สะดวกในการติดตั้งและการใช้งาน

ภาพที่ 2 ตำแหน่งสำหรับการติดตั้งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 3 แบบจำลองตำแหน่งสำหรับการติดตั้งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

การวัดขนาดจริงของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกของบริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด โดยฐานที่จะนำส่วนของโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกไปติดตั้งนั้นมีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และแท่งลูกกลิ้งที่ทำการรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกมีขนาดความยาว 70 เซนติเมตร

การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกโดยรวมจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนโครงสร้างเป็นส่วนที่ยึดติดเข้ากับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติก 2) ส่วนขับเคลื่อน เป็นส่วนเคลื่อนที่ในการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก และ 3) ส่วนควบคุม เป็นส่วนรับค่า ประมวลผล และแสดงผล ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

1) การออกแบบส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 5 โครงสร้างอลูมีเนียมโปรไฟล์เครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

การออกแบบส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกที่จะนำไปยึดติดกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติก ประกอบด้วย อลูมิเนียมโปรไฟล์ และฉากยึดโดยออกแบบให้ส่วนโครงสร้างสามารถนำไปติดตั้งกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกได้ โดยให้มีขนาดความยาว 100 เซนติเมตร และความสูง 6 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5

2) การออกแบบส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

จากภาพที่ 6 เป็นการออกแบบส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก จะแบ่งส่วนขับเคลื่อนออกเป็น 2 ชุด เพื่อให้สามารถวัดขอบแผ่นฟิล์มพลาสติกได้พร้อมกันทั้ง 2 ข้าง โดยส่วนขับเคลื่อนประกอบไปด้วย

ภาพที่ 6 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

สเต็ปปิ้งมอเตอร์, อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์, ลิมิตสวิตช์, รางสไลด์ และเหล็กฉาก มีลักษณะการติดตั้งดังภาพที่ 6 และขนาดของส่วนขับเคลื่อน โดยรางสไลด์มีขนาดความกว้าง 8.5 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์มีความยาวออกจากรางสไลด์ 11 เซนติเมตร และอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์มีระยะในการตรวจจับวัตถุอยู่ในช่วง 5 เซนติเมตร เมื่อนำทุกส่วนมาติดตั้งรวมกัน ควรติดตั้งให้แผ่นฟิล์มพลาสติกอยู่ระหว่างช่วงที่อัลตร้าโซนิคตรวจจับวัตถุ และให้แผ่นฟิล์มพลาสติกอยู่ห่างจากรางสไลด์ 7 เซนติเมตร ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 การออกแบบขนาดส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 8 ด้านหลังส่วนขับเคลื่อนต่อเข้ากับรางอลูมิเนียมโปรไฟล์

การเคลื่อนที่ของส่วนขับเคลื่อนนั้นจะต้องใช้งานร่วมกับส่วนโครงสร้างที่เป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่ถูกออกแบบมาใช้งานร่วมกับรางสไลด์ โดยด้านหลังของส่วนขับเคลื่อนประกอบด้วยพูลเล่ย์และสายพาน ดังภาพที่ 8

2) การออกแบบส่วนควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

การออกแบบส่วนควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกจะคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานโดยการออกแบบให้มีการรับค่าและแสดงผลอยู่ในส่วนเดียวกัน ส่วนด้านหน้าและภายนอกจะประกอบด้วยจอแสดงผลแอลซีดี และคีย์แพต ส่วนด้านข้างจะประกอบด้วย บัซเซอร์ พัดลมระบายอากาศ และ หลอดไฟสถานะสีเขียว สีเหลือง สีแดง ส่วนด้านบนจะประกอบด้วยสวิตช์ และฟิวส์ ส่วนภายในประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย โมดูลรีเลย์ เป็นอุปกรณ์หลัก ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในและภายนอกตู้ควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

โครงสร้างจริงเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ส่วนประกอบโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก 2) ส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก และ 3) ส่วนควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

1) องค์ประกอบส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

องค์ประกอบส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกประกอบด้วย อลูมิเนียมโปรไฟล์เบอร์ 2060 ยาว 1 เมตรและฉากยึด การยึดติดอลูมิเนียมโปรไฟล์จำเป็นต้องใช้ตัวทีนัทและฉาก

ยึดโดยเฉพาะ โดยจะใช้ทั้งหมด 8 ชุด เพื่อประกอบเป็นส่วนโครงสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 โครงสร้างจริงยึดเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

2) องค์ประกอบส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

องค์ประกอบส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก ประกอบไปด้วย สเต็ปปิ้งมอเตอร์ Nema 17, พูลเลย์จีที, 2 สายพานจีที, 2 รางสไลด์, อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ CX-1, เหล็กฉาก และลิมิตสวิตช์

เนื่องจากการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกจะใช้หลักการวัดระยะทางของมอเตอร์ในการนำเซนเซอร์เคลื่อนที่เข้าไปตรวจจับขอบแผ่นฟิล์มพลาสติก โดยหน่วยที่ใช้ในการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร จึงเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยอาศัยหลักการจ่ายพัลส์ให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และนำค่าพัลส์มาคำนวณเป็นระยะทาง โดยจะเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ดังภาพที่ 11

ภาพที่ 11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ Nema 17

จากภาพที่ 11 เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ Nema 17 แบบไบโพลาร์ มีคุณสมบัติคือ ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มุมต่อสเต็ป 1.8 องศา แรงบิดขนาด 0.52 นิวตัน-เมตร ขนาดพิกัดกระแส 1.8 แอมป์แปร์ เส้นผ่านศูนย์กลางเพลาขนาด 5 มิลลิเมตร และมีสองเฟส นำมาใช้ประกอบเป็นส่วนขับเคลื่อนจำนวน 2 ตัว และการเลือกสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้ในการสร้างเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์ม

พลาสติกสิ่งที่ต้องคำนึงถึงมี 2 ส่วน คือ 1) ความละเอียดในการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และ 2) แรงบิดในการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ความละเอียดในการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ต้องคำนวณพัลส์ต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์หนึ่งรอบ สามารถคำนวณได้จากมุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไป 1.8 องศาต่อพัลส์ที่จ่ายให้หนึ่งพัลส์ สมการ (1) เป็นการคำนวณพัลส์ต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์หนึ่งรอบ

$$P = \frac{2\pi}{\theta} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ P คือ จำนวนพัลส์ : [*pulse*], θ คือ มุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ : [*deg*]

จากสมการ (1) เมื่อต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนหนึ่งรอบ ต้องจ่ายพัลส์ให้เท่ากับ 200 พัลส์ หลังจากนั้น นำค่าพัลส์มาคำนวณเป็นระยะทาง โดยจะต้องคำนวณร่วมกับระยะพิตช์ของพูลเลย์ และพูลเลย์ที่เลือกใช้คือพลูเลย์จีที 2 โดยนำมาใช้ในการประกอบส่วนขับเคลื่อนจำนวน 2 ตัว มีจำนวนฟันเฟือง 20 ฟัน มีระยะพิตช์ 2 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 5 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 12

จากภาพที่ 12 เป็นพูลเลย์จีที 2 สำหรับใช้งานกับสายพานที่มีความกว้าง 6 มิลลิเมตร โดยพูลเลย์จีที 2 จะต้องนำไปใช้งานร่วมกับสายพานที่มีระยะพิตช์เท่ากันคือ 2 มิลลิเมตร โดยจะเลือกใช้สายพานจีที 2 เพื่อใช้ในการประกอบส่วนขับเคลื่อนจำนวน 1 เส้น มีความยาว 100 เซนติเมตร ซึ่งมีระยะพิตช์ 2 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 13 เมื่อทราบระยะพิตช์และจำนวนฟันของพูลเลย์สามารถนำมาคำนวณระยะทางการหมุนของพูลเลย์หนึ่งรอบได้จากระยะพิตช์ของพูลเลย์ 2 มิลลิเมตร และจำนวนฟันของพูลเลย์เท่ากับ 20 ฟัน สามารถคำนวณระยะทางต่อการหมุนของพูลเลย์ 1 รอบ ได้จากสมการ (2)

$$S = pZ \qquad \text{.....(2)}$$

จากสมการ (2) จะได้ระยะทางต่อการหมุนของพูลเลย์หนึ่งรอบเท่ากับ 40 มิลลิเมตร เมื่อทราบจำนวนพัลส์ต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์หนึ่งรอบและระยะทางต่อการหมุนของพูลเลย์หนึ่ง

รอบ สามารถนำมาคำนวณระยะทางต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 พัลส์ ได้จากพัลส์ต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์หนึ่งรอบเท่ากับ 200 พัลส์ เมื่อนำมาคำนวณระยะทางต่อการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 พัลส์ จะได้ 0.2 มิลลิเมตรต่อพัลส์

การเคลื่อนที่ของส่วนขับเคลื่อนนั้นจะต้องใช้รางสไลด์ในการเคลื่อนที่ โดยจะเป็นส่วนที่นำสเต็ปปิ้งมอเตอร์ อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ และลิมิตสวิตช์มาติดตั้ง รางสไลด์จะใช้งานร่วมกับอลูมิเนียมโปรไฟล์ โดยจะใช้รางสไลด์จำนวน 2 ชุด มาใช้ในการประกอบส่วนขับเคลื่อน และรางสไลด์มีลักษณะดังภาพที่ 14

ภาพที่ 14 รางสไลด์

ภาพที่ 15 ส่วนขับเคลื่อนเซนเซอร์วัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 15 เป็นส่วนขับเคลื่อนเซนเซอร์ให้เคลื่อนที่ไปทำการตรวจจับแผ่นฟิล์มพลาสติก เลือกใช้อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ในการตรวจจับแผ่นฟิล์มพลาสติกเนื่องจากอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์สามารถทำงานได้ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ในสถานที่มีฝุ่นผงและความสกปรก สามารถตรวจจับวัตถุได้ดีแม้ว่าวัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส โปร่งแสง มีความแวววาวได้อย่างแม่นยำและยังเหมาะสำหรับการตรวจจับของเหลวและวัตถุที่เป็นเม็ดได้เป็นอย่างดี โดยอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ที่เลือกใช้นั้นเป็นเซนเซอร์ชนิด PNP เป็นได้ทั้ง แบบปกติเปิด(NO) และแบบปกติปิด(NC) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้แรงดันไฟฟ้าอินพุต 12 โวลต์ และให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ แต่ในการใช้งานจริงจะเลือกใช้ แบบปกติปิด(NC) คือเมื่อเซนเซอร์ตรวจไม่พบวัตถุจะให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า 0 โวลต์ และเมื่ออัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ตรวจพบวัตถุจะให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์

เนื่องจากการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกนั้นต้องการวัดค่าที่มีความละเอียดสูงระดับหน่วยมิลลิเมตร ฉะนั้นอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ต้องมีการติดตั้งเข้ากับรางสไลด์ให้มั่นคงแข็งแรง และให้อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ตั้งฉากกับรางสไลด์เพื่อให้อยู่ช่วงในการตรวจจับวัตถุตรงกับตำแหน่งของแผ่นฟิล์มพลาสติก จากนั้นทำการประกอบ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ พูลเลย์ อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ เหล็กฉากและลิมิตสวิตช์ เข้ากับรางสไลด์รวมกันเป็นส่วนขับเคลื่อนจำนวน 2 ชุด โดยลักษณะการติดตั้งของส่วนขับเคลื่อนจะมีลักษณะดังภาพที่ 16 เป็นส่วนขับเคลื่อนเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

จำนวน 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดมีน้ำหนัก 1.56 กิโลกรัม โดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นต้นกำลังในส่วนขับเคลื่อน สามารถคำนวณแรงบิดได้จากสมการ (3)

$$F = mg \qquad \text{.....(3)}$$

เมื่อ F คือแรง : [N] และ m คือ น้ำหนักส่วนขับเคลื่อน : [kg]

จากสมการ (4) สามารถคำนวณหาค่าแรงบิดได้เท่ากับ 0.1071 นิวตัน-เมตร สรุปในส่วนขับเคลื่อน เมื่อจ่ายพัลส์ให้สเต็ป-ปิ้งมอเตอร์ 1 พัลส์ จะทำให้ส่วนขับเคลื่อนนั้นเคลื่อนที่ได้ 0.2 มิลลิเมตร และส่วนขับเคลื่อนต้องการใช้แรงบิด 0.1071 นิวตัน-เมตร แต่คุณสมบัติของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ Nema 17 จะให้แรงบิด 0.52 นิวตัน-เมตร เนื่องจากการเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะคำนึงถึงมุมต่อสเต็ปก่อน จึงทำให้ได้ค่าแรงบิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มากเกินกว่าค่าแรงบิดที่ต้องการใช้งานจริง

3) องค์ประกอบส่วนควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

จากภาพที่ 16 เป็นบล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกแสดงหลักการทำงานโดยเริ่มจากการรับค่าเป็นตัวเลขจากคีย์แพด เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการควบคุมโดยการจ่ายพัลส์ให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงาน เมื่อได้รับสัญญาณจากอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ และลิมิตสวิตช์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนำค่าพัลส์จากสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาประมวลผลให้ไปแสดงที่จอแสดงผลแอลซีดี บัซเซอร์ และไพล็อตแลมป์ โดยมีโฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดความกว้างของแผ่นฟิล์มดังภาพที่ 17 และสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกดังภาพที่ 18

ภาพที่ 16 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 17 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดความกว้างของแผ่นฟิล์ม

ภาพที่ 18 วงจรการควบคุมเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติก

ผลการวิจัย

จากภาพที่ 19 เป็นผลการทดสอบวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ บริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด ด้วยเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกเปรียบเทียบกับการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกโดยการให้มนุษย์ใช้เครื่องมือในการวัด ทดสอบโดยการวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกเปรียบเทียบกับ

การวัดโดยมนุษย์ ทดสอบวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกความกว้าง 300 มิลลิเมตร โดยตั้งค่าระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ไว้ที่ 400 มิลลิเมตร จำนวนการวัดทั้งหมด 100 ครั้ง และทำการวัดพร้อมกันทุก ๆ 5 นาที พบว่าการวัดด้วยเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกเปรียบเทียบกับการวัดโดยการให้มนุษย์ใช้เครื่องมือในการวัดนั้นมีค่าความกว้างที่ใกล้เคียงกัน และไปในทิศทางเดียวกัน

ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดของเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มเทียบกับการวัดโดยมนุษย์

สรุปและอภิปรายผล

ผลคำนวณการลดความเสียหายของผลผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติก

ผลผลิตของเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกทั้งหมด 7 เครื่อง ของบริษัท ป๊อปปูล่าร์แพค จำกัด ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2560 ถึง มกราคม 2561 เฉลี่ยทั้งหมด 12 เดือน ที่เกิดจากการวัดโดยมนุษย์ใช้เครื่องมือในการวัดความกว้างทุก ๆ 30 นาที ได้ผลผลิตทั้งหมด 78,469.92 กิโลกรัม ผลผลิตดี 77,433.21 กิโลกรัม และเกิดผลผลิตเสีย 1,036.71 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิตเสียทั้งหมด 1.34 เปอร์เซ็นต์

ผลผลิตเสียทั้งหมดสามารถจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะคือ 1) ผลผลิตเสียไม่ได้ขนาด 60 เปอร์เซ็นต์ 2) ผลผลิตเสียเป็นลายเส้น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 3) ผลผลิตเสียเป็นรอยยับ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกถูกสร้างขึ้นมาเพื่อลดผลผลิตเสียไม่ได้ขนาดเพียงอย่างเดียว และเครื่องต้นแบบใช้งานกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกได้เพียงหนึ่ง เครื่อง เมื่อนำมาคำนวณหาอัตราการลดผลผลิตเสียเนื่องจากไม่ได้ขนาดได้ดังนี้

<u>ผลผลิตทั้งหมด 1 เครื่องต่อเดือน</u>		
ผลผลิตทั้งหมด 78,469.92 / 7 เท่ากับ	11,209.98	กิโลกรัม
ผลผลิตดี 77,433.21 / 7 เท่ากับ	11,061.88	กิโลกรัม
ผลผลิตเสีย 1,036.71 / 7 เท่ากับ	148.10	กิโลกรัม
<u>ผลผลิตทั้งหมด 1 เครื่องต่อวัน</u>		
ผลผลิตทั้งหมด 11,209.98 / 30 เท่ากับ	373,666.00	กรัม
ผลผลิตดี 11,061.88 / 30 เท่ากับ	368,729.33	กรัม
ผลผลิตเสีย 148.10 / 30 เท่ากับ	4,936.67	กรัม
ผลผลิตเสียไม่ได้ขนาด 4,936×60% เท่ากับ	2,961.60	กรัม

<u>ผลผลิตทั้งหมดคิดเป็นเวลาการผลิตใน 1 วัน</u>

ผลผลิตทั้งหมด 373,666.00 กรัม	ใช้เวลา	1,440.00	นาที
ผลผลิตดี (368,729.33 / 373,666.00)×1,440	ใช้เวลา	1,420.97	นาที
ผลผลิตเสีย 1,440 – 1,420.97	ใช้เวลา	19.03	นาที
ผลผลิตเสียไม่ได้ขนาด 19.03×60%	ใช้เวลา	11.41	นาที

ผลผลิตเสียที่ไม่ได้ขนาดเฉลี่ยใน 1 วัน เท่ากับ 2,961.60 กรัม จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นเวลาประมาณ 11.41 นาทีเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกทำการวัดได้ในทุก ๆ 5 นาที จึงทำให้มีโอกาสที่จะพบผลผลิตเสียได้ 2 ครั้ง เหลืออีก 1.41 นาที แต่รอบการทำงานของการตรวจพบแผ่นฟิล์มไม่ได้ขนาดใช้เวลารอบละ 5 นาที หากรอบสุดท้ายต้องใช้เวลา 5 นาทีแล้วอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ตรวจยังไม่พบแผ่นฟิล์มไม่ได้ขนาด จะทำให้เกิดผลผลิตเสียได้เท่ากับ 1,297.63 กรัม

สรุปเมื่อใช้งานเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกร่วมกับเครื่องอัดรีดแผ่นฟิล์มพลาสติกจำนวน 1 เครื่อง จะสามารถลดผลผลิตเสียจากเดิมได้เท่ากับ 1,663.97 กรัมต่อวัน และคิดเป็นการลดความเสียหายของผลผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกเท่ากับ 56.18 เปอร์เซ็นต์จากผลผลิตที่เสียหายเดิม และจะสามารถลดความเสียหายได้ 2,970 บาทต่อเดือนต่อเครื่อง ค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องต้นแบบ 19,660 บาท มีจุดคุ้มทุนที่ระยะเวลา 7 เดือน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของส่วนขับเคลื่อน โดยการเปลี่ยนสเต็ปปิ้งมอเตอร์และโมดูลขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
2. ควรให้ตำแหน่งส่วนขับเคลื่อนมีระยะห่างจากขอบแผ่นฟิล์มพลาสติกทั้ง 2 ข้าง เท่ากันจะทำให้ได้ความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ถูกต้อง
3. ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องวัดความกว้างแผ่นฟิล์มพลาสติกควรอยู่ใกล้กับส่วนขึ้นรูปซึ่งเป็นส่วนที่เริ่มปรับขนาดแผ่นฟิล์มพลาสติก เพื่อให้สามารถตรวจพบผลผลิตเสียได้เร็วขึ้น
4. ควรเปลี่ยนให้ไฟสถานะมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นเพื่อสะดวกต่อการมองเห็น และสัญญาณเสียงควรมีเสียงดังให้เหมาะสมกับการแจ้งเตือนในโรงงานที่มีเครื่องจักรทำงานอยู่ตลอดเวลา

เอกสารอ้างอิง

ศิริพงษ์ ศรีสุวรรณ. (2557). *เอกสารประกอบการให้ความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์*. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 12. โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช.

การแสดงผลด้วยจอแอลซีดีของ Arduino. (2559). เข้าถึงได้จาก : www.sbt.ac.th/new/?q=node%2F149 [2 กุมภาพันธ์ 2561]

รีเลย์ 4 ช่อง 5 โวลต์. (2561). เข้าถึงได้จาก : https://www.arduinoall.com/product/657/บอร์ดรีเลย์-9v-4-channel-relay-4-ช่อง [11 กุมภาพันธ์ 2561]

สายพาน. (2561). เข้าถึงได้จาก : https://klongthomshoppingmall.com/loop-gt2-600-6mm.html [2 กุมภาพันธ์ 2561]

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น. (2560). เข้าถึงได้จาก : https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/ [11 กุมภาพันธ์ 2561]

อัลตราโซนิคเซนเซอร์. (2560). เข้าถึงได้จาก : www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2090-อัลตราโซนิค-เซนเซอร์ [2 กุมภาพันธ์ 2561]

อลูมิเนียมโปรไฟล์ V-Slot. (2561). เข้าถึงได้จาก : https://www.zonemaker.com/product/860/t-slot-อลูมิเนียมโปรไฟล์-2040-สีดำ_ [2 กุมภาพันธ์ 2561]

การประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดแปรรูป บ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง

An evaluation of energy use in the production process of Mushroom Cultivation Enterprise, Lampang.

รวิภา ยงประยูร(RawiphaYongprayun)* ศิริกาญจน์ วิบูลย์ผล(SirikarnViboonpon)
จารุวรรณ ทินวัง(JaruwanThinwang) พรทิพา สิงห์แก้ว(PorntipaSingkaew)
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*Corresponding author. E-mail:sauraya_y@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดแปรรูปบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง ในงานวิจัยนี้ดำเนินการ2ขั้นตอนใหญ่ๆได้แก่การประเมินการใช้พลังงานและเลือกมาตรการในการประหยัดพลังงานด้วยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยการเลือกใช้ เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไหลลง “รุ่นสุดพลัง” ที่ช่วยประหยัดพลังงานและลดแก๊ส LPG ลงโดยมีการต่อหัวแก๊สแบบ ทู อิน วัน (แก๊สชีวมวล&แก๊สหุงต้ม)

เมื่อนำเครื่องผลิตแก๊สชีวมวลมาใช้ในกระบวนการผลิตข้าวเกรียบเห็ดนางฟ้า จะเห็นได้ว่ามีปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) ร้อยละ 81.70 ส่วนแก๊สชีวมวลมีปริมาณการใช้อยู่ที่ร้อยละ 18.30 ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานจากเดิมที่ใช้ 122 ถังต่อปี ลดลงเหลือ112 ถังต่อปี คิดเป็นร้อยละ8 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเกรียบ ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะนำไปขึ้นทะเบียนฉลากลดคาร์บอนที่ต้องมีการลดใช้พลังงานร้อยละ10ของกระบวนการผลิต ทั้งนี้ผู้วิจัยยังมีมาตรการประหยัดพลังงานที่นำเสนอแก่ผู้ประกอบการอีก2มาตรการได้แก่ การใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเห็ด แบบท่อสามกลับแต่ยังไม่ได้ประเมินผลการประหยัดพลังงานคาดว่าหลังจากการประเมินจะมีลดการใช้พลังงานได้มากกว่าร้อยละ 10เพื่อนำไปขึ้นทะเบียนฉลากลดคาร์บอนให้กับผลิตภัณฑ์ในลำดับต่อไป

คำสำคัญ:การประเมินการใช้พลังงาน, กระบวนการผลิตเห็ดแปรรูป

Abstract

This research is aim to evaluate the energy use in the production process of the Mushroom Cultivating Enterprise in Lampang Province. This research is conducted in two major stages: energy use assessment and energy saving measurement by

choosing modify device a Gas-fired biomass-fired power plant. The power generation" that saves energy and reduces LPG gas by combining the gas in one day (gas, biomass & LPG)

When using biomass gasifier in the process of producing mushroom mushrooms. LPG has the utilization rate of 81.70% while a biomass gas consumption is 18.30%. Which reduce the energy consumption from 122 barrels per year to 112 barrels per year so that the different value of energy used is 8% in the production of crackers. It is not enough to register a carbon reduction label that requires a 10 percent reduction in energy consumption. So that the researcher also other energy saving measures offered to entrepreneurs the first is use of Solar Dryers and the second is use of Steam Boilers for Steaming Mushrooms. After the evaluation, we will reduce the energy consumption by more than 10% to register carbon reduction products in the next order.

Keywords: Energy assessment, Processed mushrooms

บทนำ

ชุมชนบ้านสวนมีการเพาะเห็ดนางฟ้าจำหน่ายแต่ประสบกับปัญหาในเรื่องของราคาที่ตกต่ำ จึงทำให้ชุมชนมีการรวมตัวกันก่อตั้งวิสาหกิจชุมชนเพาะและแปรรูปเห็ด บ้านสวนแม่ทะ โดยได้มีการแปรรูปเห็ดเพื่อจำหน่าย โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเห็ดให้มีหลากหลายชนิด เช่น แหนมเห็ด ข้าวเกรียบเห็ด น้ำพริกเห็ด เห็ดแดดเดียว เห็ดสวรรค์ เห็ดทอดกรอบ แรกเริ่มก็นำจำหน่ายในชุมชน และอำเภอใกล้เคียงต่อมาได้มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนเข้าไปสนับสนุน จึงทำให้กลุ่มได้มีการพัฒนารูปแบบการจำหน่ายให้ขยายตลาดเพิ่มขึ้น และได้ใช้ชื่อยี่ห้อเป็น “ตราครูกานต์” มีหลายอย่าง คือ เห็ดสวรรค์, เห็ดแดดเดียว เห็ดสามรส, เห็ดกรอบสมุนไพร, แหนมเห็ด, น้ำพริกเผาเห็ด, แคบหมูไร้มันเห็ดนางฟ้าแปรรูป ตราครูกานต์ ซึ่งได้รับการตอบรับจากลูกค้าเป็นอย่างดี และมีการพัฒนาต่อยอดในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ มาตรฐาน ที่ดีขึ้น สามารถนำไปจำหน่ายในห้างดังได้ และมีการขยายการจำหน่ายในลักษณะเครือข่าย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าโดยกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดและแปรรูปเห็ดบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมการเพาะและแปรรูปเห็ดนางฟ้า ตั้งแต่ปี 2524 ถึง ปัจจุบัน รวม 36 ปี ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดและอบกรอบ ได้แก่ เห็ดสวรรค์, เห็ดสามรส, เห็ดแดดเดียว, เห็ดอบกรอบสมุนไพร, ข้าวเกรียบเห็ด และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งให้สุกแล้ว ได้แก่ แหนมเห็ด อีกทั้งใน

กระบวนการผลิตเห็ดนางฟ้าซึ่งเป็นแหล่งป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการแปรรูปล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานความร้อนทั้งจากแก๊สหุงต้ม, ไม้ฟืน และซังข้าวโพดในปริมาณมหาศาลกลุ่มวิสาหกิจนี้มีแผนที่จะขยายตลาดไปสู่ต่างประเทศมากขึ้นจึงเล็งเห็นความสำคัญในการจัดทำข้อมูลการจัดการพลังงานของกระบวนการผลิตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้รับ “ฉลากคาร์บอน

รูปที่ 1 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดและแปรรูปเห็ดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดพร้อมบรรจุถุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดแปรรูปบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง

ขอบเขตการวิจัย

การประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดแปรรูปบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

ประชากร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสวนแม่ทะ

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านสวนแม่ทะ จังหวัดลำปาง

ตัวแปรต้น การประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวเกรียบเห็ด

ตัวแปรตาม ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการขอฉลากลดคาร์บอน

ตัวแปรควบคุม ชนิดเห็ดที่ใช้ในการแปรรูป

พื้นที่เป้าหมาย กลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านสวนแม่ทะ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

1) วิธีการเก็บข้อมูลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย → ตรวจวัดค่าไฟฟ้าโดยเพาเวอร์มิเตอร์

→ ตรวจวัดความร้อนโดยการนับจำนวนถัง (โดย 1 ถัง = 4 ชม.)

วิธีการเก็บข้อมูล → ประเภทเครื่องจักรห้องบรรจุตู้แช่แข็งใช้การตรวจวัดไฟฟ้าโดยเพาเวอร์มิเตอร์

2) การประเมินการใช้พลังงานเบื้องต้น

พลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานที่เครื่องจักรใช้ในการทำงานระยะเวลาหนึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หาได้จากสมการ

พลังงานไฟฟ้า = (กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ×ระยะเวลา (ชั่วโมง)) /1000

ตารางที่ 1 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า (รายปี) ของกระบวนการแปรรูปเห็ด

		การใช้พลังงานไฟฟ้า		
รายการ/อุปกรณ์	การใช้งาน (h)	KWh/ปี	MJ/ปี	สัดส่วน
เครื่องผสม	125.0	19.5	70.2	0.2
เครื่องกวน	249.9	39.0	140.3	0.5
เครื่องบด	125.0	19.5	70.2	0.2
เครื่องหั่น	499.8	78.0	280.7	1.0
เครื่องสลัดน้ำมัน	749.7	117.0	421.0	1.5
ตู้อบลมร้อน	499.8	78.0	280.7	1.0
ตู้แช่แข็ง 4 เครื่อง 2 บาน	12,000.0	1,872.0	6,739.2	23.2
ตู้แช่แข็ง 4 เครื่อง 3บาน	35,136.0	5,481.2	19,732.4	68.1
เครื่องซิ่ว 4 ชม.	746.0	116.4	419.0	1.4
เครื่องซิ่ว 5 ชม.	932.5	145.5	523.7	1.8
เครื่องดูดสูญญากาศ	373.0	58.2	209.5	0.7
เครื่องพิมพ์วันที่	186.5	29.1	104.7	0.4
รวม		**8,053.2**	**28,991.6**	**100.0**

ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานความร้อน(รายปี)ของกระบวนการแปรรูปเห็ด

เครื่องจักร	**ระยะเวลา (h/ครั้ง)**	**อาทิตย์ (ถัง/ อาทิตย์)**	**เดือน (ถัง/เดือน)**	**ปี (ถัง/ปี)**	**พลังงานค่าความร้อน (MJ.)**
-แก๊สหุงต้มสำหรับทอดและนึ่งข้าวเกรียบ	5	4	10	122	90,211.7

$$\text{LPG} = \frac{15\text{kg} \times 26.62\ \text{MJ/L}}{0.54\text{kg/L}}$$

= 739.44 MJ.

เมื่อพิจารณามาตรการพื้นฐานในการอนุรักษ์พลังงาน อันประกอบด้วย การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม(House Keeping) การปรับเปลี่ยนเครื่องจักร/อุปกรณ์บางส่วน(Process Improvement) และการเปลี่ยนเครื่องจักร/กระบวนการผลิตใหม่(Machine Charge จึงได้ใช้มาตรการ ปรับเปลี่ยนเครื่องจักรและอุปกรบ้างส่วนโดยมีการนำนวัตกรรมเชิงพลังงานในกระบวนการผลิตจำนวน 1 เทคโนโลยี ได้แก่ เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไหลลง “รุ่นสุดพลัง” ถูกนำมาใช้ในการทอดข้าวเกรียบเห็ดซึ่งต่อเข้ากับหัวแก๊สแบบ ทู อิน วัน (แก๊สชีวมวล&แก๊สหุงต้ม)

(ก) (ข)

รูปที่ 3 ภาพแสดงองค์ประกอบของหัวแก๊สแบบ ทู อิน วัน ในส่วนที่ 2
(ก) มุมด้านข้างของตำแหน่งการติดตั้งหัวเผาแก๊ส (ข) ภาพส่วนประกอบของเตาแก๊สแรงดันสูง

การคำนวณสัดส่วนแก๊ส LPG และสัดส่วนแก๊สชีวมวล ได้ดังนี้

- เวลาในการทดลอง 1 ชม. 30 นาที

แก๊สชีวมวล = 40 m^3/h =40 + 20 = 60 ลบ.เมตร

(1 ลบ.เมตร = 1,000 Kg.)

แก๊ส LPG = 0.14463 Kg.

1 ลิตร ใช้ LPG = 0.54 Kg.

ค่าความร้อน LPG = 49,822.92 KJ/Kg.

ชีวมวล = 1,921.98 KJ/Kg.

$= \frac{0.14463\ \text{Kg.}}{0.54\ \text{Kg/L}}$ = 0.2678 ลิตร

1 ลิตร = 1,000 ลบ.เมตร

= 1,000 × 0.2678 ลบ.เมตร

= 267.8 ลบ.เมตร

ถ้า 100 % = 60 + 267.8 ลบ.เมตร

= 327.8 ลบ.เมตร

แก๊สชีวมวล $= \frac{60\ \text{ลบ.เมตร}}{327.8\ \text{ลบ.เมตร}}$ = 0.1830 × 100%

= 18.30% ⇒ ใช้ฟืนและซังข้าวโพด 10 กิโลครึ่ง/1 ชั่วโมงครึ่ง

แก๊ส LPG = 100 - 18.30% = 81.70% ⇒ คิดเป็น 3.48 บาท

ตารางที่ 3 แสดงค่าพลังงานความร้อน(รายปี)ของกระบวนการแปรรูปเห็ดเมื่อใช้หัวแก๊สแบบ ทู อิน วัน (แก๊สชีวมวล&แก๊สหุงต้ม)

เครื่องจักร	ระยะเวลา (h/ครั้ง)	เดือน (ถัง/เดือน)	ปี (ถัง/ปี)	พลังงานค่าความร้อน(MJ.)
แก๊สหุงต้ม+ชีวมวล	3.268	9.18	112	82,817.28

หมายเหตุ 3.268 คิดได้จาก $\frac{81.7\% \times 4\ \text{ชม.}}{100\%}$ = 3.268 h/ครั้ง

สรุปและอภิปรายผล

จากการสำรวจเพื่อประเมินการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ดแปรรูปบ้านสวนแม่ทะ จ.ลำปาง ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปข้าวเกรียบเห็ด โดยทำการสำรวจข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม -15 มิถุนายน พ.ศ. 2560 พบว่า มีสัดส่วนการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า(รูปที่3)และใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม 122 ถัง/ปี เมื่อมีการนำนวัตกรรมเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไหลลง “รุ่นสุดพลัง” มาใช้ พิจารณามาตรการพื้นฐานในการอนุรักษ์พลังงาน การเปลี่ยนเครื่องจักร/กระบวนการผลิตใหม่(Machine Charge) สามารถลดได้ 8 ถัง/ปี เหลือ112 ถัง/ปี และให้ค่าพลังงาน 2,3004.8 กิโลวัตต์

รูปที่ 4 สัดส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า

รูปที่ 5 สัดส่วนค่าความร้อนและไฟฟ้ารายปี

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของผศ.ดร. รวิภา ยงประยูร อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย และอาจารย์ วราคม วงศ์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยอีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานและ ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเห็ดบ้านสวนแม่ทะ จังหวัดลำปาง ที่ให้ข้อมูลและสถานที่ในการทำวิจัยและขอขอบคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวซึ่งเปิดโอกาสให้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ทำวิจัยเสมอจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

คนึงเดช พวงมาลา และ สถาพร คำตุ่ย.การออกแบบและสร้างหัวเผาเชื้อเพลิงแปงมันสำปะหลัง. ปริญญานิพนธ หลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลลานนา ภาคพายัพ เชียงใหม, 2555

นาตยา เจริญสุข และ ยุทธนา ศรผา. การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการถายเทความร่อนในหัวเผาถ้าน้ำมันพืชใช้แล้ว. ปริญญานิพนธ หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2556

อนุวัฒน หอมระรื่น. การพัฒนาสมรรถนะของหัวเผาวัสดุพรุนที่มีการเผาไหม้เปนลำดับขั้น สำหรับเชื้อเพลิงผสมโดยไมมีการสเปรย . ปริญญานิพนธ หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2556

ปฏิพัฒน์ ยอดดี นิธิพัฒน์ ตลึงจิตร การพัฒนาสมรรถนะเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไหลลง “รุ่นสุดพลัง” สำหรับการใช้งานกับเศษซังข้าวโพดทดแทนแก๊สหุงต้มในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดลำปาง สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 2560

Kanuengdech Puangmala and Sathapron Kamtui Design and construction of fuel burners for cassava starch. Bachelor of Science Program in Industrial Engineering Mechanical Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Payap University, Chiang Mai, 2012

Nattaya Jarurnpon and Yuttana Sornpha Study on the effect of heat transfer on burners. Vegetable oil is used. Bachelor Degree Program in Engineering Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 2013

Anuwat Homraruen Development of the capacity of combustible porous burners for mixed fuel without sprays. Master's Degree Program in Mechanical Engineering, University Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 2013

Patipat Yoddee , Nithipat Taluengjit Capacity Development of Gas-fired Biomass Fuels "Power model" for use with corn waste to replace LPG in the community enterprise in Lampang area of energy technology. Lampang Rajabhat University 2018

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่ใช้ลมในการพาประจุที่กระบวนการบัดกรีทรานส์ซีฟเวอร์

A Study of Suitable Factors for Fan-less Ionizer Used in Transceiver Soldering Process

ถิรวุฒิ พูนอ้อย(Thirawuth Poon-eoi)[1*] มณฑลี ศาสนนันทน์(Montalee Sasananan)[2*]

[1*]สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Corresponding author. E-mail: snoop_freya@hotmail.com

[2*]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Corresponding author. E-mail: nmontale@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อศึกษาสภาวะของพารามิเตอร์ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่ใช้ลมในการพาประจุไฟฟ้าไปยังพื้นที่บัดกรีผลิตภัณฑ์ ที่จะทำให้ได้ค่าผลตอบสนองดีที่สุด จากผลของ Screening Experiments โดยการใช้ Full Factorial Design (2^3) ในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองซึ่งมีพารามิเตอร์ทั้งสิ้น 3 ตัว พบว่า ร้อยละของการปล่อยประจุบวก, ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบ และมุมในการติดตั้งเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต (อันได้แก่ค่าประจุไฟฟ้าสถิตคงเหลือในที่พื้นบัดกรีผลิตภัณฑ์) ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 เมื่อนำพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อค่าผลตอบสนองมาออกแบบ และวิเคราะห์การทดลองอีกครั้งโดยใช้เทคนิค Response Surface Methodology แบบ Box-Behnken Design จะได้สมการถดถอยของพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต คือ $Y = -4454 + 127.77A - 30.32B + 2.944C - 0.9114A^2 - 0.4050B^2 - 0.07975C^2 + 0.5305AB$ โดยได้คำตอบของสภาวะเหมาะสมที่ทำให้ค่าประจุไฟฟ้าสถิตคงค้างในพื้นที่บัดกรีผลิตภัณฑ์ (Y) เข้าใกล้ศูนย์ที่สุด คือ ร้อยละของการปล่อยประจุบวก (A) ที่ 65 เปอร์เซ็นต์, ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบ (B) ที่ 1 เฮิร์ต และมุมในการติดตั้งเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต (C) ที่ 40 องศา เมื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทำงานจริงพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้างลงลดอย่างมีนัยสำคัญ จากเดิมเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 24.675 โวลต์ ลดค่าลงไปที่ -5.332 โวลต์

คำสำคัญ: ไฟฟ้าสถิต กระบวนการบัดกรี การออกแบบวิเคราะห์การทดลอง วิธีการพื้นผิวตอบสนอง การทดลองแบบแฟคทอเรียล

Abstract

This research applied design and analysis of experiments to identify suitable condition of parameters of fan-less ionizer at soldering process of transceiver manufacturing. By adopting screening experiments using full factorial design (23) which includes 3 factors, it was found that the factors which had significant impact on the response (i.e. ion balance voltage of fan-less ionizer) at α = 0.05 were percentage of positive ion release, frequency of ion pulse, and angle of fan-less ionizer installation. When these parameters were subject to further design and analysis of experiments using response surface methodology technique with Box-Behnken design, it was found that the regression equation of parameters relating to the response of fan-less ionizer was Y = -4454 + 127.77A - 30.32B + 2.944C - 0.9114A2- 0.4050B2 - 0.07975C2 + 0.5305AB. It was concluded that the suitable condition yielding ion balance voltage at near zero was as follows: percentage of positive ion release (A) = 65 percent, frequency of ion pulse (B) = 1 Hirtz, and angle of fan-less ionizer installation (C) = 40 degree. When these parameters were applied in the actual process, it was found that the ion balance voltage of fan-less ionizer significantly decreased from 24.675 volt to -5.332 volt.

Keywords: Electrostatic, Soldering Process, Design and Analysis of Experiment, Response Surface Methodology, Full Factorial Design

บทนำ

กระบวนการโซลเดอร์ออปติค (Solder Optic) เป็นกระบวนการซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการเชื่อมต่อชุดรับและส่งสัญญาณแสงเข้ากับแผงวงจร PCBA ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรทางไฟฟ้ารวม (Integrated Circuits หรือ ICs) จำนวนมากเข้าด้วยกัน โดยใช้ตะกั่วอุตสาหกรรมเป็นตัวยึดอุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน ซึ่งผู้ประกอบผลิตภัณฑ์จะวางขา (Lead) ของชุดรับและส่งสัญญาณแสงลงบนแพด (Pad) ของแผ่นวงจรพิมพ์ (PCBA) จากนั้นทำการหยิบตะกั่วมาวางบนขาของชุดรับและส่งสัญญาณแสง จากนั้นนำหัวแร้งจี้หรือกดลงไปที่ตะกั่ว เมื่อตะกั่วได้รับความร้อน ณ จุดหลอมเหลวของวัสดุ (Melting Point) ตะกั่วจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายไปเป็นของเหลว และเคลือบปกคลุมจนทั่วขาของชุดรับและส่งสัญญาณแสง และแพดของวงจรพิมพ์ ในขั้นตอนนี้เองจะพบว่ากระบวนการประกอบเหล่านี้ถูกกระทำโดยพนักงานซึ่งเป็นแรงงานมนุษย์ โดยใช้มือหยิบจับชิ้นงานต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกัน เนื่องจากอุปกรณ์สำคัญต่างๆเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีความไวต่อไฟฟ้า

สถิต (Electro Static Sensitivity) เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมค่าของประจุไฟฟ้าบนตัววัสดุทุกชิ้นให้เป็นศูนย์ หรือมีค่าอยู่ในช่วง -35 ถึง +35 โวลต์อยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) เกิดการเสียหายอันเนื่องมาจากปริมาณของแรงดันของไฟฟ้าสถิตที่มากเกินกว่าเส้นทางเดินของวงจรไฟฟ้า (Circuit Line) บนตัววงจรพิมพ์จะทนทานและรับได้ (Over Voltage Phenomena) วิศวกรผู้ควบคุมกระบวนการผลิตจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการควบคุมการถ่ายเทของประจุไฟฟ้าสถิตระหว่างวัสดุสองชนิด วิธีสากลที่หลาย ๆ บริษัทเลือกใช้ และถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ คือ การติดตั้งเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิต (Ionizer) ในพื้นที่ปฏิบัติงานให้เป็นกลาง (0 โวลต์ หรือเข้าใกล้ 0 โวลต์) สำหรับบริษัทที่ผู้วิจัยได้กำหนดค่ามาตรฐานของปริมาณไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตเอาไว้ที่ -100 ถึง +100 โวลต์ แต่กระนั้นเครื่องมือรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่า (Ionizer with fan) ก็ส่งผลเสียข้างเคียงดังต่อไปนี้

1. กระบวนการโซลเดอร์ออปติคเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนจากหัวแร้งในการทำให้ตะกั่วหลอมละลายที่อุณหภูมิ 350 ถึง 412 องศาเซลเซียส แต่อันเนื่องมาจากแรงลมของเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่า (Ionizer with fan) ที่ไม่เพียงแต่นำพาประจุไฟฟ้าสถิตบวกและลบมายังพื้นที่ปฏิบัติงาน หากแต่ลมที่เครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่ายังนำพาเอาอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียสมายังพื้นที่บัดกรีตะกั่ว ส่งผลให้อุณหภูมิที่ปลายหัวแร้งลดลง ทำให้ตะกั่วไม่หลอมเหลวอย่างสมบูรณ์

2. ในกระบวนการบัดกรีจะเกิดไอระเหยของน้ำประสาน (Flux) เมื่อน้ำประสานที่อยู่ในแกนกลางของลวดบัดกรี ได้รับความร้อนจากปลายหัวแร้ง จะทำให้น้ำประสานเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ ณ อุณหภูมิที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ (Gas transition temperature : Tg) เกิดเป็นไอระเหยขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งโดยปรกติแล้วไอระเหยของน้ำประสานที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานจะถูกดูดโดยท่อดูดควันพิษ (Exhaust tube) แต่พอลมจากเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่าพัดมายังพื้นที่บัดกรี ส่งผลให้ไอระเหยของน้ำประสานถูกพัดออกมานอกท่อดูดควันพิษ และไอระเหยบางส่วนก็ถูกสูดเข้าสู่ทางเดินหายใจของพนักงานประกอบชิ้นงานก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

3. ลมจากเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่ายังพัดนำความเย็นจากอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียสไปยังพนักงานผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย เมื่อพนักงานปฏิบัติงานที่กระบวนการโซลเดอร์ออปติคต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานจะทำให้พนักงานรู้สึกหนาวเย็น ในบางรายมีอาการเป็นไข้เรื้อรัง และมีอาการแสบตาจากพัดลมของเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลมเป่า ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดต้อลมได้ในระยะยาวได้

เพื่อแก้ไขปัญหาทั้ง 3 ข้อนี้ ผู้วิจัยได้ติดต่อและจัดหาเครื่องรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้าสถิตแบบใหม่ โดยไม่ใช้พัดลมในการนำพาเอาประจุไฟฟ้าสถิตด้านบวกและลบมายังพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งนำไปสู่งานวิจัยชิ้นนี้เพื่อที่จะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบใหม่นี้ ที่ยังไม่เคยถูกพิจารณามาก่อนในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่มีลมเป่าที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) ในขณะเปิดใช้งานเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่มีลมเป่า

2. เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของปัจจัย และสามารถนำมากำหนดเป็นค่าควบคุมของกระบวนการ อันได้แก่ค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของแผนกควบคุมไฟฟ้าสถิตของโรงงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ เริ่มจากการศึกษารายละเอียดของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่มีลมเป่า ซึ่งถือได้ว่าเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับบริษัทที่ทำกรณีศึกษา และศึกษาวิธีการควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของแผนกควบคุมไฟฟ้าสถิตของบริษัทที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) โดยคัดกรองปัจจัยด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง จะใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k และวิธีพื้นผิวตอบสนอง สุดท้ายทำการตรวจสอบและยืนยันผลการทดลอง เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตหลังการปรับปรุงพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัย

ผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลในกระบวนการปัจจุบันของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตก่อนการปรับปรุงพารามิเตอร์พบว่าค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้างอยู่ที่ 24.675 โวลต์, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 4.909 และดัชนีความสามารถของกระบวนการอยู่ที่ 2.264 จากตัวอย่างจำนวน 30 ข้อมูล (ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตวันละ 1 ครั้งก่อนเริ่มใช้งานเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต) ดังแสดงในตารางที่ 1

จากนั้นทำการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ปัจจุบันที่ใช้งานอยู่ในกระบวนการทำงานของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต พบค่าระดับในปัจจุบันเป็นไปตามตารางที่ 2

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ C_{pk} ของตัวอย่างสำหรับค่าผลตอบสนองของค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก่อนทำการปรับปรุง

ผลตอบสนองที่ทำการศึกษา	ค่าการผลิตจริง			ข้อกำหนดของกระบวนการ			
	ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง	C_{pk}	ค่าต่ำสุด	ค่าเป้าหมาย	ค่าสูงสุด	หน่วย
แรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Balance voltage)	24.675	4.909	2.264	-35	0	35	โวลต์

ตาราง 2 ตารางแสดงระดับของปัจจัยที่ใช้งานอยู่ในกระบวนการปัจจุบัน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	ปัจจัย	ระดับที่ใช้งานปัจจุบัน	หน่วยวัด
ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต (Balance Percent Positive)	X_1	71	Percentage (%)
ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวก/ลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต (Ion Frequency)	X_2	13	Hirtz (Hz)
มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์ (Ionizer Angle)	X_3	45	Degree (^{o})

จากนั้นทำการระดมสมองกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้างของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่ใช้ลมพาประจุ ทำให้ได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 3 ในการหาระดับที่เป็นไปได้สำหรับทำการทดลองต่อไปนั้น ทำได้โดยการศึกษาสมรรถนะและวิธีการปรับตั้งค่าเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในตารางที่ 3

ตาราง 3 ตารางแสดงช่วงระดับของการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	สัญลักษณ์	การปรับตั้งความละเอียด	ช่วงของการปรับต่ำสุด-สูงสุดของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	หน่วยวัด	ลักษณะของปัจจัย	ผลตอบสนอง
ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต (Balance Percent Positive)	X_1	ปรับตั้งค่าตัวเลขได้ครั้งละ 5 ระดับ (ตัวเลขจำนวนเต็มภายในช่วงที่กำหนด)	65 – 80 (65, 70, 75, 80)	%	เชิงปริมาณ	ค่าประจุไฟฟ้าสถิตคงค้าง
ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวก/ลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต (Ion Frequency)	X_2	ปรับตั้งค่าตัวเลขได้ครั้งละ 5 ระดับ (ตัวเลขจำนวนเต็มภายในช่วงที่กำหนด)	1 – 20 (1, 5, 10, 15, 20)	Hz	เชิงปริมาณ	
มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์ (Ionizer Angle)	X_3	ปรับตั้งค่าตัวเลขได้ครั้งละ 10 ระดับ (ตัวเลขจำนวนเต็มภายในช่วงที่กำหนด)	0 – 50 (0, 10, 20, 30, 40, 50)	degree (^{o})	เชิงปริมาณ	

ทำการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยการเปลี่ยนแปลงระดับต่าง ๆ ทีละ 1 ปัจจัย เพื่อสังเกตและวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนองของเครื่องมือสลายฟ้าสถิต จากนั้นใช้โปรแกรมทางด้านสถิติในการพิจารณาถึงอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่มีต่อผลตอบสนองเพื่อสังเกตว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต โดยออกแบบการทดลองตามตารางที่ 4, 5 และ 6 สำหรับปัจจัยที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตาราง 4 ตารางออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์สำหรับปัจจัยร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	สัญลักษณ์ของปัจจัย	ระดับที่เปลี่ยนแปลง	ระดับที่ควบคุมของปัจจัยอื่น		
			X_1	X_2	X_3
ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	X_1	65%	ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ 1	13	45
		70%			
		75%			
		80%			

ตาราง 5 ตารางออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์สำหรับปัจจัยความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวก/ลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	สัญลักษณ์ของปัจจัย	ระดับที่เปลี่ยนแปลง	ระดับที่ควบคุมของปัจจัยอื่น		
			X_1	X_2	X_3
ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวก/ลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	X_2	1 Hz	71	ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ 2	45
		5 Hz			
		10 Hz			
		15 Hz			
		20 Hz			

ตาราง 6 ตารางออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์สำหรับปัจจัยมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	สัญลักษณ์ของปัจจัย	ระดับที่เปลี่ยนแปลง	ระดับที่ควบคุมของปัจจัยอื่น		
			X_1	X_2	X_4
มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	X_3	0 cm	71	13	ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ 3
		10 cm			
		20 cm			
		30 cm			
		40 cm			
		50 cm			

นำค่าผลตอบสนองที่ได้จากการวัดค่าด้วยเครื่องมือทางไฟฟ้าสำหรับแต่ละปัจจัยไปประมวลผลด้วยโปรแกรมทางด้านสถิติ เพื่อหาค่า P-Value ที่ระดับ α = 0.05 ได้ค่าตามตารางที่ 7 ผลที่ได้คือการเปลี่ยนแปลงปัจจัยร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต และมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์ มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของผลตอบสนอง ส่วนการเปลี่ยนระดับของปัจจัยความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต ไม่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของผลตอบสนอง

ตาราง 7 ตารางแสดงค่า P-value สำหรับปัจจัยที่สนใจศึกษาที่ระดับ α = 0.05

ปัจจัย	สัญลักษณ์ของปัจจัย	ลักษณะของปัจจัย	ค่า P-Value ของผลตอบสนองประจุไฟฟ้าสถิตคงค้าง (Y)
ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	X_1	เชิงปริมาณ	0.003
ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	X_2	เชิงปริมาณ	0.845
มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	X_3	เชิงปริมาณ	0.000

เมื่อทราบข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการแล้ว ต่อไปทำการเลือกแบบการทดลอง โดยที่พารามิเตอร์หลักมีแค่ 3 ตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทำการออกแบบการทดลองแบบ full factorial design (มี 2 ระดับ และ 3 ปัจจัย จึงได้ 2^3 = 8 วิธีการ) ซึ่งแสดง design generators F = $\pm$ABC จากนั้นทำการจัดเรียงลำดับในการทดลองของ low และ high level ของทั้ง 3 ปัจจัย จากนั้นทำการกำหนดระดับ low และ high ของแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาตามตารางที่ 8 โดยพิจารณาจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าผลตอบสนองเมื่อระดับของแต่ละพารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป

ตาราง 8 ตารางแสดงระดับของพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษา

พารามิเตอร์	ระดับ		หน่วย
	Low (-)	High (+)	
1. ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	65	70	%
2. ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	1	5	Hirtz
3. มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	30	40	Degree

ทำการทดลองและเก็บค่าผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตตามตารางที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้การทำซ้ำที่ 5 ครั้งต่อ 1 วิธีปฏิบัติ ซึ่งค่าผลตอบสนองที่ได้แสดงตามตารางที่ 9

ตาราง 9 ตารางแสดง run การทดลอง และการเก็บข้อมูลของค่าตอบสนอง

Run	ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	ประจุไฟฟ้าสถิตคงค้าง					
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1	70	5	40	38	40	41	37	36	39
2	70	5	30	65	73	63	60	62	65
3	70	1	40	21	19	15	25	17	20
4	70	1	30	49	44	58	47	56	51
5	65	5	40	0	-2	1	1	-3	-1
6	65	5	30	27	18	26	32	25	26
7	65	1	40	-6	-4	-5	1	-6	-4
8	65	1	30	21	25	18	21	25	22

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองด้วยโปรแกรมทางสถิติตามตารางที่ 10 จากนั้นพิจารณากราฟของอิทธิพลหลัก และอิทธิพลร่วม เพื่อสังเกตแนวโน้มความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 3 ตัว

ตาราง 10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง

General Factorial Regression: Ion balance versus Percent positive, Frequency, Angle

Factor Information

Factor	Levels	Values
Percent positive	2	65, 70
Frequency	2	1, 5
Angle	2	30, 40

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	19618.6	2802.7	180.34	0.000
Linear	3	19166.6	6388.9	411.09	0.000
Percent positive	1	10671.3	10671.3	686.63	0.000
Frequency	1	1039.3	1039.3	66.87	0.000
Angle	1	7456.1	7456.1	479.76	0.000
2-Way Interactions	3	436.0	145.3	9.35	0.000
Percent positive*Frequency	1	407.6	407.6	26.23	0.000
Percent positive*Angle	1	16.4	16.4	1.06	0.312
Frequency*Angle	1	12.0	12.0	0.77	0.387
3-Way Interactions	1	16.0	16.0	1.03	0.318
Percent positive*Frequency*Angle	1	16.0	16.0	1.03	0.318
Error	32	497.3	15.5		
Total	39	20116.0			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.94226	97.53%	96.99%	96.14%

จากผลการทดลองเบื้องต้นทำให้ทราบว่าทั้ง 3 พารามิเตอร์มีนัยสำคัญต่อค่าผลตอบสนองของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต ดังนั้นผู้วิจัยได้นำพารามิเตอร์ไปทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมต่อไป โดยหลังจากขั้นตอนการสกรีนนิ่งแฟคเตอร์เพื่อกรองปัจจัยและเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลแล้ว ผู้วิจัยได้นำทั้ง 3 พารามิเตอร์มาออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken Design ต่อ โดยกำหนด center point = 3 เพื่อวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองระหว่างตัวแปรกับค่าตอบสนอง และหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยต่อไป ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองให้กับพารามิเตอร์แต่ละตัวดังแสดงในตารางที่ 11

ตาราง 11 แสดงระดับของพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาพื้นผิวตอบสนอง

พารามิเตอร์ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต	ระดับ			หน่วย
	Low (-)	Medium (0)	High (+)	
1. ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	65	70	75	%
2. ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	1	5	10	Hirtz
3. มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	30	40	50	Degree

จากนั้นทำการออกแบบการทดลองโดยการเพิ่ม 3 center points สำหรับระบบที่ทำการศึกษาปัจจัย 3 ตัว ทำให้ได้ทั้งหมด 27 การทดลองสำหรับการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองเพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียงในการทดลอง ลำดับในการทำการทดลองจะเป็นไปแบบสุ่มโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จะได้ผลการเก็บข้อมูลการทดลองแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงการเก็บข้อมูลการทดลอง

Run	A (% positive)	B (Frequency)	C (Angle)	Y (Ion balance)					
				1	2	3	4	5	ave
1	65	1	30	27	22	15	27	27	24
2	65	1	40	-14	-2	-10	-1	-9	-7
3	65	1	50	-45	-47	-46	-52	-44	-47
4	65	5	30	38	31	26	21	24	28
5	65	5	40	-3	-2	5	13	-2	2
6	65	5	50	-46	-39	-36	-41	-47	-42
7	65	10	30	18	21	15	17	12	16
8	65	10	40	-12	-2	-9	-13	-5	-8
9	65	10	50	-40	-53	-60	-48	-47	-49
10	70	1	30	54	43	51	51	51	50
11	70	1	40	15	28	17	16	20	19

Run	A (% positive)	B (Frequency)	C (Angle)	Y (Ion balance)					
				1	2	3	4	5	ave
12	70	1	50	-29	-29	-20	-29	-22	-26
13	70	5	30	63	69	69	68	55	65
14	70	5	40	39	39	46	35	40	40
15	70	5	50	-1	-5	-5	-1	-3	-3
16	70	10	30	65	67	73	76	70	70
17	70	10	40	43	42	41	48	39	43
18	70	10	50	-1	0	3	-6	1	-1
19	75	1	30	31	30	26	18	24	26
20	75	1	40	-2	0	8	1	3	2
21	75	1	50	-35	-34	-35	-38	-39	-36
22	75	5	30	60	50	54	50	66	56
23	75	5	40	35	33	24	24	22	28
24	75	5	50	-8	-9	-13	-15	-12	-11
25	75	10	30	66	79	68	73	69	71
26	75	10	40	47	46	46	56	59	51
27	75	10	50	3	-1	10	-1	1	2

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในทางสถิติ โดยมีเทอมของ A, B, C, A^2, B^2, C^2 และ AB เป็นเทอมที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต ทำให้ได้โมเดลของสมการคณิตศาสตร์ คือ $Y = -4454 + 127.77A - 30.32B + 2.944C - 0.9114A^2 - 0.4050B^2 - 0.07975C^2 + 0.5305AB$

เมื่อ Y = ประจุไฟฟ้าสถิตคงค้าง

A = ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

B = ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

C = มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาจากกราฟ surface plot และ contour plot จากภาพที่ 1-3 พบว่าค่าไฟฟ้าสถิตคงค้างจะเข้าใกล้ค่าศูนย์ที่สุดเมื่อร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตเข้าใกล้ 65 เปอร์เซ็นต์, ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตเข้าใกล้

1 เฮิร์ต และมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 40 องศา ซึ่งมีข้อมูลสอดคล้องกับการวิเคราะห์กราฟของอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมตามภาพที่ 4 และ 5 พบว่าค่าไฟฟ้าสถิตคงค้างจะเข้าใกล้ศูนย์เมื่อร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตอยู่ในระดับต่ำ, ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตอยู่ในระดับต่ำ และมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่างค่ากลางกับค่าสูง

ภาพ 1 แสดงพื้นผิวตอบสนอง (Response surface) ของอิทธิพลร่วมและกราฟโครงร่าง (Contour Plot) ระหว่างมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับตัวงานกับความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

ภาพ 2 แสดงพื้นผิวตอบสนอง (Response surface) ของอิทธิพลร่วมและกราฟโครงร่าง (Contour Plot) ระหว่างมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์กับร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

ภาพ 3 แสดงพื้นผิวตอบสนอง (Response surface) ของอิทธิพลร่วมและกราฟโครงร่าง (Contour Plot) ระหว่างความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

จากภาพที่ 4 พบว่าจุดที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ฟังก์ชั่นความพึงพอใจ = 1 คือปรับร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตที่ 65.768 เปอร์เซ็นต์, ปรับความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตที่ 1.212 เฮิร์ต และปรับมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์ที่ 40.703 องศา

ภาพ 4 กราฟแสดงจุดตัดที่ทำให้ค่าไฟฟ้าสถิตคงค้างเข้าใกล้ศูนย์ที่สุด

แต่เนื่องจากในสภาพการทำงานจริงเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ให้ละเอียดได้ตามผลสรุปจากโปรแกรมได้ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับหาจุดที่เหมาะสมใหม่ เพื่อให้สามารถปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตได้จริง แล้วทำให้ได้ค่าฟ้าสถิตคงค้างที่ใกล้เคียงศูนย์ที่สุด และมีค่าความพึงพอใจ (Desirability : D) มากที่สุดดังแสดงในภาพที่ 5 ดังนั้นจุดที่เหมาะสมของการปรับระดับปัจจัยทั้ง 3 ของการทดลองนี้คือปรับร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกที่ 65 เปอร์เซ็นต์, ปรับความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบที่ 1 เฮิร์ต และปรับมุมระหว่าง

เครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์ที่ 40 องศา ซึ่งจะทำให้ได้ค่าไฟฟ้าสถิตคงค้างเฉลี่ยอยู่ที่ -5.332 โวลต์ และค่าความพึงพอใจอยู่ที่ 0.847

ภาพ 5 กราฟแสดงจุดตัดที่เหมาะสมในการปรับค่าพารามิเตอร์

อย่างไรก็ดีในการปฏิบัติงานจริงเราสามารถปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าใหม่ตามที่โปรแกรมคำนวณได้ แต่จะต้องมีการเก็บข้อมูลพร้อมทั้งสรุปผลการเปรียบเทียบต่อไป

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์สำหรับเครื่องมือสลายฟ้าสถิต เป็นการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไฟฟ้าสถิตคงค้างในพื้นที่บัดกรีชิ้นงาน และต้องการทราบถึงจุดที่เหมาะสมของพารามิเตอร์สำหรับเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไฟฟ้าสถิตคงค้างในพื้นที่บัดกรีชิ้นงานคือ ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต, ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต และมุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์

2. ผลการวิจัยหลังจาก screening factor experimental โดยการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ response surface methodology ทำให้ได้สมการถดถอยของพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไฟฟ้าสถิตคงค้าง ดังนี้

$$Y = -4454 + 127.77A - 30.32B + 2.944C - 0.9114A2 - 0.4050B2 - 0.07975C2 + 0.5305AB$$

เมื่อ Y = ประจุไฟฟ้าสถิตคงค้าง

A = ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

B = ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต

C = มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์

3. จุดเหมาะสมในการปรับค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรที่จะทำให้เกิดปริมาณฟ้าสถิตคงค้างเข้าใกล้ศูนย์ที่สุด และสะดวกต่อการปรับตั้งค่าแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงจุดเหมาะสมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิตแบบไม่ใช่ลมในการพาประจุ

พารามิเตอร์ของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต	**จุดเหมาะสมในการทำงาน**	**หน่วย**
1. ร้อยละของการปลดปล่อยประจุบวกของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	65	%
2. ความถี่ในการปลดปล่อยประจุบวกและลบของเครื่องสลายไฟฟ้าสถิต	1	Hirtz
3. มุมระหว่างเครื่องสลายไฟฟ้าสถิตกับผลิตภัณฑ์	40	Degree

เมื่อนำพารามิเตอร์ที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงพบว่าแรงดันไฟฟ้าสถิตคงค้างลดลงจาก 24.675 โวลต์ ลดค่าลงไปที่ -5.332 โวลต์ หรือคิดเป็น 78.391% สำหรับการปรับปรุงค่าผลตอบสนองของเครื่องมือสลายไฟฟ้าสถิต ช่วยลดความเสี่ยงที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากปริมาณของไฟฟ้าสถิตคงค้างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยในครั้งนี้ทางผู้ทำการวิจัยได้เลือกปัจจัยเอาปัจจัยที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้มาพิจารณาเป็นหลัก แต่ยังอาจจะมีปัจจัยแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่สามารถส่งผลกระทบถึงค่าผลตอบสนองที่สนใจได้อีก ซึ่งควรทำการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุณหภูมิ และความชื้นในพื้นที่ปฏิบัติงานที่อาจจะมีผลกระทบต่อการเกิดของไฟฟ้าสถิตในพื้นที่ปฏิบัติงาน แต่การทดลองและควบคุมปัจจัยเหล่านี้อาจจะทำได้ยาก เนื่องจากพื้นที่ปฏิบัติงานมีขนาดใหญ่ จึงทำให้การวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นนั้นเป็นไปได้ยาก

เอกสารอ้างอิง

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

Sayrasang W. & Luangpaiboon P. (2011). Meandering Improvement of Stealth Laser Dicing Process via Mixed Integer Linear Constrained Response Surface Optimization Model. Proceedings of National Operations Research Conference 2011, pp. 44-50.

Duangkaew S. & Luangpaiboon P. (2013). Surface Lapping Process Improvement Via Steepest Ascent Method Base on Factorial and Simplex Designs. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2013 Vol II,IMECS 2013, March 13-15, 2013, Hong kong, pp. 918-923

การปรับปรุงสายการผลิตอบชุบชิ้นส่วนโลหะ : กรณีศึกษา โรงงาน ผลิตรถจักรยานยนต์

Line Improvement of Heat Treatment Metal Parts : Case Study Motorcycle Factory

อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล(Ubolrat Wangrakdiskul)*
คัทรียา โกประเสริฐกูล(Cutthareeya Koprasertkoon) พัดชา พุ่มมาลี(Patcha Pummalee)
ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*Corresponding author. E-mail: Ubolrat.w@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมจักรยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีปริมาณการผลิตในปี 2559 ถึง จำนวน 3.5 ล้านคัน และมีอัตราการส่งออกมากถึง 15% ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันของโรงงานจึงเป็นสิ่งสำคัญ จากการศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานตัวอย่างซึ่งทำการผลิตรถจักรยานยนต์ พบว่ามีปัญหาการทำงานซ้ำซ้อนในสายการผลิตอบชุบชิ้นส่วนโลหะ และทำให้เสียเวลาในการผลิต งานวิจัยนี้จึงใช้หลักการ ECRS ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงการทำงาน และหลักการด้านการลดความสูญเสีย 7 ประการเน้นเรื่องความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวไม่จำเป็น และความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการเปลี่ยนตะกร้าบรรจุชิ้นงานเข้าเตาเผาแบบไม่ทนความร้อน ให้เป็นแบบทนความร้อนทั้งกระบวนการผลิต การปรับปรุงนี้ช่วยลดการเปลี่ยนถ่ายสินค้าทั้งก่อนและหลังกระบวนการอบชุบ ยิ่งกว่านั้น ยังได้ทำการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้น และผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยเน้นที่ค่า ระยะเวลาการคืนทุน พวกเราพบว่าหลังการปรับปรุงการทำงาน เวลาการทำงาน ลดจำนวนพนักงาน และลดจำนวนขั้นตอนการทำงาน

คำสำคัญ: ECRS การสูญเสีย 7 ประการ ระยะเวลาคืนทุน ประสิทธิภาพการผลิต

Abstract

Motorcycle industry is one of industries which is important to the economic in Thailand. There is the production rate in 2016 for 3.5 billion units and has 15% of production for export to aboard. Therefore, improvement the competiveness of company in this sector is also important. After studying the process of the study company which produces motorcycles, we found that there is the redundancy work

in the heat treatment process of metal parts and leads to loss production time. This paper uses the principle of ECRS for analyzing the process and improving the performance process. In addition, 7 wastes principles for reducing the unnecessary transportation and movement is also used to solve the problem. Replacing the baskets for loading parts into the heat treatment furnace from non-heat resistant baskets to be heat resistant baskets has been proposed. This can reduce the unloading process, both of before and after heat treatment process. After improving the work, then processing time, the number of employees, and number of process steps are decreased.

Keywords: ECRS, 7 Wastes, Payback Period, Productivity

บทนำ

โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานผลิตรถจักรยานยนต์ ซึ่งทำการผลิตชิ้นส่วนประกอบภายในโรงงาน ก่อนนำไปประกอบเป็นตัวรถจักรยานยนต์ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาชิ้นงานประเภท Axle Main, Axle Drive, Gear Primary Drive และ Gear โดยส่วนงานที่ศึกษานี้มีแผนกหลักที่เกี่ยวข้อง 3 แผนก คือ การขึ้นรูป (Machine) การอบชุบชิ้นงานโลหะ (Heat Treatment) และการเจียระไน (Grinding) ตามลำดับ

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเป็นหัวใจสำคัญในการทำธุรกิจ เนื่องจากต้องมีการแข่งขันเพื่อความอยู่รอดในตลาด ดังนั้นโรงงานตัวอย่างก็เช่นเดียวกันมีนโยบายในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งได้ใช้หลักการ Lean Manufacturing ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) คือ “การออกแบบและการจัดกระบวนการ ผลิตการจัดสรรทรัพยากร การกำหนดปริมาณวัสดุสำรองเพื่อการผลิต และการวางมาตรการต่างๆ อย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถส่งมอบสินค้าหรือบริการได้อย่างถูกต้อง ลดความสูญเสียหรือให้มีน้อยที่สุด ด้วยวิธีการกำจัดความสูญเปล่าที่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง” ชี้ให้บุคลากรทุกคนเข้าใจเป้าหมายการทำงานเดียวกันด้วยระบบ Lean (ระบบ Just In Time และระบบ Lean Manufacturing กับการปฏิบัติงานภายในศูนย์บริการวิชาการ, 2558) ซึ่งเป้าหมายของลีน คือการขจัดความสูญเสีย 7 ประการในกระบวนการทำงาน (William et al, 2002) ประกอบด้วย ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation Waste) ความสูญเสียจากสินค้าคงคลัง (Inventory Waste)) ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว (Motion Waste) ความสูญเสียจากการรอคอย (Waiting Waste) ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินไป (Over Production Waste) ความ

สูญเสียจากมีกระบวนการมากเกินไป (Over Processing Waste) และ ความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Defects Waste)

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ ประยุกต์ใช้หลักการหนึ่งของ ECRS และ ความสูญเสีย 7 ประการ ดังนี้ สาโรจน์ (2549) หาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเพิ่มจำนวนหรือเปลี่ยนเครื่องจักรในสถานีงานที่มีเวลารอคอยมาก โดยแผนการปรับปรุงที่ดีที่สุด คือการเพิ่มตู้อบในสถานี Post Mold Cure และเปลี่ยนกระบวนการทำงานระหว่างสถานี Surface Treatment และ Molding สามารถลดเวลาที่สูญเสียไปในการรอคอยได้ 23.06% และค่าใช้ประโยชน์เครื่องจักรเพิ่มขึ้น 4.6% โดยจุดคุ้มทุนคือ 1.25 ปี พิเชฐ และ สุกานดา (2555) ทำการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยลดรอบเวลาการทำงานด้วยหลักการ กำจัด (Eliminate) บางขั้นตอนของการประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้ อุบลรัตน์ และ คณะ (2551) ใช้หลักการการจัดลำดับใหม่ (Rearrange) และ รวมขั้นตอนการทำงาน (Combine) ในโรงงานผลิตหม้อแปลง จักรกฤษณ์(2557) ใช้หลักการ รวมขั้นตอนการทำงาน (Combine) และ การทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) ในกระบวนการผลิตกางเกงเวสในโรงงานอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป ช่วยให้รอบเวลาการผลิตโดยรวมลดลง ปรารถนา และคณะ (2553) การประยุกต์ใช้หลักการลดความสูญเปล่า และ ใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่าในการกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเป็นจุดคอขวด จากการจำลองพบว่าการปรับปรุงโดยการเพิ่มเครื่องจักรอัตโนมัติเวลาในการทำงานลดลงจาก 12.35 ชม./ครั้ง เหลือ 3.36 ชม/ครั้ง และไม่เกิดการทำงานล่วงเวลา ระยะเวลาในการคืนทุน 1 ปี 6 เดือน อรรถพร (2557) พบความสูญเปล่าในขั้นตอนการผลิต คือ การมีสินค้าเกิดความจำเป็น การ

เคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนย้าย-ขนย้ายที่ไม่จำเป็น และการเกิดการรอคอยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคความสุญเสีย 7 ประการ และการผลิตแบบลีน เพื่อขจัดความสูญเปล่า ผลที่ได้ คือ ลดเวลการทำงาน 39.51 นาที/กะ ลดพนักงานได้ 15 คน/วัน และลดการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้เท่ากับศูนย์ ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้น 9.68% **วลัยลักษณ์** (2559) ได้วิเคราะห์ความสูญเปล่าโดยสร้างแผนสายธารแห่งคุณค่าแล้วได้นำเสนอแนวทางปรับปรุง 5 แนวทางโดยได้ทำการจำลองผลลัพธ์พบว่าแนวทางที่ 4 และ 5 สามารถผลิตชิ้นงานออกได้มากที่สุด 277 ชิ้น/วัน แต่ถ้าพิจารณาค่าใช้จ่ายโดยรวมด้วยแนวทางที่ 5 มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า โดยในแนวทางที่ 5 ปรับปรุงโดยการเพิ่มหุ่นยนต์ 2 ตัว **อรรถกร และ วุฒิชัย (2558)** ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการรวมขั้นตอน Combine) และสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิต ผลการปรับปรุงได้ทำการเพิ่มพนักงานหน่วยที่ 5 เพื่อแก้ปัญหาภาวะคอขวด และการรวมเครื่องดัด 1,2 เข้าด้วยกัน แล้วลดพนักงานตรวจสอบเหลือ1 ครั้ง ทำให้สามารถลดเครื่องดัดท่อได้ 1 เครื่องลดจำนวนพนักงานได้ 2 คน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องจักรใหม่ 2.3 ล้านบาท และค่าแรงคนงาน 353,875 บาท/ปี

รุ่งโรจน์ (2559) ศึกษาเก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุเคมีเกษตร โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรสถานะปัจจุบัน และนำเสนอวิธีการปรับปรุง ทำให้สามารถผลิต 1168 กล่อง ต่อรอบ 390 นาทีได้ Takt time 17 วินาที/กล่อง และลดคนงานได้ 6 คน จุดคุ้มทุน คือ 7 เดือน

บริษัทกรณีศึกษา คือ บริษัท สยามยามาฮ่า จำกัด ก่อตั้ง เมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2507 มีเป้าหมาย เพื่อตอบสนองความต้องการรถจักรยานยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น บริษัทฯได้มีส่วนทำให้อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ยามาฮ่าเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากภาครัฐ และบริษัท ยามาฮ่าประเทศญี่ปุ่น จำกัด ประเทศญี่ปุ่น และในปี 2543 บริษัท ยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด ประเทศญี่ปุ่น ได้เข้ามาถือหุ้นใหญ่เพื่อเสริมความแข็งแกร่งและมาตรฐานให้เทียบเท่าระดับโลก บริษัท ไทยยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด คือ ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์ชั้นนำของประเทศไทย ในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและปรับปรุง แผนกอบชุบชิ้นงานโลหะ โรงงาน ไทยยามาฮา มอเตอร์ จำกัด ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ กระบวนการทำงานในแผนกอบชุบชิ้นงานโลหะนั้น ชิ้นงานจะอยู่ในตะกร้าที่ไม่ทนความร้อน ซึ่งก่อนเข้าเตาเผา จะต้องเปลี่ยนถ่ายเป็นตะกร้าที่ทนความร้อน และหลังออกจากเตาเผาก็ต้องเปลี่ยนถ่ายชิ้นงานกลับไปตะกร้าไม่ทนความร้อนเหมือนเดิมเพื่อที่จะหมุนเวียนนำตะกร้าทนความร้อนกลับไปใช้อีก ทำให้สูญเสียเวลาในการเปลี่ยนถ่ายชิ้นงาน มีความสูญเสียในการด้านเคลื่อนไหวของพนักงานที่ทำงาน ใช้พนักงานในการทำงานมาก และ ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน ดังนั้นการวิจัยนี้เน้นการปรับปรุงกระบวนการอบชุบชิ้นส่วนโลหะ โดยประยุกต์หลักการ ECRS และ ความสูญเสีย 7 ประการ โดย การลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวไม่จำเป็น และ วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานเพื่อหาวิธีลดเวลาและลดจำนวนพนักงานในการผลิตลง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ปรับปรุงสายการผลิตอบชุบชิ้นส่วนโลหะ โดยลดเวลาการทำงานในโรงงานกรณีศึกษาอย่างน้อย 50%

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตงานวิจัย

- ศึกษากระบวนการอบชุบชิ้นส่วนโลหะ โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์
- ศึกษา ชิ้นงาน เพื่อทำการปรับปรุงประกอบด้วยแบบ Axle และ แบบ Gear รวมทั้งหมด 8 ชนิด ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ชนิดของชิ้นส่วนที่ทำการศึกษาประเภท Axle และ Gear

ประเภทชิ้นงาน		ชื่อชิ้นงาน
Axle	Axle Main	4C9-A/M
		1P7-A/M
	Axle Drive	4C9-A/D
		1P7-A/D
	Gear Primary Drive	4C9-Gear Primary Drive
Gear		4C9-Gear-1W
		1P7-Gear-1W
		4C9-Gear Primary DriveN

มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. เก็บข้อมูลกระบวนการผลิต ระหว่างเวลา พฤษภาคม 2559- มีนาคม 2560 เพื่อวิเคราะห์ปัญหา และสาเหตุ ดังแสดงในภาพ 1 มีขั้นตอนการผลิตหลัก 13 ขั้นตอน และ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางความร้อน คือ ขั้นตอนที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11

ขั้นตอนการทำงาน	○	⇨	D	□	▽
1.วัตถุดิบ					▼
2. Machining	●				
3.บรรจุชิ้นงานลงตะกร้าไม่ทนความร้อน		⇨			
4. ลำเลียงตะกร้าที่บรรจุชิ้นงานลงรถเข็น		⇨			
เข้าสู่กระบวนการอบชุบชิ้นส่วนโลหะ					
5. Anti-carburizing (เฉพาะชิ้นงาน Axle)	●				
6. ขนย้ายชิ้นงานจากตะกร้าไม่ทนความร้อน ลงตะกร้าทนความร้อน		⇨			
7. ยกตะกร้าทนความร้อนลงสู่ Tray		⇨			
8. ลำเลียง Tray เข้าเตาอบชุบ		⇨			
9. เตาอบชุบชิ้นงาน	●				
10. นำชิ้นงานออกจาเตาอบชุบ		⇨			
11. ขนย้ายชิ้นงานจากตะกร้าทนความร้อน ลงสู่ตะกร้าไม่ทนความร้อน		⇨			
12. Grinding ชิ้นงาน	●				
13. ขนส่งไปแผนกประกอบ		⇨			

ชิ้นงานบรรจุในตะกร้าไม่ทนความร้อน | ชิ้นงานบรรจุในตะกร้าทนความร้อน | ชิ้นงานบรรจุลงกล่อง

ภาพ 1 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนเพลา และเกียร์ ของรถจักรยานยนต์

2. ศึกษาเวลาการทำงานในขั้นตอนที่ทำการปรับปรุง

ขั้นตอนที่มุ่งเน้นปรับปรุงสำหรับงานวิจัยนี้ คือ ขั้นตอน setting (6,7,8) ขั้นตอนที่ 9 (การอบชุบ) และ ขั้นตอน Di-setting (10,11) แสดงในตาราง 2 พบว่าเวลาในการทำงาน มีดังนี้

- **ขั้นตอนที่ 6,7, และ 8** ใช้เวลา 40-80 นาที/รอบการผลิต
- **ขั้นตอนที่ 9 ใช้เวลา** 345-480 นาที/รอบ
- **ขั้นตอนที่ 10,11 ใช้**เวลา 40-70 นาที/รอบการผลิต

ทั้ง 2 กลุ่มนี้ เป็นขั้นตอนการขนย้ายชิ้นงาน ลงภาชนะ และขนย้ายชิ้นงานออกจากภาชนะ เป็นเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตดังนั้น ควรลดเวลาการทำงาน และลดขั้นตอนให้น้อยลง โดยใช้หลักการ 7 wastes ขั้นตอนการขนย้ายวัสดุ (Transportation) และ การเคลื่อนไหว (Motion) และหลักการ ECRS ด้านการกำจัด (Eliminate) ขั้นตอนการผลิต

ตาราง 2 เวลาการทำงานของขั้นตอนการผลิตที่ 5-11

ประเภทชิ้นงาน	ชื่อชิ้นงาน	ขั้นตอนที่ 5		ขั้นตอนที่ 6,7,8		ขั้นตอนที่ 9 เตาอบชุบ	ขั้นตอนที่ 10,11	
		Anti-Carburizing		Setting			Disetting	
		เวลา (นาที)	จำนวนคนงาน	เวลา (นาที)	จำนวนคนงาน	(นาที)	เวลา (นาที)	จำนวนคนงาน
Axle	4C9-A/M			80	2	395	60	2
	1P7-A/M			80		395	60	
	4C9-A/D	70	2	40		480	50	
	1P7-A/D	70		40		480	50	
	4C9-Gear Primary Drive	180		60		395	40	
Gear	4C9-Gear-1W			55		345	60	
	1P7-Gear-1W			55		345	60	
	IC9-Gear Primary Drivel			80		345	70	

หมายเหตุ ชิ้นงาน 4C9-A/D 1P7-A/D 4C9-Gear Primary Drive เท่านั้นที่ผ่านกระบวนการ Anti-carburizing

1. ศึกษาแนวทางการปรับปรุงปัญหาที่พบ

เนื่องจากขั้นตอนทั้ง 2 กลุ่มที่แสดงในหัวข้อที่ 2 เกี่ยวข้องกับการขนย้ายวัสดุจากตะกร้าไม่ทนความร้อน ลงสู่ตะกร้าทนความร้อน แล้ว ถ่ายกลับลงสู่ตะกร้าไม่ความร้อน อีก เป็นการทำงานที่ซ้ำซ้อน ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการปรับปรุงดังนี้

- เปลี่ยนตะกร้าบรรจุชิ้นงานจากไม่ทนความร้อน เป็น ตะกร้าทนความร้อนทั้งหมด เพื่อลดการขนย้ายชิ้นงาน เวลาที่สูญเสีย และแรงงานคน

3. การทดลองปรับปรุง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ผลการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงสรุปได้ดังนี้

1. สรุปกระบวนการทำงานใหม่ กรณีใช้ตะกร้าทนความร้อนทั้งระบบ เริ่มเปลี่ยนแปลงที่ขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นผลให้ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลดลง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 6, 11 สรุปได้ภาพ 2 และสรุปเวลาการทำงานที่ลดลงในตาราง 3 ลดเวลาการขนถ่ายชิ้นงานลงได้ 79.26% และ 80.22%

4. การทดลองปรับปรุง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ผลการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงสรุปได้ดังนี้

1.สรุปกระบวนการทำงานใหม่ กรณีใช้ตะกร้าทนความร้อนทั้งระบบ เริ่มเปลี่ยนแปลงที่ขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นผลให้ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลดลง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 6, 11 สรุปได้ภาพ 2 และสรุปเวลาการทำงานที่ลดลงในตาราง 3 ลดเวลาการขนถ่ายชิ้นงานลงได้ 79.26% และ 80.22%

ภาพ 2 ขั้นตอนการผลิตใหม่หลังปรับปรุงใช้ตะกร้าทนความร้อนทั้งระบบ

ตาราง 3 เปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อน และหลังการปรับปรุง

ชื่อชิ้นงาน	เวลาการทำงาน (นาที)					
	ขั้นตอนที่ 6,7,8 (Setting)			ขั้นตอนที่ 10,11 (Disetting)		
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง ไม่มีขั้นตอนที่ 6	ลดลง (%)	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง ไม่มีขั้นตอนที่ 11	ลดลง (%)
4C9-A/M	80	10	87.50%	60	9	85.00%
1P7-A/M	80	10	87.50%	60	9	85.00%
4C9-A/D	40	10	75.00%	50	9	82.00%
1P7-A/D	40	10	75.00%	50	9	82.00%
4C9-Gear Primary Drive	60	12	80.00%	40	11	72.50%
4C9-Gear-1W	55	14	74.55%	60	13	78.33%
1P7-Gear-1W	55	14	74.55%	60	13	78.33%
4C9-Gear Primary DriveN	80	16	80.00%	70	15	78.57%
เฉลี่ย			79.26%			80.22%

2. สรุปผลการลงทุนเปลี่ยนเป็นตะกร้าทนความร้อนทั้งระบบ ทดแทนตะกร้าแบบไม่ทนความร้อน

2.1 เก็บข้อมูลจำนวนตะกร้าในโรงงาน คำนวณจำนวนตะกร้าทนความร้อนที่ต้องจัดหาเพิ่ม แสดงใน ตาราง 4

ตาราง 4 จำนวนตะกร้าที่ต้องการ ที่มีอยู่เดิม และจำนวนต้องซื้อเพิ่ม

	จำนวนตะกร้าที่ต้องการ ใบ/วัน					ตะกร้ามีเดิม (ใบ)	ตะกร้าต้องซื้อเพิ่ม (ใบ)
	Machining	Heat treatment	Grinding	รวมตะกร้าต้องการ	สำรอง 10%		
4C9-A/M	3	3	3	9	1	3	7
1P7-A/M	2	2	2	6	1	2	5
4C9-A/D	3	3	3	9	1	3	7
1P7-A/D	1	1	1	3	1	1	1
4C9-Gear Primary Drive	4	4	4	12	2	4	10
4C9-Gear-1W	2	2	2	6	1	2	2
1P7-Gear-1W	2	2	2	6	1	2	2
4C9-Gear Primary DriveN	4	4	4	12	2	4	10

2.1 คำนวณจำนวนเงินลงทุนที่ต้องใช้จัดซื้อตะกร้าทนความร้อน

แสดงเงินลงทุนในการซื้อตะกร้าทนความร้อนเพิ่ม จากที่คำนวณได้ในตาราง 4 สรุปได้ในตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนเงินลงทุนซื้อตะกร้าทนความร้อน

ตะกร้าสำหรับชิ้นงาน	จำนวนเงิน (บาท)
4C9-A/M	8,200 x 7 = 57,400
1P7-A/M	8,200 x 5 = 41,000
4C9-A/D	8,200 x 7 = 57,400
1P7-A/D	8,200 x 1 = 8,200
4C9-GPD	8,200 x 10 = 82,000
4C9-G1W	3,030 x 2 = 6,060
1P7-G1W	3,030 x 2 = 6,060
4C9-GPDN	3,030 x 10 = 30,300
	288,420

2.1 เปรียบเทียบผลดีเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ได้รับจากการเพิ่มตะกร้าทนความร้อน และจำนวนคนงานที่ลดลง แสดงในตาราง 6 ลดจำนวนคนงานลงได้ 2 คน ค่าแรงงานที่ประหยัดได้ 20,000 บาท/เดือน จำนวน 2 คน ประหยัดได้ 40,000 บาท/เดือน คิดเป็นระยะเวลาคืนทุนในตาราง 7

ตาราง 6 จำนวนพนักงานก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงาน	จำนวนพนักงานก่อนปรับปรุง (คน)	จำนวนพนักงานหลังปรับปรุง (คน)
5. Anti Carburizing	2	2
6. ย้ายชิ้นงานจากตะกร้าไม่ทนความร้อนเป็นตะกร้าทนความร้อน (Setting)	1	-
7. ย้ายตะกร้าทนความร้อนลง Tray (Setting)	1	1
10. ย้ายชิ้นจากตะกร้าทนความร้อน สู่ตะกร้าไม่ทนความร้อน (Disetting)	2	1
รวม	6	4

ตาราง 7 เปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนระหว่างการซื้อตะกร้าเพิ่ม กับ ค่าแรงงานที่ประหยัดได้

เดือนที่	เงินลงทุน	ค่าแรงงานที่ประหยัดได้	ระยะเวลาคืนทุน
0	288,420 บาท		288,420/40,000 = 7 เดือน 6 วัน
1		40,000 บาท	
2		40,000 บาท	
3		40,000 บาท	
4		40,000 บาท	
5		40,000 บาท	
6		40,000 บาท	
7		40,000 บาท	
8		40,000 บาท	

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการลดความสูญเปล่า 7 wastes โดยลดการ Transportation และ Motion ในขั้นตอนที่ 6 และ 11 และใช้หลักการ ECRS เน้นปัจจัยด้าน Eliminate โดยได้ทดลองนำเสนอเปลี่ยนแปลงตะกร้าบรรจุชิ้นงาน ให้เป็นแบบทนความร้อนทั้งระบบ เริ่มปรับเปลี่ยนที่ขั้นตอนที่ 3 ทั้งนี้เพื่อลดความสูญเปล่า จากการขนถ่ายซ้ำซ้อน ทำให้เสียเวลา และเปลืองแรงงาน ผลการเปลี่ยนแปลงได้ประสิทธิภาพด้านลดเวลาการทำงานลงถึง 80% สามารถปรับปรุงประสิทธาภาพการผลิตได้มากกว่า 50 % บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังลดจำนวนพนักงานลง 2 คน จากทั้งหมด 6 คน ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนที่ 6 และ 11

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงตะกร้าต้องใช้เงินลงทุนเพิ่ม ดังนั้นการคำนวณเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ เทียบกับค่าแรงงานที่ประหยัดได้ คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 7 เดือน 6 วัน ซึ่งสามารถคืนทุนได้เร็วไม่เกิน 1 ปี เทียบกับงานวิจัยอื่นใช้เวลาการคืนทุนมากกว่า 1 ปี (สาโรจน์ (2549), ปรารถนา และคณะ (2553))

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ยังได้ตระหนักถึงปัญหาในการทำงานของพนักงานในขั้นตอน Setting และ Di-setting ของชิ้นงานประเภท Gear พบว่ามีการทำงานที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า จึงนำเสนออุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่พนักงานในขั้นตอนการทำงานนั้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น ซึ่งเป็นการผลวัดเชิงคุณภาพ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานนี้ได้ออกแบบมาเพื่อเป็นแนวทางให้โรงงานพิจารณาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัทไทยยามาฮา มอเตอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และทดลองปรับปรุง ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ ฮั่นยะลา, (2557), การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกางเกงเวสในโรงงานอุตสาหกรรม เสื้อผ้าสำเร็จรูป กรณีศึกษาบริษัท นอร์ธเทิร์น แอทไทร์จำกัด, วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2557, 14-25.

ปรารถนา ปรารถนาดี และคณะฯ, (2553), การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่า ในโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดกรณีศึกษา, วิทยานิพนธ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิเชฐ พุ่มเกสร และ สุกานดา ศรีอร่าม, (2555), การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ กรณีศึกษา: บริษัท อินเด็กซ์อินเตอร์เฟิร์น จำกัด สาขามหาชัย, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, พศ.2555, 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี.

ระบบ Just In Time และ ระบบ Lean Manufacturing กับการปฏิบัติงานภายในศูนย์บริการวิชาการ, http://academicservice.eau.ac.th/doc/km/km_1_52/7_52.pdf, เข้าถึงเมื่อ 12 กรกฎาคม 2558

รุ่งโรจน์ เชียงทอง, (2559), การปรับปรุงกระบวนการบรรจุเคมีเกษตรโดยโปรแกรมการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์เคมีเกษตร, กิจกรรมศึกษาแนวทางการพัฒนาเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม สถาบันไทย-เยอรมัน 20000.

วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ และ คณะฯ, (2559), การ ปรับปรุง สาย การ ผลิต Frame Sub Assembly Seat Support: กรณี ศึกษา บริษัท ไทย ซัมมิท โกลด์ เพรส จำกัด, วารสาร ไทย การ วิจัย ดำเนิน งาน (Thai Journal of Operations Research: TJOR) 4.2: 1-9.

สาโรจน์ คำใส. (2549), การจำลองแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต Optocouplers. ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์, การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2.

อรรถกร เก่ง พล และ วุฒิ ชัย ยัง สว่าง, (2558), การ ประยุกต์ ใช้ วิศวกรรม คอน เค อ ร์ เร็ น ท์ และ การ จำลอง สถานการณ์ ใน การ เพิ่ม ความ สามารถ ใน การ ผลิต ของ กระบวนการ

ดัด ท่อ: กรณี ศึกษา บริษัท ผลิต ท่อ น้ำมัน, วารสาร วิชาการ พระจอมเกล้า พระนครเหนือ 25.2: 233-242.

อรรถพร อ่ำขวัญยืน, (2557), การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีการผลิตแบบลีน, การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล นรินทร์ เตชะสวัสดิ์วิทย์ และ อิทธิพล เนคมานุรักษ์, (2551), การปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาครอบโหลดเบรกสวิทช์ในโรงงานผลิตหม้อแปลงโดยการจัดทำเวลามาตรฐาน, วารสารพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 18(1), มกราคม – เมษยาน 2551, 41-46.

William, G. S., Thomas, N. M., Eileen M. V.A. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18, 255–265.

การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตปลาทิพย์

Efficiency Improvement of Production Fish Chip

ศุภชัย แก้วจัง((Supachai Kaewjang)*
สาขาวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
*Corresponding author. E-mail: supachai.kaewjang@yahoo.com

บทคัดย่อ

การปรับปรุงประสิทธิภาพของวกระบวนการผลิตของแผนกปลาทิพย์ กรณีศึกษาบริษัท แปซิฟิคแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด ใช้หลักการของเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tool) คือแผนผังแสดงการไหล แผนภูมิก้างปลา และกราฟ เพื่อกำหนด และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ปรับปรุงกระบวนการผลิต และควบคุมกระบวนการตามลำดับ จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่าสาเหตุของปัญหาที่ทำให้อัตราผลผลิตต่ำเกิดจากความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต และการทำงานที่ขาดประสิทธิภาพ วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม การทำงานที่ซ้ำซ้อน และการเคลื่อนไหว ที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในกระบวนการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการปรับปรุงแบบไคเซ็น โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่เครื่องจักรเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียเวลามากที่สุด ตั้งแต่ขั้นตอนการลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูป ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักปลาทิพย์ที่ไม่ได้มาตรฐานและขั้นตอนการปัดเศษเกล็ดขนมปัง ด้วยวิธีการใช้ระบบวาล์วเติมเนื้อปลาอัตโนมัติ และใช้แปรงปัดเศษเกล็ดขนมปังที่ติดกล่องปลาทิพย์

ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าสามารถลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตจาก 30 คน เหลือ 28 คน ลดขั้นตอนการทำงานจาก 16 ขั้นตอน เหลือ 14 ขั้นตอน อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 1.08 เปอร์เซ็นต์ หรือ 15,531.20 กิโลกรัมต่อเดือน ค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงลดลง 361,022.19 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าแรงเฉลี่ยลดลง 8.77 บาทต่อกิโลกรัม จำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลดลง 285.24 ชั่วโมงต่อเดือน ค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงล่วงเวลาลดลง 17,191.30 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าแรงล่วงเวลาเฉลี่ยลดลง 0.21 บาทต่อกิโลกรัม ลดต้นทุนการผลิตลง 3.38 บาทต่อกิโลกรัม และสามารถทำให้กระบวนการผลิตด้านน้ำหนักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้น 26.21 เปอร์เซ็นต์ และจุดคุ้มทุน 4.48 วัน สามารถทำได้ง่าย ลงทุนต่ำ และคืนทุนเร็ว

คำสำคัญ: การปรับปรุง การผลิตปลาทิพย์ เครื่องมือคุณภาพ

Abstract

Efficiency Improvement of Fish Chip production in case of Pacific fish processing Co., Ltd is carried out by Using 7-QC tools (Flow chart, Fishbone Diagram and Graph) to identify and analyze the cases of the problem to improve the production process and to control the operation, respectively. The result of production process found that there was low productivity because of the production process loss, inefficient work, inappropriate method, was partially non-productive due to the work being inefficient caused by inappropriate method, redundant production process, and non-productive movement in production process. Therefore, the improvement way applied Kaizen theory was proposed to reduce the production process lost. It is emphasized on solving machine. Which is the main cause of waiting time. The improvement started from conveying meat into fish forming machine, weighing and cleaning up the crumbs outer boxes. This improvement was employed an automatic fish filler valve system and brush to clean the bread crumbs.

The result from post improvement gave lower worker numbers from 30 to 28, fewer process from step in 16 steps to 14 steps. The production rate increased 1.08% as equal 15,531.20 kg/month the labor cost reduced 361,022.19 baht/month or 8.77 baht/kg. The over time working reduced 285.24 h/month causing to the lower over time cost 17,191.30 baht/month or 0.21 baht/kg. This result found that the production cost reduction was 3.38 baht/kg, the weight quality followed standard increased 26.21% and break-even point 4.48 day. This research indicated that this efficiency improvement was simple way cost reduction and rapid payback.

Keywords: Improvement, Manufacturing Fish Chip, Quality tool

บทนำ

ปัจจุบันสภาวะการแข่งขันของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่เยือกแข็งในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากราคาวัตถุดิบที่มีความผันผวนรวมถึงการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะราคาวัตถุดิบปลา เนื่องจากผู้ประกอบการยังคงประสบปัญหาจากข้อจำกัด ด้านวัตถุดิบสัตว์น้ำในน่านน้ำไทยลดลงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งเรือประมงส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับใบอนุญาตจากน่านน้ำประเทศเพื่อนบ้านส่งผลให้โรงงานแปรรูปสัตว์น้ำหลายแห่งต้องปิดกิจการ หรือลดกำลังการผลิตลง ทำให้ปริมาณส่งออกอาหารทะเลสดแช่เย็น แช่แข็งมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ผู้ประกอบการเรือประมง

หยุดทำประมง และขาดแคลนสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตาม เศรษฐกิจโลกปัจจุบันมีแนวโน้มฟื้นตัวอาจส่งผลให้ผู้บริโภคในหลายประเทศกลับมารับประทานอาหารทะเลที่มีราคาสูง อาทิ ปลา ปู และปลาหมึกเพิ่มสูงขึ้นอีกทั้งคาดว่าอาหารทะเลจะยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ สอดคล้องกับกระแสรักสุขภาพของผู้บริโภคในปัจจุบันแนวโน้มการส่งออกอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปปรับตัวดีขึ้นในส่วนของดัชนีราคาส่งออกหมวดสินค้าอาหารทะเลแช่แข็งกระป๋องและแปรรูปของไทย เดือนพฤษภาคม 2559 ดัชนีราคาลดลง ร้อยละ1.3 เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันในปีก่อน แต่เป็นการติดลบในอัตราชะลอลง ทั้งนี้เนื่องจากสหภาพยุโรป (EU) ประกาศให้ใบแดงประเทศไทยเกี่ยวกับการทำประมงผิดกฎหมาย ซึ่งส่งผลให้ความต้องการสินค้าลดลง แต่จากกรณีที่ไทยได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาการค้ามนุษย์และสามารถปรับสถานการณ์การมนุษย์ไทยจากเทียร์ 3 เป็นเทียร์ 2 คาดว่าสถานการณ์การส่งออกอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปของไทยจะปรับตัวดีขึ้น (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.) กระทรวงพาณิชย์ฉบับที่ 42/2559,Volume 42/2016) ในสภาวะที่ธุรกิจมีความเสี่ยงจากต้นทุนการผลิตด้านวัตถุดิบ และแรงงานเพิ่มสูงขึ้น ผู้ประกอบการจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้มากขึ้น โดยมุ่งเน้นกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนต่ำ การใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเพิ่มผลผลิตให้มากที่สุด ปัญหาส่วนใหญ่ที่มักพบในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารทะเลแปรรูปที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เช่น การใช้แรงงานเกินความจำเป็น กำลังการผลิตไม่ได้ตามมาตรฐาน และข้อกำจัดของเทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่เป็นต้น จากปัญหาข้างต้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องปรับปรุง และพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เพื่อสามารถดำเนินการได้ในสภาวะการแข่งขันในปัจจุบัน

จากการที่ผู้วิจัยทำเข้าไปศึกษาข้อมูลและกระบวนการผลิตปลาทิพย์ พบว่า มีการกำหนดกำลังการผลิตเป้าหมาย 120 ตันต่อเดือน แต่ในปัจจุบันมีกำลังการผลิต 110 ตันต่อเดือนซึ่งกำลังการผลิตต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด เมื่อพิจารณากำลังการผลิตแยกในแต่ละขั้นตอนการผลิต พบว่าในแต่ละขั้นตอนมีกำลังการผลิตไม่เท่ากัน โดยบางขั้นตอนมีกำลังการผลิตสูง ในขณะที่บางขั้นตอนมีกำลังการผลิตต่ำ ทำให้เกิดจุดคอขวดในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต คือเกิดงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) มาก สายการผลิตขาดความต่อเนื่อง และเกิดการว่างงานเป็นต้น นอกจากนี้กรณีศึกษา บริษัทแปซิฟิก แปรรูปสัตว์น้ำจำกัด มีลักษณะการผลิตที่ต้องใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลผลิตคุณภาพด้านน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่เป็นตัวชี้วัดด้านประสิทธิผล ปัจจุบันร้อยละ 52.02 แต่มีเป้าหมายร้อยละ 75 แต่ในปัจจุบันประสิทธิผลต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้มาก โรงงานกรณีศึกษาจึงต้องลดแรงงานในขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าแล้วนำไปเพิ่มแรงงานในขั้นตอนที่ก่อให้เกิดมูลค่าการผลิต เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตภายใต้แรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน เพื่อตอบสนองแผนงาน การเพิ่มประสิทธิภาพ การดำเนินงานโดยจัดแผนงานย่อย เพื่อรองรับทั้งด้าน

เครื่องจักร อุปกรณ์และวิธีในการทำงานรวมถึงตระหนักในความร่วมมือของทุกคนในองค์กรเพื่อทำให้ต้นทุนต่ำที่สุดตามนโยบายของบริษัท

จากปัญหาดังกล่าว ส่งผลทำให้โรงงานกรณีศึกษาต้องหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ เช่น การปรับปรุงวิธีการทำงาน การปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละขั้นตอนให้มีความสอดคล้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและ เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตปลาทิพย์
2. เพื่อศึกษาต้นทุนและจุดคุ้มทุนจากการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานผลิตปลาทิพย์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาตามแผนการดำเนินและหาแนวทางเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตปลาทิพย์ โดยการสำรวจกระบวนการผลิตปลาทิพย์ ข้อมูลการผลิตปลาทิพย์และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการบันทึกรายงานการผลิตปลาทิพย์ วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลโดยการนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง โดยใช้แผนภูมิ Flow Chart กระบวนการไหลของงาน, แผนภูมิก้างปลา, วิธีการหาค่าร้อยละการผลิต, ค่าเฉลี่ยของกระบวนการและกราฟเป็นจำนวน 5 เดือนของปี 2560 และ.จัดทำนำเสนอรายงานหลังจากทำการปรับปรุง โดยการหาค่าร้อยละการผลิต ค่าเฉลี่ย และกราฟ

2. เครื่องมือคุณภาพ

จัดทำใบบันทึกวันทำงาน ชั่วโมงล่วงเวลาของแต่ละเดือน และใบบันทึกการ Reject กล่องปลาทิพย์ที่น้ำหนักไม่ได้ตามมาตรฐานจากเครื่องชั่งอัตโนมัติที่ต้องนำกลับไปแก้ไขใหม่ จากนั้นทำไปสร้าง กราฟ แผนภูมิ Flow Chart และแผนภูมิก้างปลา

3. ศึกษาขั้นตอนกระบวนการในการผลิตปลาทิพย์

เริ่มต้นขั้นตอนจากการเตรียมเนื้อปลา ส่วนผสม กล่องเปล่า การสับผสมเนื้อปลาบดกับเกลือด้วยเครื่องสับละเอียด การปั่นเนื้อปลากับส่วนผสมต่างๆ การลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่อง Feed Pump การขึ้นรูปปลาทิพย์ การบรรจุกล่อง การชั่งน้ำหนักด้วยระบบอัตโนมัติ การตรวจสอบเกล็ดขนมปังที่

ติดกล่องปลาทิพย์ การห่อและการอบฟิล์มการตรวจสอบสภาพการห่อและการอบฟิล์ม และการฟรีตแช่เยือกแข็งดังภาพที่ 1

ภาพ 1 ขั้นตอนการผลิตปลาทิพย์

4. ศึกษาข้อมูลกระบวนการในการผลิตปลาทิพย์

ทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตปลาทิพย์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของแผนกปลาทิพย์ ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นคือ กำลังการผลิตต่ำ ทำให้ต้องทำงานล่วงเวลาเพิ่มจากเวลาทำงานปกติ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิตที่สามารถผลิตได้ในช่วงเวลาทำงานตั้งแต่เดือน มกราคม 2560 ถึงเดือน พฤษภาคม 2560 ดังแสดงในตาราง

ตาราง 1 แสดงการบันทึกวันทำงานและชั่วโมงล่วงเวลาแผนกปลาทิพย์

ตารางบันทึกวันทำงานและชั่วโมงทำงานล่วงเวลา แผนกปลาทิพย์									
2560 เดือน	ยอดผลิต กิโลกรัม	การผลิต ร้อยละ	จำนวนวัน วัน	จำนวน พง คน	ค่าแรงปกติ บาท	ค่าแรงปกติ บาท/กก.	จำนวนชั่วโมง ล่วงเวลา ชั่วโมง	ค่าแรงล่วงเวลา บาท	ค่าแรงล่วงเวลา บาท/กก
มกราคม	109,417	97.28	20	562	3,372,000	30.82	1,190.39	66,959.44	0.61
กุมภาพันธ์	110,485	97..29	23	638	4,402,200	39.84	1,073.61	60,390.56	0.55
มีนาคม	117,733	97.37	23	755	5,209,500	44.25	807.99	45,449.44	0.39
เมษายน	104,746	97.35	21	613	3,861,900	36.87	1,103.05	62,046.56	0.59
พฤษภาคม	92,038	97.54	25	693	5,197,500	56.47	1,078.65	60,674.06	0.66
รวม	534,419	-	112	3261	22,043,100	-	5,253.69	295,520.06	-
เฉลี่ย	106,883.8	97.37	22.4	652.2	4,408,620	41.25	1,050.74	59,104.01	0.55

5.การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์

ศึกษาข้อมูลด้านทางเศรษฐศาสตร์ก่อนการปรับปรุง และแก้ไขปัญหาต่างๆในกระบวนการผลิตปลาทิพย์ โดแสดง ข้อมูลต้นทุนค่าแรงต่อกิโลกรัม ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงต้นทุนค่าแรงงานต่อหน่วย

รายการ	ค่าแรงเวลาปกติ	ค่าแรงล่วงเวลา	หน่วย
พนักงานทำงาน	30	30	คน
ค่าแรงชั่วโมงละ	40.18	60.27	บาท/คน
ค่าแรง	1,205.40	1,808.10	บาทต่อชั่วโมง
อัตราการผลิตต่อชั่วโมงเฉลี่ย	510.75	510.75	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ค่าแรงต่ออัตราการผลิตกิโลกรัม	2.36	3.54	บาทต่อกิโลกรัม

ผลการวิจัย

1. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากศึกษาข้อมูลสามารถนำมาวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ โดยวิเคราะห์สาเหตุหลัก ที่ทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในด้านค่าแรงล่วงเวลา โดยใช้หลักการของเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tool) โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและผลผลิต การสังเกตพนักงานในขณะปฏิบัติงานและจัดทำสาเหตุของปัญหา พบว่าสาเหตุความสูญเปล่ามาจากการสูญเสียเวลาไปกับการเดินไปปิด-เปิดสวิทซ์ลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูป การนำกล่องปลาทิพย์ที่ไม่ผ่านมาตราฐานจากเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติกลับไปแก้ไขยังขั้นตอนการบรรจุกล่องใหม่ ทำให้ต้องสูญเสียเวลาไปกับขั้นตอนดังกล่าวมาก ส่งผลให้อัตราการผลิตต่อชั่วโมงไม่ได้ตามเป้าหมาย และอีกส่วนคือขั้นตอนการปัดเศษขนมปังออกจากกล่องปลาทิพย์ก่อนจะเข้าเครื่องห่อและอบฟิล์ม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม แต่ต้องใช้อัตรากำลังคน 1 คน ในการทำงาน ซึ่งกระบวนการทำงานต่อ 1 ครั้งในการผลิตปลาทิพย์ใช้เวลา 6751 วินาที ใช้ระยะทาง126 เมตร แสดงข้อมูล Flow Chart กระบวนการไหลงานของแผนกปลาทิพย์ ดังภาพ 8 ก่อนการปรับปรุง

2. สรุปสาเหตุของปัญหา

ปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตปลาทิพย์ โดยใช้แผนภูมิก้างปลา (**Fish Bone Diagram)** เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งพิจารณาจากเครื่องมือ เครื่องจักร พนักงาน วัตถุดิบ และวิธีการ ดังภาพ **2** แผนภูมิก้างปลา

ภาพ 2 แผนภูมิก้างปลาสาเหตุและผลของกิจกรรมที่ทำให้อัตราการผลิตต่ำ

3. หาแนวทางการแก้ไขปัญหาอัตราการผลิตต่ำ

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพก้างปลาเบื้องต้น ผู้วิจัยและฝ่ายวิศวกรรมได้ระดมสมองโดยเลือกแก้ปัญหา คือขั้นตอนการบรรจุกล่อง ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักที่ไม่ได้มาตรฐาน และขั้นตอนการปัดเศษเกล็ดขนมปังติดกล่อง มาแก้ไข เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการใช้ทฤษฎีการปรับปรุงแบบไคเซ็น ซึ่งทำการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเพิ่ม โดยการออกแบบระบบวาล์วเติมเนื้อปลาอัตโนมัติ และออกแบบการใช้แปรงปัดเศษเกล็ดขนมปังที่ติดกล่องปลาทิพย์ ซึ่งการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น สามารถทำได้ง่ายกว่าวิธีการอื่น

4. ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงาน

ทางผู้วิจัยและช่างซ่อมบำรุงของโรงงานจึงได้ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเพิ่ม ให้มีความสอดคล้องกับกระบวนการผลิตต และอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานแบบใหม่จะต้องทำให้เกิดวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าแบบเดิม ดังภาพ 3 แปรงปัดเศษเกล็ดขนมปังติดกล่องปลาทิพย์ และภาพ 4 ระบบอัตโนมัติวาล์วเติมเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูป

ภาพ 3 แปรงปัดเศษเกล็ดขนมปังติดกล่องปลาทิพย์

ภาพ 4 ระบบอัตโนมัติวาล์วเติมเนื้อปลาลงเครื่องขึ้นรูป

5. ผลการดำเนินงานปรับปรุง

5.1 ความสูญเปล่าที่เกิดจากการเช็ดเกล็ดขนมปังที่ติดกับกล่องปลาทิพย์ก่อนจะทำการห่อฟิล์ม ผู้วิจัยได้เนินการออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานได้นำระบบ Kaizen ปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนนี้ ก่อนการปรับปรุงใช้วิธีการเช็ดเกล็ดขนมปังที่ติดมากับกล่องปลาทิพย์ดังภาพ 5 ดังนั้นได้ทำการปรับปรุงโดยใช้แปรงติดกับสายพานลำเลียงกล่องปลาทิพย์ ดังภาพ 6 ทำให้สามารถลดพนักงานในขั้นตอนนี้ได้ 1 คน จากการใช้แปรงปัดเกล็ดขนมปังติดกับสายพานลำเลียงนั้นทำให้มีเศษเกล็ดขนมปังตกหล่นลงพื้น ทำให้เกิดความสกปรกต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง ผู้วิจัยจึงได้ปรังปรุงโดยนำถาดรองรับเกล็ดขนมปังติดกับชุดสายพานลำเลียงเพื่อเป็นถาดรองรับเศษขนมปังดังภาพ 7

ภาพ 5 ก่อนปรับปรุงเช็ดเกล็ดขนมปังที่ติดกล่องปลาทิพย์ด้วยคน

ภาพ 6 หลังปรับปรุงเช็ดเกล็ดขนมปังที่ติดกล่องปลาทิพย์ด้วยแปรง และภาพ 7 ถาดรองรับเศษขนมปัง

ตาราง 3 เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลที่ได้รับ
ใช้พนักงานในการตรวจสอบและเช็ดเศษเกล็ดขนมปังติดกล่องปลาทิพย์เฉลี่ยวันละ 4,771 กล่องต่อวัน (1 กล่องมีน้ำหนัก 500 กรัม) <u>ค่าแรงงาน</u> 38.50 บาทต่อชั่วโมง 308 บาทต่อวัน 8,008 บาทต่อเดือน 96,096 บาทต่อปี	ใช้แปรงติดกับสายพานลำเลียงปัดเกล็ดขนมปังแทน และถาดรองรับเศษขนมปัง ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้ 1.ค่าแปรง 1,270 บาท 2.ค่าอุปกรณ์ 560 บาท 3. ค่าแรงงานในการติดตั้ง 400 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,230 บาท	สามารถลดพนักงานในจุดนี้ได้ 1 คน สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงงานได้ 308 บาทต่อวัน 8,008 บาทต่อเดือน 96,096 บาทต่อปี สามารถคืนทุนได้ภายใน 7.24วัน

5.2 จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตพบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากการไม่มีระบบอัตโนมัติสนับสนุนการทำงานและขาดอุปกรณ์ช่วยทำงานในขั้นตอนการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์เข้าเครื่องขึ้นรูป ส่งผลให้ขั้นตอนการบรรจุปลาทิพย์ลงกล่อง มีกำลังการผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย เนื่องจากพนักงานที่บรรจุกล่องปลาทิพย์ต้องมีการเคลื่อนไหวในการเดินไปปิด – เปิดสวิทซ์วาล์วในการลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูป ทำให้สูญเสียเวลา 600 วินาที ระยะทาง 15 เมตร ต่อการผลิตปลาทิพย์ 1

ล๊อต นอกจากนี้ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดงานในระหว่างการผลิตเพิ่มขึ้น คือการนำกล่องบรรจุปลาทิพย์ที่น้ำหนักไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานไปแก้ไข โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานนี้ยังเป็นตัวชี้วัดด้านประสิทธิผล ปัจจบันคือร้อยละ 52.02 โดยมีเป้าหมายที่ร้อยละ 75 ส่งผลให้กำลังการผลิตต่ำเป้าหมาย และทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้น ดังตาราง 4 บันทึกการ Reject จากเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ

ตาราง 4 ตารางบันทึกการ Reject จากเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติ

บันทึกการ Reject จากเครื่องชั่งอัตโนมัติ ปี 2560							
เดือน	**จำนวนแพ็คที่ผ่านเครื่องชั่ง**	**น้ำหนักที่ได้มาตรฐาน**	**เปอร์เซ็นต์**	**น้ำหนักต่ำกว่ามาตราฐาน**	**เปอร์เซ็นต์**	**น้ำหนักมากกว่ามาตราฐาน**	**เปอร์เซ็นต์**
มกราคม	187,872	102,701	54.67	12,517	6.66	72,654	38.67
กุมภาพันธ์	206,877	112,311	54.39	14,328	6.93	80,238	38.89
มีนาคม	182,722	87,324	47.79	9,596	5.25	85,802	46.96
เมษายน	198,426	108,690	54.78	10,209	5.14	79,527	40.08
พฤษภาคม	210,897	102,311	48.51	13,386	6.35	95,200	45.14
รวม	986,794	513,337	260	60,036	30	413,421	210
เฉลี่ย	197,358.8	102,667.4	52.02	12,007.2	6.02	82,684.2	41.9

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัย ช่างซ่อมบำรุงและวิศวกรการผลิตของโรงงานได้มีการระดมความคิดเห็นในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียโดยการออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานโดยได้นำระบบอัตโนมัติมาใช้ในการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์เข้าเครื่องขึ้นรูปปลาทิพย์ทดแทนพนักงานบรรจุกล่องปลาทิพย์ที่ต้องสลับเวียนกันเดินไปเปิด – ปิดสวิทซ์ไฟฟ้าเพื่อให้มอเตอร์ส่งลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูปปลาทิพย์ ซึ่งทำให้สูญเสียเวลา 600 วินาที ระยะทาง 15 เมตร ต่อการผลิตปลาทิพย์ 1 ล๊อต การผลิตปลาทิพย์ในแต่ละวันเฉลี่ย 20 ล๊อต ต้องสูญเสียเวลา 12,000 วินาที ระยะทาง 300 เมตร หรือสูญเสียเวลา 3.3 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักทำให้อัตรากำลังการผลิตต่อชั่วโมงไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดและทำให้ให้คุณภาพด้านน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

ผลจากการระดมความคิด จึงได้นำระบบวาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติที่มีระบบเซ็นเซอร์เพื่อควบคุมการป้อนเนื้อเข้าเครื่องขึ้นรูปปลาทิพย์ให้มีความสม่ำเสมอทดแทนการควบคุมโดยพนักงาน ผลการปรับปรุงทำให้ลดเวลาในเคลื่อนไหวที่ต้องสลับเวียนกันเดินไปปิด – เปิดสวิทซ์ไฟฟ้าเพื่อให้มอเตอร์ส่งลำเลียงเนื้อปลาลงเครื่องขึ้นรูปลดการสูญเสียเวลา 600 วินาที ระยะทาง 15 เมตร ต่อการผลิตปลาทิพย์ 1 ล๊อต การผลิตปลาทิพย์ในแต่ละวันมีเฉลี่ย 20 ล๊อต ให้ลดเวลา 12,000 วินาที ระยะทาง 300 เมตร หรือลดการเคลื่อนไหว 3.33 ชั่วโมงต่อวัน และทำให้อัตราการผลิตต่อชั่วโมงการทำงานเพิ่ม

พนักงานชุดบรรจุปลาทิพย์ทำงานได้อย่างเต็มที่และทำให้ผลผลิตที่มีคุณภาพด้านน้ำหนักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถลดขั้นตอนการทำงานลดได้ 2 ขั้นตอนดังภาพ 8 Flow Chart กระบวนการไหลของแผนกปลาทิพย์ ภาพ 9 ภาพ 10 (ก่อน-หลังปรับปรุง) และภาพ 11 กราฟแสดงอัตรากำลังการผลิตกิโลกรัมต่อชั่วโมงหลังปรับปรุง

กระบวนงาน / ขั้นตอนย่อย	ก่อนปรับปรุง								หลังปรับปรุง							
	จำนวนคน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	●	→	D	◆		จำนวนคน	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	●	→	D	◆	▽
1.เตรียมเนื้อปลา/ส่วนผสม/กล่องเปล่า	4	60	30	●		D			4	60	30	●		D		
2.สับผสมเนื้อปลากับเกลือ	1	1200	-	●					1	1200	-					
3.ปั่นผสมเนื้อปลากับส่วนผสม	2	1500		●					2	1500		●				
4.ลำเลียงเนื้อปลาเข้าFeed Pump		480			→					480			→			
5.ลำเลียงเนื้อปลาเข้าเครื่องขึ้นรูป	1	600	15		→											
6.ขึ้นรูปปลาทิพย์	6	1200	-	●					6	1200	-					
7.บรรจุกล่อง	8	1200	-	●					8	1200	-					
8.ลำเลียงกล่องปลาทิพย์ด้วยสายพานลำเลียง		33	10		→					33	10	●	→			
9.ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอัตโนมัติ	1	33	-				◆		1	33	-				◆	
10.นำกล่องปลาทิพย์ที่น้ำหนักไม่ได้มาตรฐานไปแก้ไข	1	180	1	●					1	180	1					
11.ตรวจปัดเกล็ดขนมปังที่ติดกล่องปลาทิพย์	1	40	-				◆									
12.ห่อฟิล์มและอบฟิล์ม	2	15	-	●					2	15	-					
13.ตรวจเช็คการห่อฟิล์มและจัดเรียงกล่องใส่รถเข็น	3	210	-	●					3	210	-	●				
14.ลำเลียงด้วยรถเข็นเพื่อนำไปเก็บฟรีตแช่เยือกแข็ง			70		→			▽			70		→			▽
รวมกระบวนการผลิต	30	6751	126	8	4	1	2	1	28	6111	111	8	3	1	1	1

ภาพ 8 Flow Chart กระบวนการไหลงานของแผนกปลาทิพย์ (ก่อน-หลังปรับปรุง)

ภาพ 9 ก่อนการปรับปรุงการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์ลงเครื่องขึ้นรูปทิพย์

ภาพ 10 หลังการปรับปรุงการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์ลงเครื่องขึ้นรูปทิพย์

ภาพ 11 กราฟแสดงอัตรากำลังการผลิตกิโลกรัมต่อชั่วโมงหลังปรับปรุง)

ตารางที่ 5 แสดงอัตราการผลิตเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

อัตราการผลิต	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลที่ได้รับ
กิโลกรัมต่อชั่วโมง	510.75	579.62	68.87 ↑
ต้นทุนการผลิตบาทต่อกิโลกรัม	69.51	66.13	3.38 ↓
คิดเป็นเงิน	35,502.23	38,330.27	232.78

ผลหลังการปรับปรุง สามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ 68.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และลดต้นทุนการผลิตได้ 3.38 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นเงิน 232.78 บาทต่อกิโลกรัม

ตาราง 6 ตารางบันทึกการ Reject จากเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติก่อน-หลังปรับปรุง

การปรับปรุง	จำนวนแพ็คที่ผ่านเครื่องทั้งหมด	น้ำหนักที่ได้ตามมาตราฐาน	ร้อยละ	น้ำหนักที่ต่ำกว่ามาตราฐาน	ร้อยละ	น้ำหนักมากกว่ามาตราฐาน	ร้อยละ
ก่อนการปรับปรุง	197,358.80	102,667.40	52.02	12,007.20	6.08	82,684.20	41.90
หลังการปรับปรุง	244,730.00	191,452.28	78.23	10,303.13	4.21	42,974.59	17.56
ผลที่ได้รับ	47,371.20	88,784.88	↑ 26.21	1,704.07	1.87	39,709.61	24.34

ผลบันทึกการ Reject จากเครื่องชั่งน้ำหนักอัตโนมัติหลังการปรับปรุงสามารถทำให้คุณภาพด้านน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 78.23 มากกว่าก่อนปรับปรุง 26.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ร้อยละ 75

6. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆ สามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ และทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของการผลิตปลาทิพย์ได้ซึ่งดูได้จากการคำนวณก่อนและหลังการปรับปรุงดังตาราง 7 แสดงรายละเอียดก่อน และหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลที่ได้รับ
พนักงาน (คน)	30	28	2
ค่าแรงชั่วโมงเฉลี่ย (บาทต่อคน)	40.18	40.18	-
ผลิตปลาทิพย์เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	510.75	579.62	68.87
ค่าแรงการผลิตต่อกิโลกรัม (บาทต่อกิโลกรัม)	2.36	1.94	0.42
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	69.51	66.13	3.38
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ (บาท)	-	93,350	93,350
จุดคุ้มทุน (;วัน)	-	4.48	4.48

สรุปและอภิปรายผล

1.การปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและเช็ดเกล็ดขนมปังที่ติดมากับกล่องปลาทิพย์ โดยใช้แปรงปัดแทนพนักงาน และเพิ่มถาดรองรับเศษขนมปังทำให้สามารถลดพนักงานได้ 1 คน และลดขั้นตอนการทำงานลงได้ 1 ขั้นตอน

2.การปรับปรุงขั้นตอนการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์เข้าเครื่องขึ้นรูปปลาทิพย์ โดยปรับปรุงใช้ระบบอัตโนมัติในการลำเลียงเนื้อปลาทิพย์เข้าเครื่องขึ้นรูปปลาทิพย์ทดแทนพนักงานจากเดิมโดยการเดินไปปิด-เปิดสวิทซ์ ทำให้สามารถลดพนักงานได้ 1 คน และลดขั้นตอนการทำงานลงได้ 1 ขั้นตอน

ภาพรวมส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น1.08 เปอร์เซ็นต์ หรือ 15,531.20 กิโลกรัมต่อเดือน ค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงลดลง 361,022.19 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าแรงเฉลี่ยลดลง 8.77 บาทต่อกิโลกรัม จำนวนชั่วโมงล่วงเวลาลดลง 285.24 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงล่วงเวลาลดลง 17,191.30 บาทต่อเดือน ต้นทุนค่าแรงล่วงเวลาเฉลี่ยลดลง 0.21 บาทต่อกิโลกรัม สามารถลดต้นทุนการผลิตลง 3.38 บาทต่อกิโลกรัม และสามารถทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน เพิ่มขึ้น 26.21 เปอร์เซ็นต์ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ 93,350 บาท และจุดคุ้มทุน 4.48 วัน

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยสำคัญในการนำเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาใช้ได้อย่างประสบผลสำเร็จ สิ่งสำคัญประการแรก คือผู้บริหารต้องเห็นความสำคัญและให้การสนับสนุน มีการฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานทุกระดับ และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ผู้บริหารต้องยอมรับในการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคใหม่ๆหรือการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของคน การสนับสนุนในเรื่องการลงทุน ไม่ต่อต้านกับวิธีการใหม่ที่บางครั้งการเริ่มต้นอาจจะทำให้เกิดการลงทุนสูง แต่ในระยะเวลายาวอาจจะทำให้องค์กรมีผลกำไรมากขึ้น ประการที่สองตัวพนักงานต้องไม่มีการต่อต้านในการปรับปรุงวิธีการทำงานและต้องยอมรับวิธีการทำงานแบบใหม่ ยอมรับในการเพิ่มความรู้ การอบรมดังนั้น องค์กรจำเป็นต้องช่วยให้ความรู้และส่งเสริมสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับองค์กรเองได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายวิศวกรรม หัวหน้าฝ่ายผลิต คุณอรุณศรี วรรณรัตน์ และคุณจรัญ หวังจิ, บริษัท แปซิฟิคแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด จังหวัดสงขลา ซึ่งคอยให้ข้อมูล และคำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

ขวัญใจ โชคไพบูลย์ การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษากระบวนการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ (2555) .ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

จิรวุฒิ ทวิชศรี. การปรับปรุงสายการผลิตสำหรับโรงงานปลาบรรจุกระป๋อง, (2543) ISBN 974-346-397-6

จำเนียร กีทีปกุล การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในสถานประกอบการนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ระยอง (2559) ปริญญาตรี สาขาพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ จังหวัดฉะเชิงเทรา การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ ครั้งที่ 3

ณัฐยศ สมชำนุ การลดกระบวนการรอคอยงานในกระบวนการผลิตกล่องกระดาษ (2555) วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพฯ,

ดนัยนาท นิ่มนวล การปรับปรุงสายการผลิตในกระบวนการผลิต Engine Pipe 2554

พิทธพนธ์ พิทักษ์ ศึกษากระบวนการผลิตเพื่อการเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด 2552..

.สุภาภรณ์ ดาวสุก. การประยุกต์ใช้แนวคิดลีนเพื่อเพิ่มผลิตภาพ: กรณีศึกษาระบบจัดการสินค้ากลุ่มเบเกอรี่ของร้านสะดวก (2558) ซื้อวารสารวิชาการบริหารธุรกิจสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.) ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 ประจำเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2558.

สุวิชาญ เตียวสกุล การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเนื้อปลาทูน่านึ่งสุกแช่เย็น สงขลา 2556

สำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรมกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ฉบับที่ 42/2559,Volume 42/2016)

การศึกษาการทำงาน (Work Study) การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study)และการศึกษาเวลา (Time Study) WWW.research-system.siam.edu 28 กรกฎาคม 2560 .

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF PRODUCT DESIGN AND MOLD MANUFACTURING PROCESS FOR BRONZE CRAFT BY A PARTICIPATORY ACTION APPROACH

นพพร บึกแว่น(Nopporn Bukwan)* อุไรวรรณ คำภูแสน(Ulaiwan khumpusan)
ศศิธร คนทน(Sasithorn Khonthon)
สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
E-mail : luckpull2520@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด เพื่อพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน วิธีการวิจัย คณะผู้วิจัยได้สำรวจปัญหาและความต้องการของชุมชน ร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทำการวาดแบบร่าง ออกแบบลายเส้นและออกแบบรูปทรง 3 มิติ เขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัด และผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี แล้วนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปประเมินความพึงพอใจและการพัฒนากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ เริ่มจากการออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ นำแบบที่ได้ไปออกแบบแม่พิมพ์ เขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและทำการผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี หาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์โดยหาค่าเฉลี่ยจากการวัดขนาดของชิ้นงานหลังจากปั้มขึ้นรูปและเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิม โดยกลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจได้แก่ กลุ่มลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์ของชุมชน 15 คนและผู้ผลิตในชุมชน 15 คน ด้วยเครื่องมือแบบสอบถามและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าการประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดี และการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์พบว่า ผลการประเมินค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ประเมินมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้ ส่วนการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมใช้เวลาต่างจากกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ร้อยละ 88.4

คำสำคัญ : ออกแบบผลิตภัณฑ์ , กระบวนการแม่พิมพ์ , หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน , วิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

Abstract

The purpose of this research paper consist of, To design and develop the prototype product of bronze craft to be beautiful and meet with the market's requirement, To develop and create the mold for bronze craft product, To evaluate the satisfaction towards the prototype product design and the efficiency of the mold for bronze craft product. Research method; the researcher team explored the problem and requirement of the community, suggestion the concept and choosing the prototype product, sketch drawing, lined pattern and 3D design, CNC machine tool path programming and manufacturing of the prototype product by CNC machine, then taking the prototype product to evaluate the satisfaction and develop the mold manufacturing process. Starting with 3D model design, mold creation, CNC machine tool path programming and manufacturing of the prototype product by CNC machine. After that, evaluate the efficiency of the mold by measuring the average size of the product after molding and compare with the original manufacturing process. Group sample study is 15 clients and 15 producers in the community by using the questionnaire to analyze the data and determine the efficiency. The research result showed that the average satisfaction of prototype product was at good level, and the result of efficiency evaluation showed that the average could be acceptable and passed standard of community and clients. The comparison of original mold manufacturing processes is different from the developed mold manufacturing process for 1561 minutes or 26 hours, reducing the process time by 88.4%.

Keywords: Product Design, Mold Manufacturing Process, Bronze Craft, Participatory

บทนำ

เครื่องทองลงหิน มีชื่อเรียกอีกอย่างในสมัยโบราณว่า เครื่องม้าล่อ เอกสารเก่าในประวัติศาสตร์จะพบว่า มีการใช้คำว่า "ม้าฬ่อ" จากหลักฐานทางศิลปวัตถุตามแหล่งที่อยู่อาศัยของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยประมาณ 2,500 – 3,500 ปี ต่อเนื่องมาจากยุคทองแดง ซึ่งมีอายุประมาณ 3,500 – 5,000 ปี ประเทศไทยรู้จักทองสัมฤทธิ์ หรือทองลงหินมาช้านาน โดยสังเกตได้จากพระพุทธรูปและศิลปะวิทยาการอันเป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ เหล่านี้ ได้สร้างขึ้นมาตั้งแต่สมัยเชียง

แสนและสุโขทัย ซึ่งประเทศไทยกำลังรุ่งเรืองด้วยช่างฝีมือหลายแขนง จึงมีการซื้อโล่โก๊ะหรือทองม้าห่อจากจีนมาหลอมทำเป็น ขันน้ำ พานรอง และเครื่องดนตรีไทย ตลอดจนได้หล่อเป็นพระพุทธรูป ลำกล้องปืน ซึ่งประเทศไทยเราเรียกงานหัตถกรรมอันทรงคุณค่าเหล่านี้ว่า “ทองลงหิน” นั่นเอง

วิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 9/10 ซอยพหลโยธิน 47 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 ก่อตั้งโดยนายสมคิด ด้วงเงิน เมื่อปี พ.ศ. 2533 วัตถุประสงค์ในการจัดตั้งศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน เพื่อต้องการให้งานหัตถกรรมประเภทนี้เกิดความเข้มแข็งสามารถต่อรองราคากับพ่อค้าคนกลางได้และในปัจจุบันมีหน่วยงานภาครัฐเช่น สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มาให้ความช่วยเหลือตลอดจนภาคเอกชนได้เห็นความสำคัญในการสนับสนุน เพื่อเป็นการรักษาหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้คงอยู่และเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกจัดแสดงและจำหน่ายในงานต่างๆ

ปัจจุบันพบว่าวิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ประสบปัญหาในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ปัญหาด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิตสูง กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน อีกทั้งกระบวนการผลิตของชุมชนยังใช้รูปแบบเดิม จึงทำให้ผู้ผลิตมีจำนวนลดลง เนื่องจากต้องใช้ความชำนาญในการทำหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน จากการสำรวจพบว่าปัจจุบันมีผู้ผลิตเหลือเพียง 2 ครอบครัว ขาดการสืบทอดงานหัตถกรรมจากคนรุ่นหลัง และที่สำคัญที่เป็นหัวใจหลักของงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินคือแม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เมื่อมีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า ชุมชนจะทำแม่พิมพ์เพื่อใช้สำหรับปั้มลวดลายบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ใช้ปั้มลวดลายจะไปจ้างนายเสวียงในการแกะลวดลายตามแบบ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานสาเหตุเพราะนายเสวียงมีอายุ 78 ปี จากการลงพื้นที่สอบถามอย่างไม่เป็นทางการพบว่าไม่สามารถผลิตแม่พิมพ์ได้แล้ว เนื่องจากนายเสวียงมีอายุมากและคนในครอบครัวไม่อยากให้ทำ สาเหตุมาจากปัญหาด้านสุขภาพและสายตา จึงทำให้ชุมชนต้องใช้แม่พิมพ์ที่เคยผลิตไว้มาทำการผลิตสินค้า เวลาลูกค้ามาสั่งผลิตชิ้นงานจำนวนมากทางชุมชนก็ไม่สามารถทำการผลิตได้เนื่องจากคนผลิตมีอายุมาก และที่สำคัญผลิตภัณฑ์ของชุมชนไม่มีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ เมื่อลูกค้าต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ต้องใช้ต้นทุนสูงและไม่สามารถทำต้นแบบให้ลูกค้าดูได้ทำให้ชุมชนต้องปฏิเสธการสั่งซื้อจากลูกค้า จึงทำให้ชุมชนขาดรายได้และลดจำนวนลูกค้าที่สั่งผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินของชุมชน

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมท้องถิ่นอันทรงคุณค่าไว้ไม่ให้สูญหายไปและควรมีผู้สืบทอดจากคนรุ่นหลัง โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเข้ามาช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ออกแบบแม่พิมพ์ และใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซีเข้ามาช่วยในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ สู่ความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค ชุมชนสามารถผลิต

แม่พิมพ์ได้รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังว่า หากโครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จ จะเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุมชน อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้แก่ชุมชนให้สามารถยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและทำให้มีคนรุ่นหลังสืบทอดงานหัตถกรรมท้องถิ่นอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด

2.เพื่อพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

3.เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินที่มีอัตลักษณ์ของชุมชนประดิษฐ์โทรการ โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบและผลิตต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบ ได้แก่ ช้อนคาว ส้อมคาว ทัพพี ที่เปิดขวด มีดหั่นสเต็ก ส้อมจิ้มผลไม้ ช้อนกาแฟ และลวดลายบนผลิตภัณฑ์ คือ ตัวละครจากเรื่องรามเกียรติ์

2.พัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหินของชุมชนประดิษฐ์โทรการ โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ รวมถึงผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งแม่พิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาคือแม่พิมพ์ช้อนชาเท่านั้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ที่ให้ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ได้แก่ ประธานวิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมทองลงหิน สมาชิกกลุ่มและบุคคลที่เกี่ยวข้องและผู้ให้ข้อมูลด้านกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ รวมถึงกลุ่มคนรุ่นหลังที่ร่วมสืบทอดงานหัตถกรรมท้องถิ่น

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหิน จำนวน 15 คนและผู้ที่เคยผลิตเครื่องทองลงหินและผู้กำลังผลิตในปัจจุบัน จำนวน 15 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง.2550 : 125)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ประกอบด้วยดังนี้

แบบสอบถามความพึงพอใจของชุมชนที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาและมีการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ และทำการแก้ไขข้อเสนอแนะตามผู้ทรงคุณวุฒิ ลักษณะของแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 2 ตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่เพศ อายุ การศึกษา ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทองลงหินโดยใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบ จำนวน 3 ด้านได้แก่ 1.ด้านกายภาพ 2.ด้านการใช้งาน 3. ด้านการออกแบบลวดลาย และตอนท้ายของแบบสอบถามปลายเปิด และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

↓

5.ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและ
หาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

↓

6.สรุปผลการวิจัย

ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหินพบว่า ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารเช่น มีดคาว ช้อนและส้อมคาว ช้อนและส้อมหวาน ช้อนซุป มีดหั่นสเต็ก และยังมีผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกเช่น กำไลข้อมูล พวงกุญแจ ที่คั่นหนังสือ ที่เปิดขวด ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

2.ลงพื้นที่ชุมชน สำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

คณะผู้วิจัยลงพื้นที่ชุมชนประดิษฐ์โทรการเพื่อสำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จัดเวทีร่วมประชุม เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2560 โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม จำนวน 20 คน จากการวิเคราะห์ปัญหาของชุมชนพบว่า ด้านจุดแข็งของผลิตภัณฑ์นั้นยังเป็นที่ต้องการของกลุ่มผู้บริโภค อีกทั้งยังมีความสวยงามและโดดเด่น เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ระดับห้าดาวของเขตจตุจักรและยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับของต่างประเทศ ด้านจุดอ่อนพบว่าขาดคนผลิต ขาดการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นจากรุ่นสู่รุ่น ขาดการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในด้านการออกแบบและกระบวนการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ แต่ยังพบว่ามีโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพราะปัจจุบันมีหน่วยงานทั้งทางสำนักงานเขต และหน่วยงานการศึกษาเข้าไปช่วยในกระบวนการต่างๆ

รวมถึงทางด้านสื่อต่างๆเข้าไปทำสารคดี ภูมิปัญญาท้องถิ่น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเผยแพร่มากขึ้น และมีการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้น แต่ยังมีอุปสรรคที่สำคัญคือด้านความนิยมของคนในประเทศ รวมถึงมีคู่แข่งของผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารมากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้เสนอการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินคือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและผลิตเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่และผลิตต้นแบบโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี อีกทั้งใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบแม่พิมพ์และใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีช่วยในการผลิตแม่พิมพ์ให้กับชุมชน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและทดแทนการผลิตแม่พิมพ์จากนายเสวียงและสืบทอดงานหัตถกรรมให้อยู่คู่กับประเทศไทยสืบไป ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงการลงพื้นที่ชุมชน สำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

3.ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน โดยคณะผู้วิจัยและชุมชนร่วมกันพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยร่วมกันเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จากนั้นนำแบบร่างที่ได้จากการคัดเลือกมาวาดแบบร่างและวาดแบบลายเส้นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวาดแบบและทำการออกแบบเป็นแบบรูปทรงสามมิติ ทำการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและดำเนินการทดลองผลิตชิ้นงานต้นแบบโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี จนได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สมบูรณ์ นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปประเมินความพึงพอใจ

4.พัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน คณะผู้วิจัยและชุมชนได้นำเทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอยในการออกแบบรูปทรง 3 มิติจากผลิตภัณฑ์เดิม จากนั้นนำรูปแบบ 3 มิติที่ได้ไปออกแบบแม่พิมพ์ สำหรับทำการแยกแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แม่พิมพ์ส่วนบนและแม่พิมพ์ส่วนล่าง แล้วนำแม่พิมพ์ที่ได้มาเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและทดลองผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีจนได้แม่พิมพ์ช้อนชาที่สมบูรณ์ จากนั้นนำแม่พิมพ์ที่พัฒนาไปทดลองปั๊มขึ้นรูปช้อนชา แล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

5.ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา โดยคณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ

แบบสอบถาม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องทองลงหินจำนวน 15 ชุดและลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหินจำนวน 15 ชุด รวมทั้งหมด จำนวน 30 ชุด โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบลวดลาย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อได้ผลประเมินความพึงพอใจและการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ โดยหาค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนของช้อนชาที่ได้จากการปั้มขึ้นรูป วิธีการคือวัดขนาดของชิ้นงานช้อนชา 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 (ใบช้อน) มีขนาดเท่ากับ 32 มิลลิเมตร ตำแหน่งที่ 2 (คอช้อน) มีขนาดเท่ากับ 8 มิลลิเมตร และตำแหน่งที่ 3 (ปลายด้ามช้อน) มีขนาด 18 มิลลิเมตร ซึ่งมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้ไม่เกินค่า (10 ± 1) มิลลิเมตร โดยมีค่าระหว่างไม่เกิน 9-11 มิลลิเมตร นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับแม่พิมพ์ที่พัฒนา

6. สรุปผลการวิจัย นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจและผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนามาสรุปผลการวิจัยในครั้งนี้

ผลการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา โดยการดำเนินงานวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้างต้น ตามการวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1.ผลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

1.1 ผลการร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากการร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบพบว่า ผลจากที่ประชุมเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการพัฒนาคือ ช้อนคาว ส้อมคาว ส้อมจิ้มผลไม้ ช้อนกาแฟ มีดสเต็ก ทัพพีและที่เปิดขวด โดยใช้ตัวละครจากเรื่องรามเกียรติ์ ซึ่งตัวละครที่นำมาใช้ในการออกแบบคือ พระราม พระลักษณ์ นางสีดา ยักษ์ ทศกัณฑ์ หนุมาน อีกทั้งที่ประชุมยังเสนอแนวคิดลวดลายบนผลิตภัณฑ์ควรให้เห็นลวดลายที่ชัดเจนและนำลวดลายไทยเข้ามาใส่บนผลิตภัณฑ์ซึ่งลวดลายที่นำมาใส่ควรบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของความเป็นไทย

1.2 ผลการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการร่างแบบลงบนกระดาษและกำหนดตำแหน่งในการจัดวางลวดลายเกี่ยวกับตัวละครรามเกียรติ์ลงบนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งผลจากการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงผลการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.3 ผลออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

คณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ โดยใช้โปรแกรม Auto CAD และโปรแกรม Art CAM ทำการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทั้ง 7 ชิ้นงาน รวมถึงออกแบบลายเส้นตัวละครที่นำมาวางบนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยนำแบบร่างที่เขียนไว้มาทำการลากเส้นตามแบบและปรับแก้ไขขนาดแบบที่ได้ให้สมบูรณ์ ซึ่งผลจากการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 แสดงผลการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.4 ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติโดยใช้โปรแกรม Unigraphics Nx 6.0 และ โปรแกรม Art CAM จากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของชิ้นงาน ทำการรวมแบบจำลองพื้นผิวเข้าด้วยกัน เพื่อให้เห็นขนาดและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ จากนั้นออกแบบลวดลายมาวางบนผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ร่างแบบไว้ ซึ่งผลจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติ ดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

1.5 ผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM)

ขั้นตอนต่อไปทางคณะผู้วิจัย นำแบบชิ้นงานสามมิติที่ได้จากการออกแบบ มาทำการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและสร้างลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานกัด จากนั้นทำการแปลงเส้นทางเดินของมีดกัดเป็นโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งผลจากการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัด ดังแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 แสดงผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM)

1.6 ผลการทดลองผลิตและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี

หลังจากทำการออกแบบชิ้นงานสามมิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดชิ้นงาน ขั้นตอนถัดไปทางคณะผู้วิจัยและชุมชนประดิษฐ์โทรการได้ทำการผลิตต้นแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี ดังแสดงในภาพที่ 8

ภาพที่ 8 แสดงผลการทดลองผลิตและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี

2. ผลการพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

2.1 ผลศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม

จากการศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิมพบว่าปัจจุบันคนผลิตแม่พิมพ์เหลือเพียงคนเดียว คือนายเสวียง และมีอายุ 78 ปี ปัจจุบันได้เลิกผลิตแม่พิมพ์แล้ว เนื่องจากมีอายุมากรวมถึงไม่มีการผลิตสินค้าแบบใหม่จากชุมชนประดิษฐ์โทรการและครอบครัวไม่อยากให้ทำเนื่องจากปัญหาด้านสุขภาพและสายตา จากนั้นคณะผู้วิจัยได้สอบถามนายเสวียงในการผลิตแม่พิมพ์ช้อนชา เมื่อชุมชนมาสั่งผลิตแม่พิมพ์ ชุมชนได้จัดเตรียมเหล็กและมีแบบรูปทรงของชิ้นงาน นายเสวียงนำเหล็กที่ได้มาทำการร่างแบบโดยใช้เวลา 120 นาที ทำการแกะเหล็กโดยใช้วิธีการแกะแบบหยาบเพื่อลดเนื้อเหล็กออกให้มากที่สุดโดยใช้ตะไบมาเจียรให้มีคมตัดและนำไปขุดเนื้อเหล็กออก การแกะหยาบใช้เวลา 360 นาที

ขั้นตอนต่อไปคือการแกะแม่พิมพ์แบบกึ่งละเอียด ซึ่งขั้นตอนนี้นายเสวียงกล่าวว่า นำตะไบมาลับให้คมและลดคมตัดให้เล็กลง เพื่อเก็บผิวงานให้ละเอียดกว่าเดิม โดยใช้เวลาในการแกะกึ่งละเอียด 480 นาที ขั้นตอนสุดท้ายคือการเก็บละเอียดผิวงาน โดยขั้นตอนนี้นายเสวียงกล่าวว่าเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุดเพราะต้องการความละเอียดและผิวของชิ้นงานต้องมีความคมชัดเมื่อปั๊มขึ้นรูปลวดลายของชิ้นงานเพราะถ้าผิวงานไม่ได้จะทำให้ขนาดผิดจากแบบ โดยใช้เวลาในการแกะแบบละเอียด 720 นาที ดังแสดงในภาพที่ 9

ภาพที่ 9 ผลการศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม

2.2 ผลการออกแบบชิ้นงานทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอย

จากที่ประชุมร่วมกับชุมชนประดิษฐ์โทรการจึงได้เสนอแนวคิดร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาในการผลิตแม่พิมพ์ โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยที่ประชุมได้ทำการคัดเลือกแม่พิมพ์ที่ใช้ในการปั๊มชิ้นงานคือแม่พิมพ์ช้อนชา จากนั้นทางคณะผู้วิจัยและชุมชนได้นำต้นแบบผลิตภัณฑ์ช้อนชาไปแสกนโดยใช้เครื่องแสกนแบบสามมิติเพื่อออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 10

ภาพที่ 10 แสดงผลการออกแบบชิ้นงานทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอย

2.3 ผลการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

หลังจากได้แบบรูปทรงสามมิติของช้อนชาขั้นตอนต่อไป คือกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบ โดยเริ่มจากนำไฟล์ของ

แบบช้อนชาที่ได้จากการออกแบบทำการตรวจสอบชิ้นงานเพื่อหาความลาดเอียง กำหนดค่าการหดตัวของชิ้นงานและสร้างพื้นผิวในการแบ่งเส้นเปิดแม่พิมพ์ ขั้นตอนต่อไปทำการแยกส่วนของแม่พิมพ์ออกเป็นสองส่วนได้แก่ส่วนบนและส่วนล่าง ดังแสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11 แสดงผลการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

2.4 ผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดสำหรับผลิตแม่พิมพ์

คณะผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดสำหรับใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ โดยการนำไฟล์ของแม่พิมพ์ที่ได้จากการออกแบบ มาเขียนโปรแกรมตามลำดับการทำงาน โดยเริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน การกำหนดขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การกำหนดมีดกัดที่ใช้ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการกัด หลังจากนั้นเป็นการกำหนดรูปแบบเส้นทางเดินของมีดตัดและลำดับขั้นตอนการทำงาน จากนั้นทำการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมโดยการจำลองการกัดเส้นทางเดินของมีด ทำการแปลงข้อมูลจากโปรแกรมให้เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมสั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซี ดังแสดงในภาพที่ 12

ภาพที่ 12 แสดงผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดสำหรับผลิตแม่พิมพ์

2.5 ผลการทดลองผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลิตแม่พิมพ์ โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมเครื่องมือและดอกกัด การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่ทำไว้ จากนั้นทำการผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ซึ่งผลจากการทดลองผลิตแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 13

ภาพที่ 13 ทดลองผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

2.6 ผลการทดสอบปั้มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา

หลังจากผลิตแม่พิมพ์ช้อนชาโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีเสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้วิจัยและชุมชนได้ทำการทดสอบปั้มชิ้นงานช้อนชาโดยใช้แม่พิมพ์เหล็กที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งผลจากการทดสอบปั้มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา ดังแสดงในภาพที่ 14

ภาพที่ 14 ทดสอบปั้มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา

3. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ ช้อนคาว ส้อมคาว ส้อมจิ้มผลไม้ ช้อนกาแฟ ทัพพี ที่เปิดขวดและมีดหั่นสเต็ก โดยคณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถาม แก่ผู้ผลิตเครื่องทองลงหิน 15 ชุดและลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหิน 15 ชุด รวมทั้งหมด 30 ชุด โดยสอบถามความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านกายภาพ 2.ด้านการใช้งาน 3.ด้านการออกแบบลวดลาย สรุปผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบช้อนคาว ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบส้อมคาว ทั้ง 3 ด้านพบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบช้อนกาแฟ ทั้ง

3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบทัพพี ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีดหั่นสเต็ก ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบส้อมจิ้มผลไม้ ทั้ง 3 ด้านพบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เปิดขวด ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี

3.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ตารางที่ 1 แสดงผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์ช้อนชา

ลำดับที่	ตำแหน่งวัดที่ 1 (ใบช้อน)		ตำแหน่งวัดที่ 2 (คอช้อน)		ตำแหน่งวัดที่ 3 (ด้ามช้อน)	
	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาดเคลื่อน	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาดเคลื่อน	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาดเคลื่อน
1	31.89	0.11	7.96	0.04	17.98	0.02
2	31.79	0.21	7.84	0.16	17.78	0.22
3	31.86	0.14	7.72	0.28	17.87	0.13
4	31.84	0.16	7.73	0.27	17.96	0.04
5	31.73	0.27	7.91	0.09	17.95	0.05
6	31.79	0.21	7.84	0.16	17.78	0.22
7	31.89	0.11	7.96	0.04	17.98	0.02
8	31.73	0.27	7.91	0.09	17.95	0.05
9	31.84	0.16	7.73	0.27	17.96	0.04
10	31.86	0.14	7.72	0.28	17.87	0.13
	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน	0.178	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน	0.168	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน	0.092
ผลการประเมิน		**ผ่าน**		**ผ่าน**		**ผ่าน**

จากตารางที่ 1 แสดงผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์ช้อนชาพบว่าชิ้นงานชิ้นที่ 1-10 ค่าเฉลี่ยของความคาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 1 (ใบช้อน) มีค่าเท่ากับ 0.178 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าเฉลี่ยของความคาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 2 (คอช้อน) มีค่าเท่ากับ 0.168 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของความคาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 3 (ปลายด้ามช้อน) มีค่าเท่ากับ 0.092 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ลำดับ	การผลิตแม่พิมพ์แบบเดิม	เวลา (นาที)	การผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา	เวลา (นาที)
1	ปาดหน้าผิวของชิ้นงาน	60	ปาดหน้าผิวของชิ้นงาน	60
2	ออกแบบ	120	ออกแบบ	54
3	กัดหยาบ	360	กัดหยาบ	13
4	กัดกึ่งละเอียด	480	กัดกึ่งละเอียด	17
5	เก็บละเอียด	720	เก็บละเอียด	36
	รวม	1740 หรือ 29 ชั่วโมง	รวม	179 หรือ 3 ชั่วโมง

จากตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนาพบว่า รวมระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ของชุมชนเป็นเวลา 1740 นาทีหรือ 29 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ที่พัฒนาใช้เวลาทั้งหมดในการผลิต 179 นาทีหรือ 3 ชั่วโมง ผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับแม่พิมพ์ที่พัฒนาพบว่าแม่พิมพ์แบบเดิมของทางชุมชนประดิษฐ์โทรการใช้เวลาต่างจากแม่พิมพ์ที่พัฒนา 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ซึ่งลดระยะเวลาการผลิตแม่พิมพ์จากเดิมร้อยละ 88.4

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบพบว่าทางวิสาหกิจชุมชนต้องการที่จะพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แบบใหม่ให้มีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นเหมาะสมและสวยงามให้เป็นที่ต้องการของลูกค้า เนื่องจากที่ผ่านมาทางชุมชนยังไม่เคยมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชน ส่วนลวดลายใหม่ที่ทางวิสาหกิจชุมชนต้องการให้เป็นอัตลักษณ์คือลวดลายตัวละครจากเรื่องรามเกียรติ์ ส่วนการพัฒนาผลิตแม่พิมพ์โดยวิธีการแบบมีส่วนร่วมนั้นได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือเป็นอย่างดี ซึ่งผลลัพธ์ที่

เกิดขึ้นนอกเหนือจากชุมชนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตลักษณ์ของชุมชนรูปแบบใหม่แล้วทางชุมชนยังมีความภาคภูมิใจในผลิตภัณฑ์ของตนเองค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากทุกขั้นตอนทางชุมชนและผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมทั้งหมดซึ่งสอดคล้องกับสุภางค์ จันทวานิช (2547:67) ที่กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) หมายถึงการที่ชาวบ้านเข้ามามีส่วนร่วมวิจัย เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์โดยอาศัยการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมงานวิจัยทำให้ชุมชนส่วนใหญ่รู้สึกภาคภูมิใจและรู้สึกเป็นเกียรติที่มีส่วนร่วม ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่าระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี และผลจากการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์พบว่า ผ่านเกณฑ์ประเมินมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้และการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมใช้เวลาต่างจากกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ร้อยละ 88.4

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เรียนรู้และมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์คือการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ควรมีการปรับปรุงให้มีน้ำหนักให้น้อยลงเพื่อลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตและตอบสนองความต้องการของลูกค้าและชุมชนควรนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าไปใช้ในกระบวนการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ รวมถึงควรมีผู้สืบทอดจากคนรุ่นหลังเพื่อสร้างความยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชนเครื่องทองลงหินสืบไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความร่วมมือจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ชุมชนประดิษฐ์โทรการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสมคิด ด้วงเงิน ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลและคำแนะนำตลอดจนเป็นผู้ที่ให้คำปรึกษากระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

อุตสาหกรรมเครื่องทองลงหิน. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม , 2508 ข. กระทรวงพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ รายงานผลการศึกษาวิจัยเรื่องเครื่องทองลงหิน (Bronze ware) . กรุงเทพฯ กระทรวงพาณิชย์ , 2521

กรมส่งเสริมสหกรณ์ สำนักงานสหกรณ์จังหวัดกรุงเทพมหานคร สหกรณ์บริการศูนย์ส่งเสริมศิลปหัตถกรรมชุมชนกรุงเทพ จำกัด. **เครื่องทองลงหิน.** กรุงเทพฯ : สำนักงานสหกรณ์จังหวัดกรุงเทพมหานคร กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2545.

ครรชิต คุณาพัทธ์ **ผลงานการพัฒนาเครื่องทองลงหิน ผลิตภัณฑ์ชุมชนประดิษฐ์โทรการ** เขตจตุจักร. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ., 2550.

สุภางค์ จันทวานิช (2547). **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิโรจน์ ตั้งสกุล. **ภูมิปัญญาชาวบ้านกับการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ศึกษากรณี เครื่องทองลงหิน** ชุมชนประดิษฐ์โทรการ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2547.

พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. (2550). **วิธีวิทยาการวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

T. M. M. Shahin (2008), “**Feature based Design – An Overview**,” Computer-Aided Design and Applications, vol.5, no.5, pp.639-653

การเปรียบเทียบระยะเวลา ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน ระหว่างถ่านชาร์กะลามะพร้าวจากเตาคาร์บอไนซ์ชนิดใหม่ และเตาคาร์บอไนซ์ของเกษตรกร

Comparison Time , Higher Heating Value and Energy Densification Ratio Between Coconut Shell Char from New Carbonizer and Agriculturist Carbonizer

นงนุช ศรีเล็ก(Nongnoot Srilek)* อัญชณา อุประกูล(Unchana Auprakul)
นเรศ ใหญ่วงศ์(Naret Yaiwong) ชัชชัย วรพัฒน์(Chatchai Vorapat)
ธีรวัฒน์ ใหม่เต็ม(Theerawat Maitem)[1]
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email : nongnoot.sri@crru.ac.th

บทคัดย่อ

กะลามะพร้าว (Coconut Shell) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไอศกรีม หรือ ผลิตกะทิ ซึ่งเกษตรกรได้นำกะลามะพร้าวไปเผาเพื่อผลิตถ่านใช้ในครัวเรือนและชุมชน โดยการนำกะลามะพร้าวไปเผาในเตาขนาด 200 ลิตร ซึ่งการผลิตถ่านแต่ละครั้งนั้นให้ปริมาณถ่านแตกต่างกันไป ตลอดจนระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตนั้นใช้เวลานาน และ ไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพด้านค่าความร้อนแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน ระหว่างการผลิตถ่านชาร์เชื้อเพลิงแข็งโดยเตาขนาด 200 ลิตรที่เกษตรกรใช้ปัจจุบัน และ เตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นใหม่

ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาในกระบวนการคาร์บอไนซ์เพื่อให้ได้ถ่านชาร์จากชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาคาร์บอไนซ์ที่ได้สร้างขึ้น ลดลง จาก 5 ชั่วโมง เป็น 1 ชั่วโมง ปริมาณผลผลิตที่ได้ เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 20 เป็น ร้อยละ 22 ค่าความร้อนสูงเพิ่มขึ้นจาก 27.59 เมกะจูล/กิโลกรัม เป็น 30.7 เมกะจูล/กิโลกรัม และมีค่าความหนาแน่นของพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 และ 1.7 ตามลำดับ โดยชีวมวลกะลามะพร้าว มีค่าความร้อนสูง เป็น 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม

คำสำคัญ คาร์บอไนเซชั่น , กะลามะพร้าว, ถ่านชาร์

Abstracts

Coconut shells are the waste from ice cream or coconut milk production. Normally, agriculturist carbonized coconut shell in the 200 liters tank to produce charcoal. For this method, yield is not consistant and production time is too long. Therefore, the quality of charcoal is fluctuated. Therefore , this study aims to compare production time, yield , higher heating value (HHV) and energy densification ratio of the 200 liters tank and the new carbonizer.

The results show that carbonization time of the agriculturist and new carbonizer decreased from 5 to 1. Char yield from the agriculturist and new carbonizer increases from 20 to 22 %. Higher heating value (HHV) of char from the agriculturist and new carbonizer increase from 27.59 to 30.7 MJ/kg. Higher heating value of coconut shell biomass is 18.39 MJ/kg. Energy densification Ratio of char yield from agriculturist and new carbonizer increase from 1.5 to 1.7.

Key word carbonization, coconut shell, charcoal

บทนำ

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งสำหรับผลิตพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเกษตรกรรม ชีวมวลที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานมีแหล่งที่มาจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือแปรรูปสินค้าทางการเกษตร และจากการปลูกพืชเพื่อใช้ผลิตพลังงานโดยเฉพาะ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ฟางข้าว แกลบ ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว เป็นต้น การนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาเปลี่ยนรูปเพื่อเป็นพลังงาน สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการที่เหมาะสมกับวัสดุเหลือทิ้งนั้น และประเภทของพลังงานที่ต้องการซึ่งอาจอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ กะลามะพร้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการทำกะทิเพื่อผลิตเป็นไอศกรีม หรือ อาหารหวาน ซึ่งมีปริมาณมาก เกษตรกรได้หาทางเลือกในการนำกะลามะพร้าวเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ โดยวิธีหนึ่งได้นำกะลามะพร้าวเหลือทิ้งดังกล่าวเผาในเตาเผาของเกษตรกรที่สร้างขึ้นจากถังขนาด 200 ลิตร เพื่อเปลี่ยนรูปให้เป็นถ่านเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งในครัวเรือนและชุมชน โดยการเผากะลามะพร้าวแต่ละครั้งนั้น ให้ปริมาณถ่านแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเกษตรกรแต่ละคน โดยใช้ระยะเวลาที่ผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวแต่ละครั้งแตกต่างกันไป ไม่แน่นอน ซึ่งปัญหาของการใช้เวลาในการผลิตถ่านแต่ละครั้งใช้เวลานาน จึงทำให้มีปริมาณกะลามะพร้าวคงค้างเป็นจำนวนมาก

กะลามะพร้าว (Coconut Shell) เป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลสิกที่มีองค์ประกอบของลิกนิน ร้อยละ 35.54 (Nizamuddin et al., 2017) มีค่าความชื้นอยู่ ร้อยละ 12 ค่าความร้อน 17.93 เมกะจูล/กิโลกรัม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) ปริมาณลิกนินที่สูงมีความเป็นไปได้ในการนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตถ่านชาร์ (Charcoal) แม้ว่า ชีวมวลกะลามะพร้าว มีค่าความชื้นไม่สูงมากนัก แต่มีค่าความร้อนต่ำ ประกอบกับ ความหนาแน่นพลังงานต่ำ ซึ่งใช้พื้นที่ในการเก็บมาก การผ่านกระบวนการเปลี่ยนสภาพเชิงเคมีความร้อน (Thermochemical conversion) เพื่อเป็นเชื้อเพลิง สามารถเพิ่มความหนาแน่นพลังงานให้สูงขึ้นได้ ปริญญา นูวบุตร, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร (2559) ศึกษากระบวนการคาร์บอไนเซชั่นเพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ชีวมวลเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอดิบในเตาเผา 200 ลิตรชนิดแนวตั้ง ปริมาณของผลได้เป็น ร้อยละ 24, 22 และ 21 ตามลำดับ ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี (2557) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อนเซรามิกส์ไฟเบอร์หุ้มบริเวณผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้ ทดสอบโดยใช้ความร้อนจากถ่านที่ทำจากไม้สะแก พบว่า สามารถลดการสูญเสียความร้อนและลดระยะเวลาในการเผาชีวมวลลง

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน ระหว่างการผลิตถ่านชาร์เชื้อเพลิงแข็งโดยเตาเผาของเกษตรกรที่เกษตรกรใช้ และ เตาคาร์บอไนซ์ที่ได้สร้างขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลา ที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าวเมื่อใช้เตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของผลผลิตที่ได้ จากการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนสูงของถ่านชาร์กะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของพลังงานของถ่านชาร์จากกะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร กับ และชีวมวลกะลามะพร้าว

วิธีการดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวจากชุมชน ไม่คัดขนาด ดังรูปที่ 1 จำนวน 10 กิโลกรัม
2. เตาคาร์บอไนซ์ 2 ชนิด คือ

   2.1 เตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรใช้งานอยู่แล้ว ขนาด 200 ลิตร ดังรูปที่ 2

   2.2 เตาที่สร้างขึ้น ซึ่งออกแบบห้องเผาไหม้อยู่ด้านใน และฉนวนห้องเผาไหม้ โดยออกแบบให้อากาศบางส่วนไหลผ่านโดยอิสระ ดังรูปที่ 3
3. เทอร์โมคัปเปิ้ล
4. เครื่องบันทึกเวลา

รูปที่ 1 กะลามะพร้าว

รูปที่ 2 เตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรใช้งานอยู่แล้ว

รูปที่ 3 เตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้น

กระบวนการทดลอง

1. ใส่ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณ 10 กิโลกรัม ในเตาเผาของเกษตรกร ให้ความร้อนโดยไม้เนื้อแข็ง จำนวน 10 กิโลกรัม จากด้านล่างของเตา ปิดเตาเมื่อสังเกตเห็นควันมีลักษณะใส ไม่เป็นสีขาวขุ่น บันทึกระยะเวลาเมื่อเริ่มการทดลอง ดังรูปที่ 4 และเมื่ออุณหภูมิลดลง จนถึง 40 $^{\circ}$C จึงนำถ่านออกจากเตา

รูปที่ 4 การคาร์บอไนซ์ด้วยเตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรกรใช้งานอยู่แล้ว

2. ใส่ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณ 10 กิโลกรัม ในเตาเผาที่สร้างขึ้น ให้ความร้อนโดยชีวมวลชนิดเดียวกัน ปริมาณ 10 กิโลกรัม บันทึกระยะเวลาเมื่อเริ่มการทดลองและเมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึง 40 °C จึงนำถ่านออกจากเตา รูปที่ 5

รูปที่ 5 การคาร์บอไนซ์ด้วยเตาที่สร้างขึ้น

3. นำถ่านจากชีวมวลกะลามะพร้าว จากข้อ 1 และ 2 ชั่งน้ำหนักหาปริมาณผลได้

4. นำถ่านจากชีวมวลกะลามะพร้าว จากข้อ 1 และ 2 ทดสอบหาค่าความร้อนสูง (HHV) โดยอุปกรณ์ Parr 6400 Calorimeter ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การทดสอบหาค่าความร้อนสูงโดยอุปกรณ์ Parr 6400 Calorimeter

ผลการวิจัย

การศึกษาจะเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณผลผลิต ค่าความร้อนถ่านชาร์ เมื่อใช้เตาเผาของเกษตรกรที่เกษตรใช้งานอยู่และเตาที่สร้างขึ้นใหม่ และเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นพลังงานที่ได้ดังนี้

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว เมื่อใช้เตาคาร์บอไนซ์ที่ออกแบบขึ้นและเตาเผาแบบท้องถิ่น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ (°C) ณ เวลาที่เกิดกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น ดังตารางที่ 1

เตาเผาของเกษตรกร		เตาเผาที่สร้างขึ้น	
ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)
60	89	10	70
90	119	20	150
120	192	30	440
150	233	40	578
180	242	50	598
210	254	60	806
240	296	70	725
270	312	80	605
300	330	90	498
360	264	100	449
390	178	110	360
420	97	120	295
450	67	130	210

จากตารางที่ 1 การทดลองโดยใช้เตาเผาของเกษตรกร อุณหภูมิสูงสุดที่ 330 °C เกิดขึ้นโดยใช้เวลา 300 นาที และเตาคาร์บอไนซ์ที่สร้างขึ้นใช้เวลา 60 นาที เกิดอุณหภูมิสูงสุดที่ 806 °C และกราฟรูปที่ 7 และ 8 แสดงระยะเวลาและอุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว

รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิในเวลาการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาท้องถิ่น

รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิในเวลาการคาร์บอไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาที่สร้างขึ้น

2. ปริมาณของผลผลิตถ่านชาร์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นของพลังงาน ของถ่านชาร์จากกะลามะพร้าว แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของผลผลิตถ่านชาร์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นของพลังงาน

คุณสมบัติที่พิจารณา	**เตาเผาของเกษตรกรที่เกษตรกรใช้**	**เตาเผาที่สร้างขึ้น**
ลักษณะกายภาพของถ่านชาร์จากชีวมวลกะลามะพร้าว		
ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์ (yield) กิโลกรัม	2	2.2
ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์[1] (yield) %	20	22
ค่าความร้อนสูงถ่านชาร์ (HHV) เมกะจูล/กิโลกรัม	27.59	30.70

ค่าความหนาแน่นพลังงาน[2] (Energy Densification Ratio)	1.5	1.7

หมายเหตุ

1. ปริมาณผลผลิตที่ได้ (yield) คำนวณจาก (ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์ (กิโลกรัม)/ปริมาณชีวมวลกะลามะพร้าว (กิโลกรัม))*100

โดยปริมาณชีวมวลกะลามะพร้าวที่คาร์บอไนซ์จำนวน 10 กิโลกรัม

2. ค่าความหนาแน่นพลังงาน (Energy Densification Ratio) คำนวณจาก ค่าความร้อนสูงถ่านชาร์ (เมกะจูล/กิโลกรัม) / ค่าความร้อนสูงของชีวมวลกะลามะพร้าว (เมกะจูล/กิโลกรัม)โดยค่าความร้อนสูงของชีวมวลกะลามะพร้าว เป็น 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม จากการทดสอบโดยเครื่องมือ Parr 6400 Calorimeter

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นพลังงานโดยใช้ชีวมวลกะลามะพร้าว ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1.ระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเตาเผาที่ใช้ในท้องถิ่นและเตาเผาที่สร้างขึ้น พบว่า สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิสูงสุดจาก 300 นาที เป็น 60 นาที โดยอุณหภูมิสูงสุดจากเตาเผาของเกษตรกร 330 $^{\circ}$C และจากเตาเผาที่สร้างขึ้นเป็น 806 $^{\circ}$C ซึ่งการลดระยะเวลาการคาร์บอไนซ์ทำให้กลุ่มเกษตรกรสามารถเพิ่มจำนวนครั้งการผลิตถ่านชีวมวลกะลามะพร้าวได้

2. การเพิ่มอุณหภูมิในเตาคาร์บอไนซ์ให้สูงขึ้นได้ ทำให้ค่าความร้อนสูงของถ่านชาร์ที่ผลิตจากเตาท้องถิ่นและเตาคาร์บอไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 27.59 เป็น 30.7 เมกะจูล/กิโลกรัม ซึ่งค่าความร้อนได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.3 โดยขั้นตอนการคาร์บอไนเซชั่นทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนการไล่ความชื้น การไล่สารระเหิด การเปลี่ยนชีวมวลเป็นถ่าน ซึ่งจะเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 270 – 400 $^{\circ}$C และขั้นตอนการทำให้ถ่านมีความบริสุทธิ์จะมากกว่า 500 - 600 $^{\circ}$C ซึ่งการที่อุณหภูมิในเตาคาร์บอไนเซชั่นที่ออกแบบขึ้นสูงมากกว่าเตาที่ใช้ในท้องถิ่น ก็จะได้ถ่านที่มีความบริสุทธิ์และค่าความร้อนสูงขึ้น

3. ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์จากเตาเผาของเกษตรกรและเตาเผาที่สร้างขึ้นเป็นร้อยละ 20 และ 22 ตามลำดับ

4. ชีวมวลกะลามะพร้าวมีค่าความร้อน 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านชาร์ที่ได้ จะมีค่าความหนาแน่นพลังงานเป็น 1.5 สำหรับกรณีที่ทดลองในเตาเผาของเกษตรกร และ มีค่าความหนาแน่นพลังงานเป็น 1.7 สำหรับเตาที่ออกแบบขึ้น ซึ่งความหนาแน่นพลังงานที่เพิ่มขึ้นทำให้การนำถ่านชาร์ไปใช้งานได้ประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น และยังลดพื้นที่ในการจัดเก็บอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ควรนำชีวมวลเหลือทิ้งประเภทอื่น ทดสอบกับเตาคาร์บอไนซ์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านชาร์ที่ได้ ตลอดจนแนะนำส่งเสริมให้ชุมชนได้นำเตาคาร์บอไนซ์ไปใช้ทดแทนเตาท้องถิ่นที่ชุมชนใช้งานเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนการใช้เครื่องมือวัดค่าความร้อน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ได้สนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานวิจัย และ โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนการเผยแพร่

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). *ศักยภาพชีวมวล.* สืบค้นจาก http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html.

นคร ทิพยวงศ์. (2553). *เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.* กรุงเทพ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ปริญญา นูวบุตร, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร. (2559). *ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอไนเซ*
ชันของเปลือกไม่และเปลือกผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 35, 519-524.

ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2557). *การเพิ่มประสิทธิภาพทางความ*
ร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน. การประชุมเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศ ครั้งที่ 1.

ศิริชัย ต่อสกุล, กุณฑล ทองศรี และ จงกล สภารัตน์. (2555). *การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน.* การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555.

Nizamuddin, S., Baloch, H. A., Griffin, G. J., Mubarak, N. M., Bhutto, A. W., Abro, R., Mazari, S. A., and Ali, B. S.. (2017). An overview of effect of process parameters on hydrothermal carbonization of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 73, 1289-1299.

การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา

Economic Feasibility of Odor Treatment System in Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) Production.

รัชชานนท์ ชูตระกูล(Ratchanon Chootrakool)*
แคทลียา ปัทมพรหม(Cattaleeya Pattamaprom)
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: maneeact114@gmail.com*, cattalee@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหากลิ่นไม่พึงประสงค์จากกระบวนการผลิต Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) เกิดจากการเติมน้ำยางพาราลงในยางมะตอยที่มีความร้อนสูง ซึ่งในน้ำยางพารานั้นมีส่วนผสมของแอมโมเนียซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นรุนแรงเมื่อได้รับความร้อน โดยกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่ปะปนในอากาศระหว่างกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนนั้นอยู่ในรูปแบบของก๊าซหรือไอเสีย โดยวิธีการบำบัดอากาศเสียนั้นสามารถทำได้หลากหลาย โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการกำจัดกลิ่น ด้วยระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับ ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยเปรียบเทียบต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ความเหมาะสมในการลงทุนของเครื่องจักร (Fit for purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เหมาะสมกับการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา (NRMA) มากกว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ RTO ทั้งในด้านการลงทุนเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างการผลิตที่ต่ำกว่า ต้นทุนต่อตันในการกำจัดที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon ยังมีประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นได้ถึง 95% ซึ่งเพียงพอต่อการควบคุมการปล่อยมลพิษตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ

คำสำคัญ: ยางมะตอยผสมยางพารา, การบำบัดกลิ่น, ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon, ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

Abstract

Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) was produced by adding natural latex to high temperature bitumen. The natural latex, a mixture of ammonia, gave out a strong odor when heated. The odors that came out from the exhaust air during the production process were in the form of flue gas. To remove the odor, air pollution treatment methods could be done in variety of ways by comparing the Wet scrubber with Activated Carbon technique with the Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) technique. The factors taken into account for comparison in both methods were the investment cost and operation cost from end to end manufacturing process. The results of this research concluded that the investment cost of Wet Scrubber with Activated Carbon was more suitable for NRMA production process than RTO method both in terms of lower operating costs during production and lower odor treatment cost per ton of finished product. In addition, the Wet Scrubber with Activated Carbon had a 95% odor removal efficiency, which was sufficient to control emissions in accordance with the standards set by the Pollution Control Department.

Keywords: Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA), Odor treatment, Wet Scrubber and Activated Carbon, Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

บทนำ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยที่สถานที่โรงงานผลิตยางมะตอยแห่งหนึ่งในภาคกลาง (พื้นที่ศึกษา) ซึ่งมีชุมชนล้อมรอบโรงงานจากกระบวนการผลิตยางมะตอยร้อนผสมยางพารา (NRMA) พบบริเวณที่สามารถปลดปล่อยไอร้อนและกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ออกมาจากกระบวนการผลิตนั้นตรวจพบได้ใน 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Off-gas and Odor from blending process)
2. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเคี่ยวในถังเก็บ (Off-gas and Odor from curing process in storage tank)
3. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเติมรถ (Off-gas and Odor from Loading process)

ไอร้อนและกลิ่นที่พบใน 3 ขั้นตอนก่อให้มลพิษทางอากาศภายในโรงงานและอาจจะส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงโรงงาน โรงงานจึง

จำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตและขนถ่ายยาง เพื่อป้องกันมิให้เกิดมลพิษภายในโรงงานและบริเวณใกล้เคียง งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon เปรียบเทียบกับวิธีการกำจัดกลิ่น แบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ในแง่มุมประสิทธิภาพและความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจ ซึ่งจุดเด่นของวิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon คือใช้พลังงานต่ำแต่มีจุดอ่อนคือใช้ปริมาณน้ำจำนวนมากในการกำจัดกลิ่นและเกิดเป็นน้ำเสียที่ต้องนำไปกำจัด ส่วนจุดเด่นของวิธีการกำจัดกลิ่น แบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) คือไม่มีของเสียเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการกำจัดกลิ่นแต่มีจุดอ่อนคือจำเป็นต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการกำจัดกลิ่นแต่จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ว่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) นั้นต้องใช้พลังงานความร้อนในการเผาไหม้ (Heat of Combustion) มากน้อยเพียงใดในการที่จะทำให้สารอินทรีย์ระเหยง่ายนั้นเผาไหม้หมดไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาไอระเหยและกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่มาจากกระบวนการผลิต Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) โดยการใช้เทคโนโลยีระบบบำบัดอากาศเสียแบบ ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon และ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) เมื่อพิจารณาจากต้นทุนและประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบมุมมองต่าง ๆ เพื่อประสิทธิภาพและความเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

ขอบเขตของการวิจัย

กำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นโรงงานผลิตยางมะตอยแห่งหนึ่งในภาคกลาง ที่มีการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา หรือที่เรียกว่า Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) โดยศึกษาผลการดำเนินการของการใช้ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เปรียบเทียบกับวิธีการ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยมีการเก็บผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ในบริเวณต่างในกระบวนการผลิต NRMA ซึ่งได้แก่ กระบวนการผลิต กระบวนการเคี่ยวผลิตภัณฑ์ และกระบวนการจ่ายรถ เพื่อส่งไปตรวจหาองค์ประกอบของสารต่างๆ และวิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีในปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ โดยวิธีการหาองค์ประกอบของไอเสียและกลิ่นได้ดำเนินการดังต่อไปนี้ โดยกำหนดพารามิเตอร์ในการตรวจวัดคุณภาพไอเสียจากปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ และตรวจหาส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตยางมะตอยผสมยางพารา โดยยึดถือปฏิบัติตามมาตรฐานที่หน่วยงานราชการกำหนดหรือวิธีที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานราชการ โดยมีรายละเอียดและวิธีการตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดวิธีการเก็บและการตรวจวัด

พารามิเตอร์	อุปกรณ์/วิธีการตรวจวัด	วิธีการอ้างอิง
คุณภาพอากาศจากปล่องระบาย Total VOCs	Air Sampling Bag/ Air Sampling Pump	Total VOC Analyzer

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Blending Process) จากถังเก็บในกระบวนการเคี่ยวผลิตภัณฑ์ (Curing Process) และในระหว่างกระบวนการเติมรถ (Loading Process) โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.1 เพื่อทราบปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในปล่องระบาย และส่วนประกอบต่างๆของยางมะตอยร้อน NRMA

1.2 เพื่อตรวจสอบชนิดของสารเคมีในปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ

1.3 เพื่อเฝ้าระวังปัญหามลพิษหรือปัจจัยเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน รวมทั้ง เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขได้อย่างทันท่วงที

การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์

การตรวจวัดคุณภาพอากาศทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณต่างๆ ภายในโรงงาน ได้แก่ปล่องระบายไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Off-gas and Odor from blending process) ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเคี่ยวในถังเก็บ (Off-gas and Odor from curing process in storage tank) และไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเติมรถ (Off-gas and Odor from Loading process)

จากผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากปล่องระบายอากาศ โดยทำการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย เพื่อต้องการทราบชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เจือปนอยู่ในอากาศ ซึ่งทำการตรวจวัดโดยวิธี Total VOC Analyzer เป็นการตรวจวัดเชิงคุณภาพและปริมาณเพื่อหาส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในอากาศ โดยการดูดอากาศผ่านตัวดูดซับแอคติเวทเตทคาร์บอน (Activated Carbon) ที่สามารถจับสารอินทรีย์ระเหยง่ายไว้ แล้วนำมาสกัดด้วยสารละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่มีสาร internal Standard ที่ทราบความเข้มข้น แล้วฉีดเข้าไปในเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrometer เพื่อทำการคัดแยกสารและ พิจารณาเทียบกับสารมาตรฐานที่เป็นฐานข้อมูลภายในตัวเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrometer (ซึ่งรายการที่ตรวจพบนั้น เป็นเพียงความน่าจะเป็นที่จะเป็นสารชนิดนั้นโดยความเชื่อมั่น พิจารณาได้จากค่า Match Quality ซึ่งควรจะมากกว่า (80%) เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของ Chromatogram เทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของ Internal Standard ที่ทราบความเข้มข้น จะได้ค่าความเข้มข้นโดยประมาณ

ของสารแต่ละชนิด ทั้งนี้หากต้องการทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละรายการจะต้องตรวจวัดตามวิธีมาตรฐาน และเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารแต่ละชนิดอีกครั้ง

จากผลการตรวจวัดพบว่า ในกระบวนการที่ปลดปล่อยไอเสียและกลิ่นตรวจพบความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยรายงานค่าของสารที่ตรวจพบความเข้มข้นสูงสุด 15 รายการ ได้แก่ Ammonia, Propane, Pentane, 2-Methyl Butanal, Trimenthylamine, Carbon disulfide, Xexane, Cyclonhexane, Heptane, 2-Methyl-2; 4-Hexadiene, Toluene, 3-Methyl furan, 2-Butanone,1-Methyl cyclopentene, Dimethyl disulfide และมีค่า Match Quality มากกว่า 80% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการตรวจวัด ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระบายออกจากโรงงาน

รายละเอียด	หน่วย	ผลการตรวจวัด		
		Blending Tank	Storage Tank	Loading Process
ข้อมูลทั่วไปของปล่องระบาย				
เส้นผ่านศูนย์กลาง	m	0.16	0.10	0.10
ลักษณะปากปล่อง	-	Circle	Circle	Circle
อุณหภูมิ	$^{\circ}C$	29.0	164	125
ความเร็วก๊าซ	m/s	1.6	1.4	2.12
อัตราการไหล	Nm^3/hr	105	15	60
ออกซิเจน	%	19.7	8.2	8.2
ความชื้น	%	5.66	46.43	7.43
การบวนการ	-	Process	Process	Process
พารามิเตอร์				
Ammonia	ppm	96.1	-	-
Propane	ppm	81.1	105.2	101.5
Pentane	ppm	37.8	-	37.8
2-Methyl Butanal	ppm	-	91.2	99.6
Trimenthylamine	ppm	39.3	135.5	145.8
Carbon disulfide	ppm	98.0	-	98.0

รายละเอียด	หน่วย	ผลการตรวจวัด		
		Blending Tank	Storage Tank	Loading Process
Hexane	ppm	41.9	-	41.9
Cyclohexane	ppm	32.7	-	32.7
Heptane	ppm	44.4	-	44.4
2-Methyl-2, 4-Hexadiene	ppm	53.0	95.2	65.2
Toluene	ppm	47.6	84.6	73.9
3-Methyl furan	ppm	-	107.1	98.5
2-Butanone	ppm	-	233.4	165.2
1-Methyl cyclopentene	ppm	-	83.8	87.5
Dimethyl disulfide	ppm	-	101.9	128.4

จากผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากปล่องระบายอากาศในตารางที่ 2 ได้นำสารอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ว่าสารตัวใดบ้างที่สามารถส่งกลิ่นเหม็นออกมาได้ในปริมาณความเข้มข้นต่างๆ และมีผลกับความรู้สึกของคน ซึ่งรายละเอียดของสารแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะต่างๆ ของ สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

สารเคมี	มวลโมเลกุล	สูตรทางเคมี	จุดเติม (ppm)	ถังเก็บ (ppm)	ถังผสม (ppm)	ลักษณะกลิ่น	ความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่น (ppm)	ผ่านเกณฑ์ในการพิจารณาว่าจะกำจัดหรือไม่
Ammonia	17.02	NH_3			96.1	กลิ่นแอมโมเนีย, กลิ่นฉุน	0.04	พิจารณา
Propane	44	C_3H_8	101.5	105.2	81.1	ที่ความเข้มข้นต่ำจะไม่มีกลิ่น มักเติมสารอื่นๆ เข้าไปเพื่อให้เกิดกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Pentane	72.1	C_5H_{12}			37.8	กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายแก๊สโซ	Not	ไม่พิจารณา
2-Methyl butanol	86.132	$C_5H_{12}O$	99.6	91.2		กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายผลไม้เน่า กลิ่นคล้ายการเผาโกโก้หรือ	0.01	พิจารณา
Trimethylamine	59.11	$(CH_3CH_2)_3N$	145.8	135.5	39.3	กลิ่นแอมโมเนีย, กลิ่นคาวปลา, กลิ่นฉุนรุนแรง	0.00021	พิจารณา
Carbon disulfide	76.14	CS2			98	กลิ่นกำมะถันในพืชผัก	0.1	พิจารณา

สารเคมี	มวลโมเลกล	สูตรทางเคมี	จุดเดิม	ถังเก็บ	ถังผสม	ลักษณะกลิ่น	ความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้	ผ่านเกณฑ์ในการพิจารณา
Hexane	86.18	C_6H_{14}			41.9	กลิ่นบางๆ คล้ายเบนซิน	130	ไม่พิจารณา
Cyclohexane	84.10	C_6H_{12}			32.7	กลิ่นคล้ายสารละลายโซเว้น	25	พิจารณา
Heptane	100.21	C_7H_{16}			44.4	กลิ่นบางๆ คล้ายเบนซิน	150	ไม่พิจารณา
2-Methyl-2,4-Hexadiene	110.2	C_8H_{14}	65.2	95.2	53	ไม่มีกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Toluene	92.14	C_7H_8	73.9	84.6	47.6	กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายเบนซิน	4.68	พิจารณา
3-Methyl furan	82.1	C_5H_6O	98.5	107.1		กลิ่นสารละลายอีเธอร์ที่เบา	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
2-Butanone (Methyl ethyl ketone)	72.12	C_4H_8O	165.2	233.4		กลิ่นฉุนรุนแรง กลิ่นคล้ายสารคีโตน	0.25	พิจารณา
1-Methyl cyclopentane	82.15	C_6H_{10}	87.5	83.8		กลิ่นสารละลายอีเธอร์ที่เบาบาง	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
2-Methyl butanol	86.132	$C_5H_{12}O$	99.6	91.2		กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายผลไม้เน่า กลิ่นคล้ายการเผาโกโก้หรือกาแฟ ที่ความเข้มข้นสูงจะมีกลิ่นฉุนค้ายรุนแรง	0.01	พิจารณา
2-Methyl-2,4-Hexadiene	110.2	C_8H_{14}	65.2	95.2	53	ไม่มีกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Dimethyl disulfide	94.2	C2H6S2	128.4	101.9		กลิ่นฉุนของกระเทียมที่รุนแรง กลิ่นโพรเพน, กลิ่น	0.001	พิจารณา

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยออกแบบระบบวิธีการจำกัดกลิ่นโดยที่พิจารณาจากลักษณะของกลิ่น ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่น ซึ่งการออกแบบวิธีการกำจัดกลิ่นจะนำเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่อยู่ในเกณฑ์ต้องกำจัดมาพิจารณาเท่านั้น โดยหลักเกณฑ์ในพิจารณา คือเมื่อความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่น ODOR THRESHOLD (ppm) ต่ำกว่า 25 ppm ซึ่งสารอินทรีย์ระเหยได้ที่เข้าเกณฑ์ต้องบำบัดดังกล่าวมีอยู่ 8 ชนิด สามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่น ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่น

ปริมาณไอเสียที่เข้าระบบทั้งหมด (m^3/h)	2,412			
ความดันในออกแบบระบบ (mbar)	บรรยากาศ			
อุณหภูมิสารไอเสียหรือกลิ่นขาเข้า (°C)	25 - 60			
สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความคาดหวังของเข้มข้นสุดท้ายที่ปล่อยสู่บรรยากาศ	
	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00
Methyl ethyl ketone	100	295	5.00	14.75
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40

Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00
Toluene	100	376.85	5.00	18.84
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20

การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างในการลงทุนของระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์และวิเคราะห์ผล

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกศึกษาวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งในกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพาราไว้ 2 วิธีการ คือ (1) ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon และ (2) Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยเปรียบเทียบโดยจะพิจารณา 3 มุมมอง คือ

1. ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต่อตันการผลิต

2. ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ต่อตันการผลิต

3. ความเหมาะสมในการลงทุนเครื่องจักร (Fit for Purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นของแต่ละวิธีการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อตันที่ใช้ในการลงทุนและการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายโดยใช้วิธีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ในการออกแบบและเลือกติดตั้งระบบกำจัดกลิ่น ในเบื้องต้นข้อมูลที่จำเป็นต้องนำมาใช้พิจารณาความคุ้มทุนในการลงทุนต่างๆ ได้แก่ รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ยางมะตอยผสมยางพารา โดยประมาณการรายได้ต่อเดือนและต่อปี แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประมาณการรายได้จากขายผลิตภัณฑ์ยางมะตอยผสมยางพารา

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/เดือน	ราคา/หน่วย (บาท)	รายรับ/เดือน (บาท)	รายรับ/ปี (บาท)
1	ยอดขายยางมะตอยผสมยางพารา (ยังไม่ได้หัก Operating Cost ของการกำจัดกลิ่น)	กิโลกรัม	500,000.0	3.00	1,500,000.00	18,000,000.0

โดยคิด Base Case ที่สามารถขายได้ประมาณ 500 ตันหรือ 500,000 กิโลกรัมต่อเดือนและราคาขายต่อหน่วย 3 บาทซึ่งยังไม่ได้หัก Operating Cost ของการกำจัดกลิ่น

(1) ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon

เมื่อนำพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่นตามตารางที่ 4 มาคำนวณและออกแบบ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการกำจัดกลิ่น โดยใช้วิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณแสดงได้ในตารางที่ 6 ตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 6 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของ ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความเข้มข้นสุดท้าย		ผลลัพท์ของการออกแบบ
	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50	ยอมรับ
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00	ยอมรับ
Methyl ethyl	100	295	5.00	14.75	ยอมรับ
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40	ยอมรับ
Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00	ยอมรับ
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00	ยอมรับ
Toluene	100	376.85	5.00	18.84	ยอมรับ
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20	ยอมรับ

เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ได้จากรายการคำนวณออกแบบระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon แล้ว ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มาคำนวณประมาณการค่าใช้จ่ายในการลงทุนของการใช้ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon โดยอ้างอิงจาก proposal ของผู้ผลิตที่นำเสนอระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	ระบบ Wet Scrubber ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm^3/h)	1,300,000
2	ท่อส่งไอเสียที่เดินจากระบวนการผลิต 3 แหล่งเพื่อส่งไปยัง Wet Scrubber	450,000
3	ระบบไฟฟ้าของระบบ Wet Scrubber	250,000
4	ถังเก็บ Activated Carbon ขนาด 3.5 m^3	300,000
5	Activated Carbon ปริมาณ 1,360 กิโลกรัม	163,200

6	ค่าบรรจุ Activated Carbon ปริมาณ 1,360 กิโลกรัมลงในถังเก็บ	50,000
รวมค่าใช่จ่าย		2,513,200

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างกระบวนการผลิตของระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/เดือน	ราคา/หน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่าย/เดือน (บาท)	ค่าใช้จ่าย/ปี (บาท)
1	น้ำประปาที่ใช้ในระบบ Wet Scrubber ต่อเดือน	ลูกบาศก์เมตร	9.6	15.81	151.78	1,821.36
2	ปริมาณ H_2SO_4 ที่ใช้ต่อเดือน	กิโลกรัม	349.3	10	3,493.00	41,916.00
3	ค่าแรงในการเปลี่ยนน้ำ Wet Scrubber 6 ครั้งต่อเดือน	ชั่วโมง	2	300	3,600	43,200.00
4	ค่านำน้ำเสียของระบบ Wet Scrubber ไปกำจัด	ตัน	9.6	3,500	33,600	403,200.00
5	ค่ารถนำน้ำเสียของระบบ Wet Scrubber ไปกำจัด	เที่ยว	1	10,000	10,000	120,000.00
6	ค่าล้างทำความสะอาด Packing ของ Wet Scrubber (6 เดือนครั้ง)	ครั้ง	0.2	30,000	5,000	60,000.00
7	ค่าถ่าน Activated Carbon (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	120	54,400	652,800.00
8	ค่าแรงเปลี่ยนถ่าน Activated Carbon (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	10	4,533	54,400.00
9	ค่านำถ่าน Activated Carbonไปกำจัด (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	7	3,173	38,080.00
10	ค่าไฟฟ้าสูงสุดในระบบ scrubber ต่อเดือน (kWh)	หน่วย	3,824.78	2.98	11,398	136,776
11	ค่าซ่อมบำรุงระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon 1 ครั้งต่อปี	ครั้ง	1/12	50,000.00	4,167	50,000.0
รวมค่าใช่จ่าย					133,515.78	1,602,193.36

(2) Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

เมื่อนำพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่นตามตารางที่ 4 มาคำนวณและออกแบบ และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการกำจัดกลิ่น โดยใช้วิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณแสดงได้ในตารางที่ 9 ตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 9 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของ ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ 99%)		ผลลัพท์ของการออกแบบ
	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	1.00	0.70	ยอมรับ
Trimethylamine	148.91	360	1.49	3.60	ยอมรับ
Methyl ethyl ketone	100	295	1.00	2.95	ยอมรับ
2-Methyl butanol	102.19	368	1.02	3.68	ยอมรับ
Dimethyl disulfide	115.6	360	1.16	3.60	ยอมรับ
Carbon Disulfide	114.2	440	1.14	4.40	ยอมรับ
Toluene	100	376.85	1.00	3.77	ยอมรับ
Cyclohexane	100	343.97	1.00	3.44	ยอมรับ

เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ได้จากรายการคำนวณออกแบบระบบ RTO แล้ว ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ RTO มาคำนวณประมาณการค่าใช้จ่ายในการลงทุนของการใช้ระบบ RTO โดยอ้างอิงจาก proposal ของผู้ผลิตที่นำเสนอระบบ Regenerative Thermal Oxidizer :ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนในการลงทุนเครื่องจักรระบบ RTO ที่ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm3/h)

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	ระบบ RTO ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm^3/h) เฉพาะค่าเครื่องจักร	12,446,090
2	ค่าติดตั้งระบบ RTO ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm^3/h)	1,330,289
3	ค่าออกแบบระบบ (Engineering Design) และทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ	968,450
4	ค่าผันแปรของราคาในการลงทุน 10% (Continency Cost)	1,294,105
	รวมค่าใช้จ่าย	16,038,934

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบ RTO ในระหว่างกระบวนการผลิต

ลำดับ	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อเดือน	ค่าใช้จ่ายต่อปี
1	ค่าไฟฟ้า	9,153.28	
2	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง (ดีเซล) *	146,238.86	
3	ค่าแรงพนักงานในการดูแลระบบ RTO - ระดับปฏิบัติการ	8,774.04	
4	ค่าแรงพนักงานในการดูแลระบบ RTO - ระดับหัวหน้า	1,316.11	
5	ค่าซ่อมบำรุงระบบ RTO - เฉพาะค่าแรง	10,967.55	
6	ค่าซ่อมบำรุงระบบ RTO - เฉพาะค่าวัสดุ	10,967.55	
รวมค่าใช้จ่าย		187,417.38	

* ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในงานวิจัยนี้ คือ น้ำมันดีเซลอ้างอิงราคาที่ 30 บาท/ลิตร ซึ่งหากราคาน้ำมันมีมีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบ RTO ในระหว่างกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของระบบ

เมื่อสามารถวิเคราะห์หาประสิทธิภาพความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่น คำนวณค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบสำหรับการดักจับไอเสียหรือกลิ่น และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบของทั้ง 2 ระบบได้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ของทั้ง 2 ระบบ แสดงเปรียบเทียบกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 ถึง ตารางที่ 15 และในตารางที่ 16 ผู้วิจัยได้สรุปข้อดีข้อด้อยในพิจารณาติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับการลงทุนระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018 เพื่อแสดงให้ถึงข้อดีข้อด้อยของแต่ละระบบไว้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอีกด้วย

ตารางที่ 12 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เปรียบเทียบกับระบบ RTO

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		Wet Scrubber & Activated		RTO		เปรียบเทียบประสิทธิภาพ RTO สูงกว่า
			ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ		ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ		
	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m^3 (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50	1.00	0.70	4%
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00	1.49	3.60	4%
Methyl ethyl ketone	100	295	5.00	14.75	1.00	2.95	4%
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40	1.02	3.68	4%
Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00	1.16	3.60	4%
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00	1.14	4.40	4%
Toluene	100	376.85	5.00	18.84	1.00	3.77	4%
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20	1.00	3.44	4%

การวิจัยนี้สรุปได้ว่าถ้าพิจารณาในเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียวระบบ RTO มีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon 4%

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เปรียบเทียบกับระบบ RTO ในจำนวนตันต่อปีที่ปริมาณไอเสียขาเข้า 2,412 m^3/h

สารไอเสียหรือกลิ่น	ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ถูกกำจัดต่อปี (ตัน VOC/ปี)	
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO
Ammonia	8.48	8.83
Trimethylamine	7.74	8.07
Methyl ethyl ketone	1.57	1.63
2-Methyl butanol	8.10	8.44
Dimethyl disulfide	6.64	6.91
Carbon Disulfide	8.10	8.44
Toluene	10.02	10.44
Cyclohexane	8.00	8.34
รวม	58.64	61.11

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าสรุประบบ RTO สามารถกำจัดไอเสียหรือกลิ่นได้ที่ 61.11 ตัน VOC ต่อปีหรือ 61,110 กิโลกรัม VOC ต่อปีซึ่งดีกว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon ที่ทำได้ที่ 58.64 ตัน VOC ต่อปีหรือ 58,640 กิโลกรัม VOC ต่อปีซึ่งถ้าพิจารณาในด้านปริมาณการกำจัดกลิ่นเพียงอย่างเดียวสรุปได้ว่าระบบ RTO มีประสิทธิภาพในกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบสำหรับการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เทียบกับระบบ RTO ที่ปริมาณไอเสีย 2,412 m^3/h (ไม่รวมค่าลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักร)

ลำดับ	รายการ	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO
1	ค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบในระหว่าง	1,602,191	2,249,009
2	ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ถูกกำจัดต่อปี (ตัน	58.64	61.11
3	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกลิ่น (บาท/ตัน VOC)	27,323.36	36,804.35
4	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกลิ่น (บาท/กิโลกรัม	27.32	36.80

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon มีต้นทุนในการบริหารจัดการ การกำจัดไอเสียหรือกลิ่นที่ 27.32 บาทต่อกิโลกรัม VOC ซึ่งต่ำว่าระบบ RTO ที่มีต้นทุนการบริหารจัดการ การกำจัดไอเสียหรือกลิ่นที่ 36.80 บาทต่อกิโลกรัม VOC ซึ่งถ้าพิจารณาในด้านต้นทุนในการบริหารจัดการกลิ่นสรุปได้ว่าการกำจัดกลิ่นโดยใช้ระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon มีต้นทุนในการกำจัดกลิ่นที่ถูกกว่าระบบ ระบบ RTO คิดเป็นเงิน 9.48 บาทต่อกิโลกรัม VOC โดยคิดเป็น 25.75%

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon กับระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018

วิธีการทางเศรษฐศาสตร์	ระบบการกำจัดกลิ่นที่นำเสนอ		ข้อสรุปการตัดสินใจ
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO	
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา 5 ปี	52,454,797.54	36,760,832.44	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา 10 ปี	79,783,607.11	63,011,647.84	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
IRR ที่ระยะเวลา 5 ปี	652.44%	94.69%	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
IRR ที่ระยะเวลา 10 ปี	652.47%	98.10%	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Benefit Cost Ratio ที่ระยะเวลา 5 ปี	8.55	3.30	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Benefit Cost Ratio ที่ระยะเวลา 10 ปี	9.71	4.67	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Pay Back Period	1.8 เดือนหรือ 54 วัน	1 ปีกับ 8 วันหรือ 373 วัน	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าการใช้ระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon ในการกำจัดไอเสียหรือกลิ่น มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในทุกๆ วิธีที่ได้จากการคำนวนและได้ผลตอบแทนเป็นกระแสเงินสดสุทธิกับโรงงานที่ดีกว่าและคืนทุนได้เร็วกว่าระบบ RTO แม้ว่าผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ RTO จะเป็นบวกก็ตาม

ตารางที่ 16 สรุปข้อดีข้อด้อยในพิจารณาติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับการลงทุนระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018

เกณฑ์ในการพิจารณา	ระบบการกำจัดกลิ่นที่นำเสนอ		ข้อสรุปการตัดสินใจ
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO	
ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่	58.64	61.11	เลือกลงทุนระบบ RTO
ค่าใช้จ่ายในการกำจัด	27.32	36.80	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
ความยากง่ายในการ	ยาก	ง่าย	เลือกลงทุนระบบ RTO
ความยากง่ายต่อการซ่อม	ง่าย	ยาก	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา	52,454,797.54	36,760,832.44	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา	79,783,607.11	63,011,647.84	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
IRR ที่ระยะเวลา 5 ปี	652.44%	94.69%	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
IRR ที่ระยะเวลา 10 ปี	652.47%	98.10%	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Benefit Cost Ratio ที่	8.55	3.30	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Benefit Cost Ratio ที่	9.71	4.67	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Pay Back Period	1.8 เดือนหรือ 54 วัน	1 ปีกับ 8 วัน หรือ 373 วัน	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon
ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักร (Investment Cost) ต่อตันผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตันการผลิต)	418.87	2,673.16	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon
ต้นทุนในการบริหารจัดการเครื่องจักร (Operation Cost) ต่อตันผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตันการผลิต)	267.03	374.83	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon

สรุปผลการวิจัย

ในการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพาราซึ่งในกระบวนการผลิตได้มีไอเสียหรือกลิ่นอันไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบกำจัดกลิ่น 2 วิธีได้แก่ ระบบที่ 1 การกำจัดกลิ่นโดยระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon และระบบที่ 2 ได้แก่ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ซึ่งทั้งสองระบบมีข้อดีและ

ข้อด้อยแตกต่างกันและทั้งสองระบบยังผ่านเกณฑ์ในการดักจับกลิ่นที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดของกรมควบคุมมลพิษ

แต่อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายที่ใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยโดยเปรียบเทียบการพิจารณาใน 3 มุมมอง คือ

1. ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต่อตันผลิตภัณฑ์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาในด้านต้นทุนการติดตั้งเครื่องจักรในการกำจัดกลิ่นต่อตันผลิตภัณฑ์สรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ 418.87 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ซึ่งต่ำกว่าการลงุทนติดตั้งระบบ RTO ที่มีค่าใช้จ่ายที่ 2,673.16 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 84.33% ต่อทุกๆ ตันการผลิตเมื่อเทียบกับการลงทุนระบบ RTO

2. ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ต่อตันการผลิตภัณฑ์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาถึงต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าในการกำจัดกลิ่นต่อตันผลิตภัณฑ์สรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีค่าใช้จ่ายในต้นทุนการผลิตที่ 267.03 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนการบริหารจัดการระบบ RTO ที่มีค่าใช้จ่ายที่ 374.83 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบได้ถึง 28.76% ต่อทุกๆ ตันการผลิตเมื่อเทียบกับการลงทุนระบบ RTO

3. ความเหมาะสมในการลงทุนของเครื่องจักร (Fit for purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อตันที่ใช้ในการลงทุนและการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายโดยใช้วิธีการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการวิจัยนี้ได้นำวิธีมาตรฐานจำนวน 4 วิธี ได้แก่ Net Present Value (NPV), Internal Rate Of Return (IRR),Benefit Cost Ratio (B/C) และ Pay Back Period เพื่อใช้ตัดสินใจในลงทุนติดตั้งระบบการกำจัดกลิ่น ซึ่งสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้ง 4 วิธีที่ดีกว่าและเหมาะสมกับกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมกับยางพารามากกว่าระบบ RTO ที่มีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่น้อยกว่าและส่งผลต่อกำไรของการผลิต

จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เหมาะสมกับการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา มากกว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ RTO ทั้งในด้านการลงทุนเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างการผลิตที่ต่ำกว่า ต้นทุนต่อตันในการกำจัดที่ต่ำกว่า มีความซับซ้อนในการซ่อมบำรุงที่ต่ำกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกเข้ามาซ่อมบำรุง อีกทั้งยังมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีกว่าในการวิธีเคราะห์โดยใช้การคำนวนหลายๆ วิธี นอกจากนี้ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon ยังมีประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นได้ถึง 95% ซึ่งเพียงพอต่อการควบคุมการปล่อยมลพิษตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ อย่างไรก็ดีผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของค่าน้ำ ค่าพลังงานในปัจจุบัน ซึ่งถ้าสถานการณ์ความต้องการของน้ำและพลังงานเปลี่ยนไปก็อาจส่งผลให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเปลี่ยนไป

เอกสารอ้างอิง

ชนงกรณ์ กุณฑลบุตร, รศ.ดร. (2017) การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนทางธุรกิจ, (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

David A Lewandowski (1990) Design of Thermal Oxidation Systems for Volatile Organic Compounds, CRC Press.

Hesketh, H. E. and Cross, F. L. (1989). Odor Control Including Harzardous Toxic Odors. Technomic Publishing CO.,Inc., USA.

Isa, Z. (1991). Air and solid waste pollution control in the rubber industry. Handout in ASEAN/UNDP Workshop on pollution control in the palm oil and rubber industries. 7-18 Jan, 1991

James R. Kastner & K. C. Das (2011). Wet Scrubber Analysis of Volatile Organic Compound Removal in the Rendering Industry. Journal of the Air & Waste Management Association, Pages 459-469.

Karl B. Schnelle, Jr., Charles A. Brown (2016). Air Pollution Control Technology Handbook. CRC Press.

M Amelio, P Morrone (2007)Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issue 4, March 2007, Pages 762-770.

Markus Zimmermann (2014), PTIT FOCUS, “RTO Technology for VOC Abatement for Petrochemical Industry”, Engineering Manager, Durr Korea Inc., Vol.28 No.3.

การออกแบบชุดสาธิตแอลอีดีเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

Design of the LED Demonstration Package for Value Added to Products

คิดชาย อุณหศิริกุล(Kidchai Unhasirikul)[1*] และ มธุรา อุณหศิริกุล(Matura Unhasirikul)[2]

[1] สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[2] สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[*]Corresponding author. E-mail: Kid_unha@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย การออกแบบชุดสาธิตแอลอีดีเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ วิธีการวิจัย คือ การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ การพัฒนาข้อกำหนด การสร้างแนวคิดในการออกแบบ และการออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง สรุปผลการวิจัยได้ว่า ออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีรวม 2 ชุด คือ 1) ชุดสาธิตการเพิ่มประโยชน์ใช้งานผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้งาน 2) ชุดสาธิตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดแสงต้นทุนต่ำ เพื่อแสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสงทำให้ต้นทุนต่ำลง โดยที่ในแต่ละชุดสาธิตนั้น จะประกอบไปด้วย วัสดุอุปกรณ์และเอกสารประกอบการสาธิต ในเอกสารมีรายละเอียดหัวข้อ คือ วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สาธิต วิธีสาธิตและผลที่ได้รับ คำถามภายหลังการสาธิต และเอกสารอ้างอิง พร้อมสำหรับการออกแบบในรายละเอียดและจัดสร้างต้นแบบชุดสาธิตในขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ: การออกแบบ ชุดสาธิต แอลอีดี การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

Abstract

This research is Design of the LED Demonstration Package for Value Added to Products, was aimed to design the demonstration package for LED application used for value added to products. The research procedures included identify needs, develop specifications, conceptual designs and embodiment designs. The research findings were concluded. The following two sets of the demonstration package were designed. 1) The demonstration of make benefit by LED showed value added product by make benefit in product, and 2) The demonstration of LED and lux meter showed cost reduction by LED. The demonstration packages for LED

application included set of materials, equipment and documents. The documents showed objectives, theories, materials and equipments, methods and results, questions and references.

Keywords: Design, Demonstration Package, LED, Value Added Products

บทนำ

สถานการณ์พลังงานไฟฟ้าในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมา กำลังผลิตติดตั้งระบบไฟฟ้าของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี จากขนาด 31,773 เมกะวัตต์ ในปี 2554 เพิ่มขึ้นเป็น 37,247 เมกะวัตต์ ในปี 2558 เพิ่มขึ้น 17.2 % การใช้พลังงานไฟฟ้าจากปริมาณ 148,700 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2554 เพิ่มขึ้นมาเป็น 181,377 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2558 (รายงานดุลยภาพพลังงานของไทย, 2559 : หน้า 46) นั่นคือ ในระยะเวลาเพียง 5 ปี เพิ่มขึ้นราว 22 % ดังในตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณการใช้ การผลิตและกำลังผลิตติดตั้งของระบบไฟฟ้าไทย

พ.ศ.	การใช้พลังงานไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)	ผลิตพลังไฟฟ้าสูงสุด (เมกะวัตต์)	การผลิตพลังงานไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)
2554	148,700	31,773	23,388	155,986
2555	161,750	33,177	24,825	168,178
2556	164,323	33,681	26,598	169,593
2557	168,656	35,610	26,942	174,467
2558	181,377	37,247	27,346	184,350

มีการประมาณกันว่า อังกฤษได้ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ราว 19 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (The Society of Light and Lighting, 2009 :p.120) ถ้าเลือกใช้ตัวเลขนี้มาประมาณว่าไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไรในระบบแสงสว่าง นั่นคือ คำนวณ 19 % ของยอดรวม 181,377 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2558 มีปริมาณมากถึง 34,462 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อมาคิดมูลค่าจากราคาจำหน่ายซึ่งมีหลายค่าตามประเภทผู้ใช้ กรณีที่อยู่อาศัยไม่เกิน 150 หน่วย มีค่าไฟฟ้า 2.3488 ถึง 4.4217 บาทต่อหน่วย ที่อยู่อาศัยใช้เกิน 150 หน่วย ค่าไฟฟ้า 3.2484 บาท ถึง 4.4217 บาทต่อหน่วย เป็นค่าเฉลี่ย 3.385 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง ดังนั้นไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง คือ

34,462 x 3.385 = 116,654 ล้านบาทต่อปี นั่นคือ ไทยใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างมากกว่าแสนล้านบาทต่อปี ดังนั้นถ้าสามารถประหยัดพลังงานในแสงสว่างเพียง 10 % สามารถประหยัดเงินถึง 11,665 ล้านบาทต่อปี และลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (0.548 kg/kWh x 34,462 x 0.1) ได้ถึง 1,888.5 ล้านกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (M kg CO2) (รายงานสถิติพลังงานของไทย, 2559 : หน้า 277)

ปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้นี้ แอลอีดีได้นำมาใช้ทดแทนหลอดไฟฟ้าทั่วไปเพิ่มขึ้น เนื่องจากแอลอีดีมีข้อดีที่เหนือกว่าหลอดไฟทั่วไป คือ (1) แอลอีดีใช้พลังงานน้อยมาก ใช้พลังงานน้อยกว่าหลอดไส้ 90-95 % (2) แอลอีดีมีอายุการใช้งานยาวนาน มีอายุใช้งานปกติราว 30,000-50,000 ชั่วโมง และอาจมากได้ถึง 100,000 ชั่วโมง ขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุใช้งานปกติราว 10,000-15,000 ชั่วโมง และหลอดไส้อายุใช้งานราว 1,000 - 2,000 ชั่วโมง เท่านั้น (3) แอลอีดีมีหลายสี ทั้งหลายขนาดและหลายรูปแบบ จึงให้แสงสีได้มีประสิทธิภาพกว่าแสงสีจากเทคโนโลยีแสงแบบอื่น (4) แอลอีดีไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่หลอดมาก เหมือนหลอดอื่น จึงลดเสี่ยงจากไฟไหม้ และลดความร้อนจากหลอดไฟในอาคารได้ (5) แอลอีดีทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทำให้ประยุกต์ในเครื่องมือซึ่งสั่นสะเทือนได้ (6) แอลอีดีสามารถเปิดปิดได้รวดเร็ว เร็วกว่าเทคโนโลยีแสงสว่างอื่นๆ (7) แอลอีดีสามารถให้ความสว่างเต็มที่ได้อย่างรวดเร็ว ในเวลาเป็นไมโครวินาที ซึ่งเร็วกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์และเร็วกว่าหลอดไส้ประมาณ 10 เท่าตัว (8) แอลอีดีมีขนาดเล็ก จึงประยุกต์ใช้งานหลายด้านได้อย่างหลากหลายมาก (Wikipedia-LED, 2016) (9) แอลอีดีไม่มีสารพิษอยู่ภายในหลอด (Brian Clark Howard, 2011) จึงได้ให้ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานได้มากกว่า (10) แอลอีดีสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำมาก ใช้ได้ถึง -40 องศาเซลเซียส (Craig Dilovie, 2006) (11) แอลอีดีสามารถปิดเปิดได้บ่อยครั้ง แอลอีดีจึงใช้งานที่ปิดเปิดบ่อยได้ดี ไม่เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หลอดจะเสียเร็วขึ้น เมื่อปิดเปิดบ่อยขึ้น (12) การหรี่ไฟ แอลอีดีสามารถหรี่แสงสว่างได้ง่ายด้วยวิธีลดค่ากระแสไบแอสตรง หรือด้วยวิธี PWM (Wikipedia-LED, 2016) (13) การโฟกัสแสงตัวแอลอีดีสามารถที่จะออกแบบให้โฟกัสแสงของตัวเองได้ ขณะที่ทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไส้ ยังต้องพึ่งตัวสะท้อนภายนอกในการรวบรวมแสงและส่องไปยังจุดที่ต้องการ (Wikipedia-LED, 2016) (14) การตรวจจับแสง แอลอีดีทำงานได้ดีทั้งการปล่อยแสงและการรับแสง จึงสามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ให้เป็นตัวตรวจวัดแสงได้ (Forrest M.Mims, 2000) ดังนั้นจึงควรหาวิธีนำเทคโนโลยีแอลอีดีมาออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อการประหยัดพลังงานในแนวทางต่างๆ

การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในยุคแข่งขันเสรีจำเป็นต้องเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ มีแนวคิดที่แตกต่างกัน 2 แนวคิด นั่นคือ แนวคิดด้านธุรกิจ และแนวคิดด้านวิศวกรรม ทั้งนี้แนวคิดทางด้านธุรกิจ มีกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Hasso Plattner Institute of Design มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด มีอยู่ 5 ขั้นตอน

(กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2559 : หน้า 18) นั่นคือ (1) EMPATHIZE การทำความเข้าใจในลูกค้า (2) DEFINE การกำหนดโจทย์ความต้องการของลูกค้า (3) IDEATE การระดมความคิดเห็น (4) PROTOTYPE การสร้างต้นแบบหรือสินค้าจำลอง (5) TEST การทดสอบตลาด ส่วนในแนวคิดทางด้านวิศวกรรม มีกระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ กระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรม (Engineering Design Process) แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน (Haugh Jack, 2013) ดังนี้ (1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ (Identify Needs) (2) การพัฒนาข้อกำหนด (Develop Specifications) (3) การสร้างแนวคิดในการออกแบบ (Conceptual Design) (4) การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง (Embodiment Design) (5) การออกแบบในรายละเอียด (Detailed Design) (6) สร้างต้นแบบและทดสอบ (Build Prototype and Prototype Testing) (7) การยอมรับของผู้ใช้ (Customer Acceptance) จากทั้งสองแนวคิด มีจุดเริ่ม คือ ปัญหาหรือความต้องการ และผลผลิตคือ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าชอบและยอมรับได้ เหมือนกัน แต่จะสังเกตเห็นความแตกต่างในกระบวนการได้ชัดเจน คือ แนวคิดด้านธุรกิจ พัฒนาหรือเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โดยมุ่งเน้นตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ทุกขั้นตอนจะวิเคราะห์ถึงลูกค้า เป็นการเน้นที่ตลาดผู้บริโภคเพื่อให้สามารถจัดจำหน่ายได้นั่นเอง ส่วนแนวคิดทางด้านวิศวกรรม จะเห็นว่าการพัฒนาหรือเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นที่การออกแบบเพื่อสร้างให้รอบคอบในทุกขั้นตอน โดยเน้นเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามต้องการอย่างมีประสิทธิผล

เนื่องจากความจำเป็นที่ มนุษย์โลกจะต้องปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) เพราะปัญหาโลกร้อน (Global Warming) (J. David Neelin, 2011) และจากจุดเด่นของแอลอีดี จะช่วยลดขยะของหลอดไฟเดิม ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แม้ว่าในปัจจุบันนี้ แอลอีดีมีราคาสูง เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีแสงสว่างเดิม แต่อนาคตอันใกล้นี้ ราคาแอลอีดีจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการรับรู้เข้าใจแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นสิ่งจำเป็น ในการปรับตัวเพื่อรับการเปลี่ยนแปลงและนำเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ โดยใช้แอลอีดีเข้ามาช่วยและเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ทำงานได้อย่างมีคุณภาพ จึงควรใช้แนวคิดทางด้านวิศวกรรมในการพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แอลอีดี

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้แอลอีดี เพื่อให้ได้ผลงานที่ดีนำไปใช้ได้ และเกิดประโยชน์คุ้มค่า ต้องเข้าใจทั้งผลิตภัณฑ์และวิธีประยุกต์แอลอีดี ดังนั้นกรอบความคิดของงานวิจัยนี้ จึงประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) การสาธิต แสดงหรือสาธิตให้ดู พร้อมกับการอธิบายประกอบ จะช่วยให้ผู้อบรมนั้นสามารถเข้าใจได้รวดเร็ว (2) การประยุกต์ใช้งาน แสดงแนวประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ จะช่วยผู้อบรมให้พัฒนางานและช่วยสร้างนวัตกรรมได้รวดเร็วขึ้น (3) เชื่อมโยงภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ช่วยให้มีความรู้และเข้าใจเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้งมากขึ้น สามารถใช้

ต่อยอดองค์ความรู้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงควรเป็นชุดสาธิตประยุกต์ใช้ในแต่ละแนวทาง ด้วยขั้นตอนหลัก 3 ส่วนนี้ โดยมีแนวความคิด แสดงการประยุกต์ใช้งานแอลอีดี เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในหลากหลายแนวทาง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่องนี้ขึ้นมา จุดประสงค์เพื่อการออกแบบชุดสาธิตประยุกต์ใช้แอลอีดี สำหรับการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นการออกแบบพัฒนาชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดี จะใช้กระบวนการออกแบบทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้จัดทำชุดสาธิตได้สมบูรณ์ กระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรมสำหรับโครงการวิจัยนี้ ได้ดำเนินงานตาม 7 ขั้นตอน ซึ่งนำเสนองานวิจัยในบทความวิจัยนี้ในขั้นออกแบบเพียง 4 ขั้นตอน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ ต้องระบุปัญหาหรือความต้องการให้ชัดเจนและสำรวจแนวคิดในการออกแบบที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสารตำรา ฐานข้อมูล แล้วจึงกำหนดให้มาเป็นความต้องการในการแก้ไขปัญหา ลดปัญหา หรือข้อเสนอพัฒนาโครงการ

การพัฒนาข้อกำหนด จากความต้องการในการแก้ไขปัญหา นำมาพัฒนาเป็นข้อกำหนดโดยใช้วิธีศึกษาจากข้อกำหนดที่คล้ายกันของชุดสาธิตทดลองต่างๆ ให้เป็นข้อกำหนดที่สามารถระบุได้ชัดเจน ในด้านวัตถุประสงค์ รวมทั้งขอบเขตหรือ ปริมาณงานที่สามารถดำเนินการได้

การสร้างแนวคิดในการออกแบบ จากข้อกำหนดนำมาศึกษาและตรวจสอบการออกแบบตามแง่มุมที่เป็นไปได้ ปกติจะมี 3 รูปแบบ คือ แบบมาตรฐาน แบบวิวัฒนาการ และแบบปฏิวัติ โดยทั่วไปจะเป็นการผสมผสานทั้งสามรูปแบบ โดยศึกษาแนวทางจากเอกสาร ข้อมูล และชุดสาธิตต่างๆ ให้มีความเป็นไปได้ที่จะจัดทำออกมาในทางปฏิบัติ

การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่างหรือแบบ จากแนวคิดในการออกแบบ นำมาศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารและวงจรต่างๆ วิเคราะห์แนวทางเลือกในการออกแบบต่างๆ เพื่อให้ได้สถาปัตยกรรมของผลิตภัณฑ์ ออกแบบทั้งด้านรูปทรงและตัวแปรที่จะใช้ ก่อนจะได้เริ่มดำเนินการออกแบบในรายละเอียดต่อไป

ผลการวิจัย

กำหนดปัญหาหรือความต้องการ

จากข้อมูล พบว่าไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นราว 22 % ภายในรอบ 5 ปี เฉพาะในระบบแสงสว่างใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นล้านบาทต่อปี ถ้าลดการใช้ได้ 10 % จะประหยัดเงินมากกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี แอลอีดีเป็นเทคโนโลยีจากสารกึ่งตัวนำ ที่นำมาใช้แทนที่เทคโนโลยีของหลอดไฟฟ้าดั้งเดิม ด้วยข้อดีแอลอีดีที่เหนือกว่าหลอดไฟเดิม จึงเพิ่มประโยชน์และประหยัดพลังงานได้มาก ดังนั้นการรับรู้เทคโนโลยี เข้าใจข้อดีข้อเสีย และแนวทางใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นเพื่อปรับตัวรับการเปลี่ยนแปลง และนำเทคโนโลยีแอลอีดีมาใช้ประโยชน์ จึงควรพัฒนาชุดสาธิต เพื่อแสดงการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยชุดสาธิตควรจะประกอบด้วย การสาธิต โดยแสดงหรือทำให้ดูเป็นตัวอย่างพร้อมอธิบาย จะช่วยทำความเข้าใจได้รวดเร็ว การประยุกต์ใช้งาน แสดงแนวทางประยุกต์ จะช่วยพัฒนางานและสร้างสรรค์นวัตกรรมได้เร็วขึ้น การเชื่อมโยงภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อช่วยให้มีความรู้และเข้าใจเทคโนโลยีลึกซึ้งมากขึ้น สามารถต่อยอดองค์ความรู้ได้ ดังนั้นการสาธิตประยุกต์แอลอีดีในแต่ละเรื่อง จึงควรจะมีส่วนประกอบทั้งสามส่วนดังกล่าว

การพัฒนาข้อกำหนด

จากการศึกษาข้อมูล แนวทางประยุกต์ใช้งานแอลอีดีในปัจจุบัน พบว่าสามารถประยุกต์ใช้แอลอีดีเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ไม่น้อยกว่า 6 แนวทาง จะนำเสนอในบทความนี้ 2 แนวทาง ดังนี้

1. การเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี

เนื่องจากแอลอีดีมีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อย จึงนำมาช่วยเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ใดก็ตาม ถ้าสามารถเพิ่มประโยชน์ได้ ย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีมูลค่าเพิ่มขึ้น เพราะว่า มูลค่า ตามนิยามทางการตลาด หมายถึง ราคาทางจิตใจที่ได้จากการประเมินตีค่าสิ่งหนึ่ง โดยเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้รับ กับต้นทุนที่เสียไปเพื่อให้ได้สิ่งนั้นมา (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2559 : หน้า 11) ในปัจจุบัน จะเห็นว่ามีหลายผลิตภัณฑ์ได้เลือกใช้จุดเด่นของแอลอีดีในลักษณะนี้ เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ชุดสาธิตนี้ จึงมีข้อกำหนดว่า เพื่อการแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี และสามารถปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับชุมชนได้อย่างหลากหลาย พร้อมกับแสดงมูลค่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด ในกรณีก่อนเพิ่มประโยชน์และหลังจากได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยแล้ว แสดงในทางทฤษฎีและปฏิบัติว่า มีหลักการต่อเติมวงจรเพื่อเพิ่มประโยชน์ และวิธีการใช้งานอย่างไร เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าใจถึงแนวทางในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ได้

2. การใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ

ปกติแอลอีดีจะให้แสงสว่างออกมา เมื่อได้รับการป้อนค่าแรงดันที่เหมาะสม ตามหลักการทำงานในโหมดไบแอสตรง ในทางกลับกัน ถ้าแอลอีดีทำงานอยู่ในโหมดเดิมแต่ในทางตรงข้าม นั่นคือ เมื่อให้แอลอีดีรับแสงสว่างแล้วมาวัดค่าแรงดันที่ขั้วหลอดแอลอีดี เราก็จะสามารถตรวจวัดความสว่างนั้นได้ ดังนั้นโดยอาศัยหลักการทำงานนี้ จึงสามารถใช้แอลอีดีเป็นตัวตรวจวัดแสงสว่างได้ในต้นทุนที่ต่ำกว่าเดิม นั่นคือต่ำกว่าการใช้เทคนิคตรวจวัดแสงหรือเซนเซอร์แบบเดิม ดังนั้นชุดสาธิตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ จึงควรระบุข้อกำหนดว่า ต้องการแสดงให้เห็นถึงการใช้แอลอีดีร่วมในการสร้างเครื่องมือวัดแสงสว่าง โดยแสดงทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติว่าเครื่องมือวัดนั้นมีหลักการทำงาน และมีวิธีการต่อวงจรอย่างไร และเมื่อใช้แอลอีดีเพื่อวัดค่าภายในเครื่องวัดแสงสว่าง จะทำให้วัดค่าได้อย่างแม่นยำมากน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกันกับเครื่องมือวัดแสงสว่างมาตรฐานที่ใช้งานกันทั่วไป สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานเครื่องมือหรือไม่ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจเข้าใจถึง วิธีประยุกต์ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำได้

การสร้างแนวคิดในการออกแบบ

1. ชุดสาธิต การเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี

ชุดสาธิตควรจะต้องประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มประโยชน์ใช้สอย แล้วทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นมาได้ ในปัจจุบันมีหลายผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้สาธิตได้อย่างดี ในที่นี้ใช้การสาธิตผลิตภัณฑ์ คือ ไม้เท้าและปากกา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในไทยและสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ในชุมชนได้ การสาธิตจะแสดงการต่อวงจรของแอลอีดี เข้าไปในผลิตภัณฑ์ไม้เท้าสำหรับผู้สูงอายุ และ /หรือต่อวงจรแอลอีดีในผลิตภัณฑ์ปากกา ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งสองอย่างได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยให้เป็นไฟฉายขนาดเล็กสำหรับใช้ในยามจำเป็น หรืออาจใช้ในยามปกติได้อีกด้วย โดยการต่อวงจรใช้งานง่าย ใช้งบประมาณไม่สูงแต่ได้ผลดีจริง และยังสามารถปรับปรุงแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับชุมชนได้อย่างหลากหลาย พร้อมแสดงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตามท้องตลาด เมื่อได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยแล้ว

เอกสารประกอบการสาธิต ในชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี ควรมีขั้นตอนการสาธิต แสดงไดอะแกรมการต่อวงจรใช้งานของทั้งสองผลิตภัณฑ์ และมีภาคทฤษฎีที่ใช้คำนวณค่าหาขนาดของอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ใช้เป็นส่วนสำคัญในการอธิบายเพื่อการเชื่อมโยงภาคทฤษฎีเข้ากับปฏิบัติได้

2. ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ

ชุดสาธิตควรจะประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ คือ เครื่องวัดค่าความสว่าง หรือลักส์มิเตอร์ ซึ่งได้ใช้แอลอีดีมาทำงานในโหมดไบแอสย้อนกลับ เพื่อให้เป็นตัวรับแสงได้ในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า การใช้เซนเซอร์ตัวรับแสงแบบเดิม โดยมีหลักการทำงานว่า เมื่อให้แอลอีดีรับแสงสว่าง แล้วมาวัดค่าแรงดันที่ขั้วหลอด ก็สามารถตรวจวัดค่าความสว่างนั้นได้ แล้วใช้เครื่องวัดค่าความสว่างที่จัดทำต่อประกอบขึ้นมานี้ มาวัดค่าความสว่างที่ตำแหน่งเดียวกันกับลักส์มิเตอร์ทั่วไป แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในทางทฤษฎีแล้ว แอลอีดีสามารถตรวจวัดแสงที่ค่าความยาวคลื่นสั้นกว่า คลื่นของแสงที่แอลอีดีตัวนั้นปล่อยออกมา ดังนั้นสิ่งนี้จะเป็นข้อจำกัดของการใช้แอลอีดีเป็นเครื่องวัดค่าความสว่างหรือไม่ หรือสามารถปรับชดเชยค่าได้ ซึ่งยังจะต้องตรวจสอบผลที่ได้รับต่อไป

เอกสารประกอบการสาธิต ควรมีขั้นตอนการสาธิต ให้มีภาคทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงไดอะแกรมวงจร และวงจรใช้งานของการต่อแอลอีดี เพื่อให้ทำงานเป็นตัวรับแสง แทนที่การใช้เซนเซอร์รับแสงแบบเดิม เมื่อทำงานเป็นเครื่องวัดค่าความสว่างแล้ว ให้เทียบกับการทำงานของลักส์มิเตอร์ทั่วไป โดยแสดงหลักการทำงานของวงจรที่ใช้ ให้เป็นส่วนสำคัญในการอธิบายประกอบ การเชื่อมโยงภาคทฤษฎีกับปฏิบัติได้ ควรเปรียบเทียบทั้งมูลค่าต้นทุน และคุณสมบัติที่ได้รับ

การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง

1. ชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี จากแนวคิดการออกแบบในขั้นตอนที่แล้ว ดังนั้นวัสดุอุปกรณ์ของชุดสาธิตนี้ จึงเลือกขั้นตอนการทำงาน ดังในภาพ 1 เป็นการแสดงให้เห็นได้ว่า สามารถเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ ในส่วนเอกสารประกอบการใช้งานของชุดสาธิตนี้ ควรมี (1) วัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ขึ้นมา (2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่วิธีการทำงานของแอลอีดี แบตเตอรี่และตัวนำชนิดที่เลือกใช้ การต่อวงจรแอลอีดี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปากกาเพิ่มประโยชน์ใช้สอย โดยให้มีแสงช่วยในการเขียนเอกสารในบริเวณที่ความสว่างไม่เพียงพอ จากสิทธิบัตร US7044672B2 ดังในภาพ 2 (3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสาธิต ให้เป็นผลิตภัณฑ์ไม้เท้าและปากกา เนื่องจากว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันดีแล้วในไทย สามารถพัฒนาใช้งานในชุมชนได้และยังนำมาสาธิตได้ง่ายอีกด้วย (4) วิธีสาธิตและผลการสาธิต ใน การสาธิตจะแสดงการต่อวงจรแอลอีดี เข้าในผลิตภัณฑ์ไม้เท้าผู้สูงอายุ และการต่อวงจรแอลอีดีในผลิตภัณฑ์ปากกา ผลที่ได้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้น เพิ่มประโยชน์ใช้สอยจากเดิมเป็นไฟฉายขนาดเล็กด้วย (5) คำถามภายหลังการสาธิต ควรถามความเข้าใจเนื้อหาหลัก นั่นคือ จุดเด่นของแอลอีดีที่ทำให้สามารถนำมาใช้ใน ผลิตภัณฑ์ต่างๆ แอลอีดีนำมาเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ได้อย่างไร (6) เอกสารอ้างอิง ในเรื่องแอลอีดีจากเว็บไซด์ http://en.wikipedia.org/wiki/LED และตำราเช่น Practical Lighting Design with LEDs โดย Ron Lenk and Carol Lenk เป็นต้น

ภาพ 1 การทำงานของชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์

ภาพ 2 ปากกาหมึกและแอลอีดีหลายสีจากสิทธิบัตร US7044672 B2

2. ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ วัสดุอุปกรณ์คือ เครื่องมือวัดแสงของชุดสาธิตนี้ จึงใช้ขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในภาพ 3 ส่วนเอกสารประกอบการสาธิต ควรประกอบด้วย (1) วัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนเครื่องมือวัดต่ำลง (2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เริ่มตั้งแต่ หลักทำงานของแอลอีดี การไบแอสตรงและการนำไปใช้งาน หลักการทำงานของเครื่องวัดแสงทั่วไป การใช้แอลอีดีมาเป็นเซ็นเซอร์แสง ดังวงจรตัวอย่าง (Andrew Partridge, 2016) ในภาพ 4 ซึ่งทำให้ลดต้นทุนเครื่องมือวัดได้ (3) อุปกรณ์ที่ใช้สาธิต เครื่องมือวัดแสงมาตรฐานทั่วไป และ เครื่องวัดแสงซึ่งใช้แอลอีดีเป็น เซ็นเซอร์และฟอร์ม บันทึกข้อมูลเปรียบเทียบ (4) วิธีสาธิตและผลการสาธิต สาธิตโดยใช้เครื่องวัดแสงทั่วไปและเครื่องวัดแสงที่ใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์ มาวัดค่าของความสว่างที่ตำแหน่งเดียวกันและ

พร้อมกัน บันทึกเปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้รับ วิเคราะห์ผลที่ได้รับ (5) คำถามภายหลังสาธิต ถามความเข้าใจในเนื้อหาหลัก นั่นคือ หลักทำงานของเครื่องวัดแสง การไบแอสของแอลอีดี การใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์แสง เป็นต้น (6) เอกสาร อ้างอิง เรื่องแอลอีดีจากตำราและเว็บไซต์ เช่น http://en.wikipedia.org/wiki/LED และ ตำราเครื่องมือวัด กับตำราวิศวกรรมส่องสว่าง และเอกสารต่าง ๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้อง

ภาพ 3 การใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องวัดแสงสว่าง

ภาพ 4 ตัวอย่างการใช้แอลอีดีให้เป็นเซ็นเซอร์แสง

สรุปและอภิปรายผล

โครงการวิจัยนี้ ดำเนินการออกแบบชุดสาธิตการใช้แอลอีดีเพื่อพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ รวม 2 ชุด เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ ไปจนถึงขั้นตอนการออกแบบให้เป็นรูปร่าง ตามขอบเขตการวิจัย นั่นคือ ชุดสาธิต เพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี จุดประสงค์ เพื่อแสดงเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้งาน ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ จุดประสงค์ แสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสงทำให้ต้นทุนต่ำลง เมื่อถึงขั้นออกแบบให้เป็นรูปร่าง พบว่ารูปแบบและวิธีการชัดเจนมากแล้ว รายละเอียดแต่ละชุดสาธิตนั้น ประกอบด้วย วัสดุอุปกรณ์ และเอกสารประกอบการสาธิต เอกสารจะมีหัวข้อต่างๆ คือ วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีสาธิตและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง พร้อมดำเนินงาน ออกแบบรายละเอียด จัดสร้างต้นแบบและทดสอบใช้งานต่อไป

ข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบชุดสาธิตเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดีในแบบต่างๆ เพื่อถ่ายทอดให้ความรู้แอลอีดีกับกลุ่มนักศึกษาและกลุ่มชุมชนในท้องถิ่น มีข้อเสนอแนะการทำวิจัยต่อไปคือ ควรมีการส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีแอลอีดีขึ้นมาใช้งานภายในประเทศ โดยผลประโยชน์โดยตรงที่คาดว่าจะได้รับ คือ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีแอลอีดีให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะใช้งานในท้องถิ่น ซึ่งสามารถลดการนำเข้าสินค้า อีกทั้งเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจภายในชุมชน และสามารถพัฒนาชุมชนเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของ โครงการวิจัย เรื่องเทคโนโลยีแอลอีดีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชน ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบดำเนินการจาก งบประมาณแผ่นดิน 2559 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมายังผู้เกี่ยวข้อง ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). *รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558.*, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2559) *คู่มือการพัฒนามูลค่าเพิ่ม (Value Creation Handbook).* กระทรวงพาณิชย์ กรุงเทพฯ.

คิดชาย อุณหศิริกุล และ มธุรา อุณหศิริกุล. (2559). *เทคโนโลยีแอลอีดีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชน.* , รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2559). *รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558*. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.

Andrew Partridge. Using LED As A Light Sensor. (2016). [online] available : https://www.eeweb.com/extreme-circuits/using-led-as-a-light-sensor

Brian Clark Howard, William J.Brinsky, Seth Leitman. (2011). *Green Lighting : How Energy-Efficient Lighting Can Save You Energy and Money and Reduce Your Carbon Footprint*. McGraw-Hill.

Craig DiLouie. (2006). *Advanced Lighting Controls : energy saving, productivity, technology and applications* Indian Trail Lilburn, The Fairmont Press.

Forrest M.Mims III. (สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2559) *An Inexpensive and Accurate Student Sun Photometer with Light-Emitting Diodes as Spectrally Selective Detectors*. [online] available: http://www.instesre.org/papers/Snowmass/MimsSnowmass.htm.

Haugh Jack. (2013). *Engineering Design, Planning and Management*. Waltham, Elsevier.

J. David Neelin. (2011). *Climate Change and Climate Modeling*. Cambridge University Press.

Patented US 7044672 B2. (2016). *Multiple Color LED and Ink Pen*. [online] available : www.google.com/patents/us7044672.

Ron Lenk and Carol Lenk. (2011). *Practical Lighting Design with LEDs*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, John Wiley & Sons.

The Society of Light and Lighting. (2009). *The SLL Lighting Handbook*. 222 Balham High Road, London.

Wikipedia, The free encyclopedia, (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2559) *Light emitting diode*, [online] available : http://en.wikipedia.org/wiki/LED.

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

Life Cycle Assessments of Quartz Crystal Unit Product

วรพันธ์ กันธิยะ(Woraphan Kantiya)[1] นัฐพร ไชยญาติ(Nattaporn Chaiyat)[1*]
จุฑาภรณ์ ชนะถาวร(Juthaporn Chanataworn)[1], สุรัตน์ เศษโพธิ์(Surat Sedpho)[2]
วรรษมล เลิศจตุรานนท์(Wassamon Lertjaturanon)[1]
[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[2]วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
*Email: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ที่ผลิตจากบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต ผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท จากข้อมูลการผลิตของบริษัทปี พ.ศ. 2560 และทำการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ 30 y ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ที่ปริมาณ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน 5.70E+08 kg CO_2-eq และเป็นผลกระทบจาก ภาวะฝนกรด 3.33E+07 kg SO_2-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก 1.36E+05 kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอนโซน 7.01E+04 kg CFC-11-eq ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน พบว่า สาเหตุหลักเกิดจากวัสดุก่อสร้างอาคารโรงงาน อันประกอบไปด้วย เหล็ก 40,381,125 kg และพื้นคอนกรีต 56,107,200 kg ตามลำดับ

คำสำคัญ:การประเมินวัฏจักรชีวิต ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด

Abstract

This research is the study of the life cycle assessments of the Quartz Crystal Unit product, which is produced from Kyocera Crystal Device (Thailand) Company Limited by setting the scope of the life cycle assessment in terms of cradle to gate from the 2017 operation data of company under the 5 environmental impacts and the life time at 30 y. From the study results, it could be seen that the most emission of the environmental impact is a human toxicity at 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq. The

second of the environmental impact is a climate change human health of 5.70E+08 kg CO_2-eq, after that the impacts occur from a terrestrial acidification of 3.33E+07 kg SO_2-eq, a tterrestrial eco toxicity at 1.36 kg 1,4 DB-eq and an ozone depletion as 7.19E+04 kg CFC-11-eq, respectively. From the analysis results, it could be found that the main effect comes from construction materials of factory, which consists of steel at 40,381,125 kg and concrete as 56,107,200 kg, respectively.

Keyword: Life cycle assessments, Quartz Crystal Unit, Human toxicity, Climate change human health, Terrestrial acidification

1. บทนำ

ปัจจุบันเรื่องขยะมูลฝอยถือเป็นปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และเป็นปัญหาระดับชาติซึ่งประเทศไทยกำลังประสพกับปัญหาขยะล้นเมือง จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษที่ผ่านมา แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นในทุกปี ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่ที่ 27.06 Million Ton ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.14 kg/person·day สำหรับปัญหาขยะมูลฝอยในเขตนิคมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ มีอัตราเพิ่มขึ้นเช่นกันดังนั้นเพื่อลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ภาวะโลกร้อน (Global Warming) การลดลงของชั้นโอนโซน (Ozone Level Depletion) ภาวะฝนกรด (Acidification) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicology) พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก (Terrestrial Eco toxicity) และ เอ็กเซอร์จีติก (Exergetic Life Cycle Assessment) ดังนั้นงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และประเภทผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในเขตโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เลิศชัย (2553) ได้ศึกษาการประเมินวัฏชีวิตของขวดแก้วบรรจุน้ำดื่มขนาด 500 ml พบว่าผลกระทบหลัก คือ ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้ว 98.71% เนตรชนากานต์ และเศรษฐ์ (2560) ได้ศึกษาการประเมินการปลอยกาซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟา จากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ขนาด 1 kWh พบว่า สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.93 kg CO_2-eq เจนจิรา พัชราวรรณ และ โชติมา (2557) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา พบว่ากระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.57 kg CO_2-eq/250 g

ของผลิตภัณฑ์ สุรัตน์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเอ็กเซอรจีติก โดยการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนรวมกับวัฏจักรแรงคินสารอินทรียที่จังหวัดแมฮองสอน พบว่าสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปฝงกลบลงได้ และลดการบริโภคทรัพยากรไดถึง 79%

จากงานวิจัยที่กล่าวมาเบื้องต้น พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ซึ่งเป็นที่มาของวิจัยนี้ ที่ต้องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ภายใต้ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน อันประกอบไปด้วย ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก และการลดลงของชั้นโอนโซน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) มีผู้ให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้มากมาย ยกตัวอย่างดังนี้ “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก” ซึ่งถูกนิยามโดย สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อม และสารเคมี (Society of Environment Toxicology and Chemical, SETAC) “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” ซึ่งถูกนิยามไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 โดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization, ISO) การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เนื่องจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่ได้มองเฉพาะการปล่อยสารพิษออกมาเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลก เช่น การเกิดภาวะเรือนกระจกที่ส่งผลให้โลกร้อนขึ้น โดยการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจะเน้นผลเชิงปริมาณของผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และใช้ข้อมูลผลกระทบนั้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของภาคอุตสาหกรรม และแนวทางการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของ ผลิตภัณฑ์ในทุกกิจกรรม (Environmental Loads)

2. การประเมินและหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Environmental Impacts) ในกระบวนการผลิต โดยลักษณะการเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งได้ 3 ส่วน อันประกอบไปด้วย วัสดุในการก่อสร้างอาคาร วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิตต่าง ๆ และการรื้อถอนนำกลับมาใช้ใหม่

3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

ซึ่งวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14040-14043 ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการแปลผลวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหน่วยการทำงาน (Functional Unit, FU) ซึ่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมแสดงในสมการดังต่อไปนี้

$$IC = \sum_i (A_i \times EF_i) \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ IC หมวดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Impact Category)

A_i กิจกรรมต่าง ๆ (Unit)

EF_i ค่าเฟคเตอร์ของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (kg 1,4 DB-eq/Unit, kg CO_2-eq/Unit, kg SO_2-eq/Unit, kg 1,4 DB-eq/Unit, kg CFC-11-eq/Uint)

ภาพที่ 1 การดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน 14040

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท (**Cradle to Gate**) โดยพิจารณาตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์ จนถึงการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซากทั้งนี้ไม่พิจารณาในส่วนการส่งออก

3.2 กำหนดเป้าหมาย คือ ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดทั้งผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต และหน่วยการทำงาน คือ ผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน **1 Piece** ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ **2**

ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

3.3 จัดทำบัญชีรายการและเก็บข้อมูลของบริษัท เพื่อทำการประเมินผลกระทบต่าง ๆ ทั้ง 5 ด้าน คือ 1 ภาวะโลกร้อน kg CO_2-eq 2 การลดลงของชั้นโอนโซน kg CFC-11-eq 3 ภาวะฝนกรด kg SO_2-eq 4 ความเป็นพิษต่อมนุษย์ kg 1,4 DB-eq และ 5 พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก kg 1,4 DB-eq โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชั่น 8.5.0 โดยวิธี ReCiPi Midpoint (H) หรือการวิเคราะห์ผลกระทบขั้นกลางแบบลำดับชั้น เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

3.4 ทำการแปรผลและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน **1 Piece** ว่าเกิดผลกระทบทั้ง **5** ด้าน ๆ ใดเกิดผลกระทบมากที่สุดเพื่อนำไปปรับปรุงและพิจารณาการแก้ไขปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลด้านวัสดุอุปกรณ์การก่อสร้างอาคารโรงงานของบริษัท โดยอาคารโรงงานมีอยู่ด้วยกัน 5 เฟส ซึ่งเฟสที่ 1-3 เป็นอาคารสำนักงาน กระบวนการผลิตรวมอยู่ใน

อาคารโรงงานเดียวกันมีขนาด 13,971 m^2 ส่วนเฟสที่ 4 เป็นโรงอาหาร สถานที่พักผ่อน และเฟสที่ 5 เป็นคลังสินค้าและการส่งออกมีขนาดพื้นที่รวมกัน 9,407 m^2 เป็นอาคารปูน โครงสร้างเหล็ก และหลังคาเป็นแผ่นเมทัลชีท โดยมีรายละเอียดของโรงงานแต่ละเฟสแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อาคารโรงงานบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ชื่ออาคารโรงงาน	รายละเอียดของพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (m2)
เฟสที่ 1	สำนักงานและกระบวนการผลิต	6,985
เฟสที่ 2	กระบวนการผลิตลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	2,235
เฟสที่ 3	กระบวนการผลิตเอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	402
เฟสที่ 4	โรงอาหารและสถานที่พักผ่อน	2,351
เฟสที่ 5	คลังเก็บสินค้าและการส่งออก	7,055

4.2 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการสำรวจข้อมูลบริษัทได้ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ อันดับที่ 1 เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (SMD Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 86% และอันดับที่ 2 ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (Lead Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 14% ดังนั้นจึงเป็นที่มาและเหตุผลหลักที่ผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกใช้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยในครั้งนี้ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิตปี พ.ศ. 2560

เดือนที่ผลิต	จำนวน (Million Piece)	
	ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต
มกราคม	1.40	3.80
กุมภาพันธ์	0.81	4.30
มีนาคม	0.33	3.70
เมษายน	0.81	2.80
พฤษภาคม	0.84	3.60

มิถุนายน	0.84	3.30
กรกฎาคม	0.72	5.80
สิงหาคม	0.92	8.50
กันยายน	0.889	7.300
ตุลาคม	0.710	7.600
พฤศจิกายน	0.927	7.300
ธันวาคม	0.912	4.900

4.3 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างอาคารโรงงาน โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชั่น 8.5.0 หาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน ซึ่งผลกระทบที่ปลดปล่อยมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างเหล็ก 7.43E+08 คิดเป็น 56.73% และพื้นคอนกรีต 5.46E+08 คิดเป็น 41.72% รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน 5.70E+07 kg CO_2-eq มาจากพื้นคอนกรีต 3.59E+08 คิดเป็น 63.05% และโครงสร้างเหล็ก 1.97E+08 คิดเป็น 34.96% รายละเอียดแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนโครงสร้างอาคารโรงงานทั้ง 5 ด้าน

4.4 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน 1.09E+04 kg CO_2-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิต 4.95E+03 kg CO_2-eq คิดเป็น 45.32% ก๊าซไนโตรเจน 3.42E+03 kg

CO_2-eq คิดเป็น 31.29% ถุงมือยางไนไตร 4.23E+02 คิดเป็น 3.87% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 8.61E+03 kg 1,4 DB-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าและก๊าซไนโตรเจนคิดเป็น 77.2% และ 9.19% ตามลำดับ โดยผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอนโซนเกิดน้อยที่สุด 1.78E-04 kg CFC-11-eq ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 4 และ 5

ภาพที่ 4 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนพลังงานไฟฟ้า และก๊าซไนโตรเจนทั้ง 5 ด้าน

ภาพที่ 5 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนกระบวนการผลิตผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ด้าน

4.5 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อนำเอาวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งสามารถลดการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน -4.63E+06 kg CO_2-eq มาจากการรื้อถอนเครื่องจักรวัสดุอลูมิเนียม 34.69% หลังคา

เมทัลชีล 33.96% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ -6.96E+05 kg 1,4 DB-eq ภาวะฝนกรด -2.06E+04 kg SO_2-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก -2.21E+02 kg 1,4 DB-eq การลดลงของชั้นโอนโซนช่วยลดผลกระทบน้อยที่สุด -2.22E+02 kg CFC-11-eq มาจากโครงสร้างหลังคา 4.0% และน้อยที่สุดมาจากประตูเหล็ก 0.005% ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้ง 5 ด้าน

4.6 ผลรวมของการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงาน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ และวัสดุอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งผลการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างอาคารโรงงานคิดเป็น 99.99% ในส่วนผลกระทบรองลงมาเป็นภาวะโลกร้อน 5.70E+08 kg CO_2-eq ภาวะฝนกรด 3.26E+07 kg SO_2-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก 1.15E+05 kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอนโซน 7.08E+04 kg CFC-11-eq ซึ่งจากผลการประเมินตัวการหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทั้ง 5 ด้านมาจากการก่อสร้างอาคารโรงงาน รายละเอียดแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ผลรวมของการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

4.7 ผลการแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต เป็นเวลา 30 y ระยะเวลาทำงาน 24 h/day หรือ 360 day/y มีสาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลักจากเหล็ก 40,381,125 kg และพื้นคอนกรีต 56,107,200 kg ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ส่วนผลกระทบย่อย			ผลรวม	หน่วย
	โครงสร้าง1	ปฏิบัติการ2	การรื้อถอน3	ปริมาณผลกระทบ	
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	1.31E+09	8.61E+03	-4.63E+06	1.31E+09	kg 1,4 DB-eq
ภาวะโลกร้อน	5.70E+08	1.09E+04	-2.17E-01	5.70E+08	kg CO_2-eq
ภาวะฝนกรด	3.33E+07	4.11E+01	-6.97E+05	3.26E+07	kg SO_2-eq
พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก	1.36E+05	1.72E+00	-2.07E+04	1.15E+05	kg 1,4 DB-eq
การลดลงของชั้นโอนโซน	7.10E+04	1.78E-03	-2.22E+02	7.08E+04	kg CFC-11-eq

หมายเหตุ: [1]ส่วนโครงสร้างอาคารโรงงาน, [2]ส่วนปฏิบัติการ, [3]ส่วนการรื้อถอน

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปเนื้อหาสำคัญได้ดังนี้ในส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานหลักในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ มีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 6.65E+03 kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ 4.95E+03 kg CO_2-eq ในส่วนการใช้ก๊าซไนโตรเจนมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ 3.42E+03 kg CO_2-eq รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 7.91E+03 kg 1,4 DB-eq และผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต แบ่งเป็น 3 กลุ่ม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างอาคารโรงงานมีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ 5.70E+08 kg CO_2-eq

2. กลุ่มกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ 2.55E+03 kg CO_2-e และรองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 1.17E+03 kg 1,4 DB-eq

3. กลุ่มรื้อถอนโครงสร้างอาคารโรงงาน เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ -4.63E+06 kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะฝนกรดเท่ากับ -6.97E+05 kg SO_2-eq

4. ผลรวมของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิตทั้งหมดมีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ 5.70E+08 kg CO_2-eq

5. สาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลัก คือ เหล็ก 40,381,125 kg และพื้นคอนกรีต 56,107,200 kg

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการศึกษางานวิจัย ในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา เปี่ยมดี, พัชรวรรณ สุขสร้อย และโชติมา โครตพัฒน์. 2557. การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา (Life Cycle Assessment of Fish Sausage, A Case Study), การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 12-14 พฤศจิกายน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, ประเทศไทย.

เนตรชนากานต์ สุนันตา และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2560. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Greenhouse Gases Evaluation of Power Generation Technology from Municipal Waste by Organic Rankine Cycle System), วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม, เลขหน้า 1-14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

เลิศชัย ศรเฉลิม. 2553. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดแก้ว โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Environmental Impact Evaluation of Glass Bottle Using Life Cycle Assessment), สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559, กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department), ออนไลน์: www.deqp.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.

อ้างถึงผลสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด, ออนไลน์: www.mnre.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.

องค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), Emission Factor. ออนไลน์: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf, เข้าถึงเมื่อ: 20 กุมภาพันธ์ 2561

IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. Online://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html, Accessed: 9 December 2017.

Surat S, Sate S, Nattaporn C and Shabbir H G. 2016. Conventional and Exergetic Life Assessment of Organic Rankine Cycle Implementation to Municipal Waste Management: The Case Study of Nae Hong Son (Thailand). Int J Life Cycle Assess 22: 1773-1784

8. รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	Activity (Unit)
CC	Climate Change (kg CO_2-eq)
EF	Emission Factor (kg CO_2-eq/unit)
HT	Human Toxicology (kg 1,4 DB-eq)
IC	Impact Category (Unit)
OD	Ozone Level Depletion (kg CFC-11-eq)
TA	Terrestrial Acidification (kg SO_2-eq)
TE	Terrestrial Eco toxicity (kg 1,4 DB-eq)

อักษรย่อ	ความหมาย
i	Item
SMD	Surface Mounting Device

การศึกษาการนำยางเสื่อมคุณภาพ ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำ

A Application of Concrete Cover of Gutter using Recycled Rubber as Fine a Gregate Replacement Materials

รอหะนา สามะ[1*] สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2] อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ[3]
สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
[*]Corresponding author. E-mail: rahanasama@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนมอร์ตาร์ผสมผงยางที่เหมาะสมสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ โดยศึกษาอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยผงยางในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยน้ำหนักและวิเคราะห์พฤติกรรมการรับกำลังอัด กำลังดัด กำลังดึงและราคาต้นทุนของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ผสมผงยางในสัดส่วนที่แตกต่างกัน และศึกษากำลังดัด ของฝาท่อระบายน้ำที่หล่อจากสัดส่วนที่เหมาะสมของมอร์ตาร์ผสมผงยาง

ผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนผงยางร้อยละ 8 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดทั้งในเรื่องของกำลังอัด กำลังดัด กำลังดึงของมอร์ตาร์และมีราคาต้นทุนของมอร์ตาร์ที่เหมาะสมที่สุด แม้ว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางมีคุณสมบัติการเทได้ลดลง กำลังอัดของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสม กำลังดัดของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสมและกำลังดึงของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสมแต่ในด้านราคาต้นทุนมีความคุ้มค่ามากที่สุด และจากผลการทดสอบการรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยาง 8% พบว่าฝาท่อระบายน้ำดังกล่าวสามารถรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg ซึ่งหากเปรียบเทียบกับฝาท่อระบายน้ำที่ไม่มีผงยางเป็นส่วนผสมพบว่าสามารถรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัส 7,404.98 kg ซึ่งมีความต่างในการรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัสเพียง 889.83 kg

คำสำคัญ: ฝาท่อระบายน้ำ ผงยาง มอร์ตาร์ คอนกรีต

Abstract

The purpose of this research is to study mortar ratios of tires powder mixture appropriate for Concrete Cover of Gutter by studying the ratios of fine aggregate replaced with tires powder Of ratios different by weight and analyze the

behavior of the compressive, bending, flexural strength and cost of mortar ratios of tires powder mixture in the different proportions.

It is found that mortar mix tires powder ratio at 8 percent is the best mortar ratio of the compressive, bending, flexural strength and appropriate cost. Although this mortar have low workability. The common compression or bending and flexural strength of mortar is the highest for all of mortar ratios tires powder mixture but in term of the cost is the best worthiness and From the test results, the force applied to the surface of the drain hose with the mixture of rubber powder 8% The drainage duct is capable of receiving a contact force of 6,515.15 kg. Compared to the drainage tube without rubber powder, the mixture can be applied at a contact surface of 7,404.98 kg. The impact surface is only 889.83 kg

Keywords: Gutter, tire powder, mortar, concrete

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ขนาดใหญ่ติดอันดับของโลก อุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ของประเทศไทยมีการเติบโตอย่างรวดเร็วตามภาวะการขยายตัวของตลาดการซื้อขายรถยนต์ภายในประเทศ โดยประเทศไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์ชั้นนำระดับโลก อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นแหล่งวัตถุดิบยางธรรมชาติจำนวนมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์จึงมีบทบาทที่สำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

การผลิตยางรถยนต์ในประเทศไทยเฉลี่ยปีละ 9,500,000 เส้น ในปี พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มการผลิตยางรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นอัตราร้อยละ 4.85 ซึ่งแบ่งเป็นการผลิตยางรถบรรทุก ยางรถโดยสาร ยางรถจักรยานยนต์ ยางรถจักรยาน เป็นต้น เมื่อมีอัตราการผลิตและการใช้ยางรถยนต์ในปริมาณมาก จึงทำให้มียางรถยนต์เหลือทิ้งในปริมาณมากคิดเป็นอัตราเฉลี่ยปีละ 85,000 ตันและปัญหาที่ตามมาคือการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีการนำยางเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เพียงปีละประมาณ 25,000 ตัน ดังนั้นยางรถยนต์เหลือทิ้งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มีจำนวนมากถึงปีละ 60,000 ตัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชน ในพื้นที่ที่มีการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งที่ไม่เหมาะสม การจัดการยางสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำยางรถยนต์เหลือทิ้งใช้ผ่านกระบวนการเผาเป็นการนำพลังงานความร้อนได้ไปใช้ในการต้มหรือนำไปปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้ยางรถยนต์เหลือทิ้งเป็นเชื้อเพลิงแทนพลังงานจากถ่านหินหรือเชื้อเพลิงอื่น ในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ เนื่องจากยางมีคุณสมบัติที่ให้พลังงานความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ การหล่อดอกยางใหม่เป็นการ

ยืดอายุการใช้งานของยางแต่จะประสบปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเกาะพื้นผิวถนนและอายุการใช้งานที่สั้น นอกจากนี้ยังมีการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งแปรรูปเพื่อประยุกต์ใช้ในโครงสร้างทางวิศวกรรม โดยบดให้เป็นเม็ดเล็กๆ และนำมาผสมกับแอสฟัลท์เพื่อใช้ในการปูถนนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ถนนมีการยืดหยุ่น ลดการแตกร้าว และยืดอายุการใช้งานของผิวถนน แม้ว่าจะสามารถนำยางรถยนต์เหลือทิ้งบางส่วนมาใช้ประโยชน์ได้แต่ก็ยังมียางรถยนต์เหลือทิ้งอีกจำนวนมากที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์และถูกทิ้งให้เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาวิจัยการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งไปประยุกต์ใช้ในโครงสร้างวิศวกรรม ในด้านการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งเพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งที่บดละเอียดเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาใช้เป็นส่วนประกอบทดแทนทรายในอัตราส่วนที่หลากหลาย โดยพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมยางจากการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ การรับกำลังอัด กำลังดัดและกำลังดึงเป็นต้น เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยลดปริมาณยางรถยนต์เหลือทิ้งที่มีจำนวนมากและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผงยางที่เหมาะสมสำหรับการหล่อฝาท่อระบายน้ำ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากยางเสื่อมสภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้จะคำนึงถึงการหาอัตราส่วนของยางเสื่อมคุณภาพที่บดละเอียดเพื่อมาทดแทนทรายละเอียดในอัตราส่วนที่เหมาะสม มาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ และการวิจัยนี้จะทดสอบและศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัด กำลังดัดและกำลังดึง เมื่อมีผงยางเป็นส่วนประกอบในคอนกรีตสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำด้วยวิธีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งผลการทดสอบและพฤติกรรมอาจจะแตกต่างจากสภาพจริงเนื่องจากคุณสมบัติของยาง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องทดสอบมอร์ตาร์ ADS 25/10ENT-3
2. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ UH-1000kNX
3. ตู้อบ (Oven)
4. เครื่องร่อนมวลรวมละเอียด

5. เครื่องผสมมอร์ตาร์
6. เครื่องผสมคอนกรีต
7. โต๊ะทดสอบการไหล (Flow Table)
8. แบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด 4x4x16 เซนติเมตร
9. แบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร
10. แบบหล่อมอร์ตาร์รูปทรงบริเคต (Briguat)
11. แบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ
12. ถาดโลหะทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
13. ถาดโลหะทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
14. ถังเปลผสมปูน
15. ถังใส่น้ำ
16. เครื่องเป่าลม
17. ตะแกรงร่อนทราย (Sieve) มาตรฐานอเมริกัน
18. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัม
19. กระบอกตวงน้ำขนาด 2 ลิตร
20. กระบอกตวงน้ำขนาด 1 ลิตร
21. กระบอกตวงน้ำขนาด 0.2 ลิตร
22. ถ้วยโลหะ
23. บีกเกอร์ (Beker) ขนาด 0.5 ลิตร
24. พลั่วตักทรายขนาดใหญ่
25. พลั่วตักทรายขนาดเล็ก
26. เกรียงใบโพธิ์
27. เกรียงไม้
28. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร
29. แท่งกระทุ้ง (Temper)
30. เหล็กกระทุ้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ม.ม. (5/8 นิ้ว) ยาว 600 ม.ม. (24 นิ้ว) ปลายเหล็กกระทุ้งเป็นรูปครึ่งทรงกลม
31. Slump Test
32. ไม้พายเกลี่ยมอร์ตาร์ในเครื่องผสมมอร์ตาร์
33. ถุงมือยาง
34. น้ำมันเครื่อง

35. ฟองน้ำ
36. ดินน้ำมัน
37. ปากกาเมจิก

วิธีการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสรุปขั้นตอนการทดลองได้ดังนี้

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง

อัตราส่วนผสมสำหรับหล่อมอร์ตาร์

ประเภทของมอร์ตาร์	อัตราส่วนผสมและราคาต่อหน่วยของวัสดุ (kg)			
	ซีเมนต์	ทราย	ผงยาง	น้ำ
ผงยางร้อยละ 0	1.00	2.45	0.00	0.49
ผงยางร้อยละ 5	1.00	2.33	0.12	0.49
ผงยางร้อยละ 10	1.00	2.21	0.25	0.49
ผงยางร้อยละ 15	1.00	2.09	0.36	0.49

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมมอร์ตาร์

การเตรียมตัวอย่างกำลังอัด กำลังดัดและ กำลังดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมอุปกรณ์และตัวอย่างแบบหล่อเพื่อทำการทดสอบ

ภาพที่ 2 การเตรียมอุปกรณ์และตัวอย่างแบบหล่อ

1.2 ใช้ฟองน้ำชุบน้ำมันเครื่องทาตัวอย่างแบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้มอร์ตาร์ที่แข็งตัวแล้วติดแบบขณะที่ทำการถอดแบบหล่อ

1.3 บริเวณรอยต่อหรือมุมของแบบหล่ออาจมีรอยรั่ว นำดินน้ำมันอุดรอยเพื่อป้องกันน้ำที่ผสมในมอร์ตาร์ไหลออกนอกแบบหล่อ

1.4 ปริมาณส่วนผสมที่ใช้สำหรับผสมมอร์ตาร์จำนวน 12 ตัวอย่าง ให้ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดในการทดลองใช้ปริมาณส่วนผสมสำหรับเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์จำนวน 12 ตัวอย่าง

1.5 ประกอบส่วนหม้อผสมและส่วนใบผสมที่แห้งให้เข้ากับเครื่องผสมมอร์ตาร์

ภาพที่ 3 การประกอบเครื่องผสมมอร์ตาร์

1.6 ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงในเครื่องผสมมอร์ตาร์จนหมด

1.7 ใส่ปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมมอร์ตาร์จนหมด เดินเครื่องผสมมอร์ตาร์เพื่อผสมปูนซีเมนต์และน้ำให้เข้ากันโดยอัตราเร็วต่ำ (140 ± 5 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที

1.8 หยุดเครื่องผสมมอร์ตาร์แล้วใส่ทรายและผงยางลงไปผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในเครื่องผสมมอร์ตาร์ จากนั้นเปลี่ยนอัตราการผสมเป็นอัตราเร็วปานกลาง (280 ± 10 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที

1.9 หยุดการผสมและปล่อยมอร์ตาร์ทิ้งไว้เป็นเวลา 90 วินาทีและในระหว่าง 15 วินาทีแรกให้ทำการนำมอร์ตาร์ที่ติดอยู่ข้างหม้อผสมลงในหม้อ จากนั้นนำภาชนะมาปิดปากหม้อเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยออกจากหม้อผสมจนครบเวลา 90 วินาที

2 การทดสอบหาค่าการไหล

2.1 เตรียมโต๊ะทดสอบการไหล ทำความสะอาดผิวหน้าของโต๊ะการไหลให้สะอาดและแห้งจากนั้นวางแบบทดสอบการไหลลงตรงกลาง

2.2 ตักมอร์ตาร์ใส่ในโต๊ะทดสอบการไหลให้มีความสูงประมาณ 25 มิลลิเมตร และกระทุ้งด้วยไม้กระทุ้งของโต๊ะทดสอบการไหลจำนวน 20 ครั้งให้ทั่วตลอดหน้าตัดเพื่อให้มอร์ตาร์มีความสม่ำเมอในแบบ ไม่ต้องกระทุ้งแรงจนเกินไป

2.3 ตักมอร์ตาร์ชั้นที่ 2 ที่มีความสูงประมาณ 25 มิลลิเมตรและกระทุ้งมอร์ตาร์เช่นเดียวกับกระทุ้งชั้นที่ 1

2.4 เมื่อกระทุ้งเหล็กเสร็จแล้ว ใช้เกรียงใบโพธิ์ปาดผิวหน้าโดยการลากเกรียงผ่านด้านบนของแบบหล่อเพื่อนำมอร์ตาร์ส่วนเกินออก

2.5 หากมีน้ำไหลออกมาใต้ฐานของแบบให้เช็ดน้ำออกและนำมอร์ตาร์ที่ตกค้างข้างแบบออกให้หมด

2.6 ยกแบบขึ้นในแนวตั้งอย่างช้าๆ เวลาที่ใช้ตั้งแต่ใส่มอร์ตาร์ลงแบบจนถึงเวลาที่ยกแบบออกจากผิวหน้าโต๊ะทดสอบการไหลการไหลประมาณ 1 นาที

2.7 ภายหลังจากยกแบบออกจากมอร์ตาร์ให้ทำการหมุนโต๊ะการไหล จำนวน 25 รอบ ภายในเวลา 15 วินาที ในขณะที่ทำการหมุนของโต๊ะการไหลให้ยึดโต๊ะการไหลให้แน่นอย่าให้มีการเคลื่อนตัวเพราะจะทำให้ค่าการไหลที่ทดสอบผิดพลาด

2.8 มอร์ตาร์ที่อยู่บนจานของโต๊ะทดสอบการไหลจะแผ่ออกไปโดยเกือบเป็นวงกลม ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของมอร์ตาร์จำนวน 4 ครั้งตรงตำแหน่งซึ่งมีมุมห่างกัน 45 องศา ซึ่งค่าอัตราการไหลที่วัดได้ เท่ากับ 17 เซนติเมตร

3 การหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังอัด การหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังดัด และการหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังดึง

3.1 หลังจากทดสอบค่าการไหลให้นำมอร์ตาร์ที่อยู่บนจานทดสอบใส่คืนเครื่องผสมมอร์ตาร์

3.2 นำมอร์ตาร์ที่ติดด้านข้างของเครื่องผสมไปกลางเครื่องผสมมอร์ตาร์และผสมมอร์ตาร์อีกครั้งเป็นเวลา 15 วินาที ด้วยอัตราปานกลาง ภายหลังจากการผสมเสร็จให้เขย่าใบกวนเพื่อให้มอร์ตาร์ที่ติดอยู่ตามใบกวนตกลงไปก้นเครื่องผสม

3.2 ในกรณีที่ต้องการผสมมอร์ตาร์ที่ใช้ผสมเดิมเพื่อหล่อตัวอย่างจำนวนมาก เพราะไม่สามารถผสมครั้งเดียวโดยใช้หม้อผสมใบเดียวให้ทำการผสมมอร์ตาร์โดยไม่ต้องทดสอบค่าการไหลแต่ต้องเป็นการผสมมอร์ตาร์อย่างต่อเนื่อง

3.3 ทำการหล่อมอร์ตาร์ทั้งหมดลงในแบบหล่อโดยใช้เวลาทั้งหมดในการหล่อลงแบบไม่เกิน 2 นาที 30 วินาทีภายหลังจากการผสมมอร์ตาร์เสร็จสิ้นเพื่อลดปัญหาการระเหยของน้ำออกจากส่วนผสม

3.4 ใช้เกรียงตักมอร์ตาร์ใส่แบบหล่อชั้นแรกโดยมีความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตรซึ่งเป็นความหนาครึ่งหนึ่งของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อทุกแบบที่ต้องการหล่อ

3.5 กระทุ้งมอร์ตาร์ด้วยไม้กระทุ้งจำนวน 32 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างในเวลา 10 วินาทีโดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบๆ ละ 8 ครั้งแต่ละรอบการกระทุ้งจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน

3.6 ประมาณน้ำหนักที่ใช้กระทุ้งให้เพียงพอที่จะทำให้มอร์ตาร์มีความสม่ำเสมอในแบบหล่อดังนั้นจึงไม่ต้องกระทุ้งให้แรงจนเกินไป ให้ทำการกระทุ้ง 4 รอบ จำนวน 32 ครั้งให้เสร็จสิ้นในแต่ละตัวอย่างของมอร์ตาร์จากนั้นจึงเริ่มกระทุ้งตัวอย่างต่อไป

3.7 เมื่อกระทุ้งชั้นที่ 1 เสร็จสิ้นทุกตัวอย่างแล้วจึงใส่มอร์ตาร์ชั้นที่ 2 ซึ่งมีความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตรจากนั้นทำการกระทุ้งมอร์ตาร์แต่ละตัวอย่าง 4 รอบ 32 ครั้ง เช่นเดียวกับกรณีของชั้นแรก (ดังนั้นแต่ละตัวอย่างจึงมีการกระทุ้ง 64 ครั้ง) ในแต่ละรอบของการกระทุ้งชั้นที่ 2 อาจมีมอร์ตาร์ล้นออกมานอกแบบขอบของแบบหล่อดังนั้นเมื่อเสร็จการกระทุ้งของแต่ละรอบให้ใช้นิ้วมือ (สวมถุงมือยาง) ดันมอร์ตาร์ที่ล้นออกมาเข้าไปในแบบจากนั้นจึงทำการกระทุ้งในรอบต่อไป

3.8 เมื่อเสร็จสิ้นการกระทุ้งแล้วมอร์ตาร์ควรมีความสูงกว่าขอบด้านบนของแบบหล่อเล็กน้อยให้ใช้มือดันมอร์ตาร์ที่ล้นแบบหล่อ (จากการกระทุ้งรอบสุดท้าย) เข้าไปอยู่ในแบบหล่อใช้เกรียงเหล็กเกลี่ยผิวหน้ามอร์ตาร์ให้เรียบและเสมอกับขอบแบบหล่อซึ่งทำได้โดยใช้ขอบเกรียงเหล็กวางในแนวเกือบตั้งฉากกับขอบแบบจากนั้นค่อยๆ เลื่อนเกรียงเหล็กในลักษณะของการเลื่อยไม้จะได้มอร์ตาร์ที่เรียบและสูงเสมอกับแบบหล่อ

4 การเก็บตัวอย่างทดสอบ

4.1 ภายหลังจากการหล่อตัวอย่างเสร็จแล้วให้นำตัวอย่างไปเก็บไว้ในห้องที่มีความชื้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ถ้าไม่มีห้องดังกล่าวอาจนำตัวอย่างไปแช่น้ำในขณะที่มีฝาปิด

4.2 เมื่อมอร์ตาร์มีอายุครบ 24 ชั่วโมง (นับจากปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ) ถอดแบบหล่อออกเพื่อนำมอร์ตาร์ไปบ่มในน้ำ

5 การเตรียมตัวอย่างฝาท่อระบายน้ำ

อัตราส่วนผสมสำหรับการหล่อฝาท่อระบายน้ำ

ประเภทของฝาท่อระบายน้ำ	อัตราส่วนผสม (kg)				
	ซีเมนต์	ทราย	ผงยาง	หิน	น้ำ
ยางร้อยละ 0	25	53.34	0.00	107.1	20
ผงยางร้อยละ 8	25	49.07	4.26	107.1	20

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมฝาท่อระบายน้ำ

5.1 ใส่ปูนซีเมนต์ ทราย และผงยางลงในเครื่องผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่กำหนด เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ปูนซีเมนต์ทราย และผงยางให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 วินาที

5.2 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตใส่น้ำ 4/5 ตามอัตราส่วนที่กำหนด เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 วินาที

5.3 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตใส่หินตามอัตราส่วนที่กำหนด และใส่น้ำส่วนที่เหลือ เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ส่วนผสมทุกอย่างเข้ากัน เป็นเวลา 3 นาที

5.4 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตและนำคอนกรีตที่ได้มาทดสอบการยุบตัว (Slump Teste)

6 การทดสอบหาการยุบตัว (Slump Teste)

6.1 เตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบค่ายุบตัว (Slump Teste)

6.2 ตักคอนกรีตใส่ในอุปกรณ์ทดสอบการยุบตัวนำเหล็กกระทุ้งจนคอนกรีตเรียบเสมอกัน แล้วตักคอนกรีตใส่เพิ่มให้สูงกว่าอุปกรณ์ทดสอบเล็กน้อยทำการกระทุ้งอีกครั้ง และใช้เกรียงใบโพธิ์เกลี้ยจนเรียบ

6.3 ยกอุปกรณ์ขึ้นในแนวตั้งอย่างช้าๆ เวลาที่ใช้ตั้งแต่ใส่คอนกรีตลงแบบจนถึงเวลาที่ยกอุปกรณ์ทดสอบการยุบตัวประมาณ 1 นาที แล้วทำการวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต ซึ่งค่าการยุบตัวที่วัดได้เท่ากับ 8 เซนติเมตร

7 การนำคอนกรีตลงในแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

7.1 เตรียมแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

7.2 นำคอนกรีตทั้งหมดออกจากเครื่องผสมคอนกรีต

7.3 ใช้ถังน้ำตักคอนกรีตเทลงแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ ½ ของแบบหล่อใช้เกรียงไม้สับคอนกรีตเพื่อให้เรียบเสมอกัน

7.4 เทคอนกรีตลงในแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำจนสูงกว่าแบบหล่อฯเล็กน้อยใช้เกรียงไม้สับคอนกรีตในส่วนที่สองจนเรียบเสมอกัน ใช้เกรียงไม้เกลี้ยคอนกรีตให้สูงเท่าแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

8 การเก็บตัวอย่างทดสอบ

8.1 ภายหลังจากการหล่อฝาท่อระบายน้ำเสร็จแล้ว ให้ทำการบ่มฝาท่อระบายน้ำนาน 28 วัน โดยการคลุมด้วยกระสอบและรดน้ำให้เปียกตลอดระยะเวลา 28 วัน

8.2 เมื่อฝาท่อระบายน้ำมีอายุครบ 28 วัน ทำการถอดแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ทดสอบการรับน้ำหนักของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยวางตัวอย่างมอร์ตาร์ลงบนเครื่องทดสอบให้อยู่ตรงศูนย์กลางเครื่องและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบสามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ
- ให้น้ำหนักกดแก่ตัวอย่างมอร์ตาร์ด้วยอัตราลงที่ประมาณ 90-180 กิโลกรัมต่อนาทีจนตัวอย่างวิบัติและบันทึกค่ากำลังอัดของตัวอย่าง

ภาพที่ 4 การกดตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

2. การทดสอบกำลังดัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ทดสอบการรับน้ำหนักของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยวางตัวอย่างมอร์ตาร์ลงบนเครื่องทดสอบให้อยู่ตรงศูนย์กลางเครื่องและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบสามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ
- ให้น้ำหนักกดแก่ตัวอย่างมอร์ตาร์ด้วยอัตราลงที่ประมาณ 260-280 กิโลกรัมต่อนาทีจนตัวอย่างวิบัติและบันทึกค่ากำลังดัดของตัวอย่าง

ภาพที่ 4 การกดตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

3. การทดสอบกำลังดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ในกรณีที่ทำการทดสอบตัวอย่างมอร์ตาร์มากกว่า 1 ตัวอย่างขึ้นไปที่อายุ 24 ชั่วโมงให้ใช้ผ้าชุบน้ำคลุมตัวอย่างที่รอการทดสอบจนกว่าจะได้ทดสอบโดยทดสอบตัวอย่างที่อยู่ในสภาพแห้ง (ชื้น)

- ดึงตัวอย่างบริเคตด้วยอัตรา 260 – 280 กิโลกรัมต่อนาทีจนกระทั่งตัวอย่างบริเคตแยกออกจากกันและบันทึกค่ากำลังดึงของตัวอย่าง

ภาพที่ 5 การดึงตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

4. การทดสอบความสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำ

- ทดสอบการรับน้ำหนักของฝาท่อโดยวางฝาท่อระบายน้ำลงบนซัพพอตที่วางอยู่บนเครื่องทดสอบและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบสามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ

- ให้แรงกระทำกดฝาท่อระบายน้ำจนฝาท่อระบายน้ำแตกจนเห็นรอยร้าว

ภาพที่ 6 การกดฝาท่อระบายน้ำจนเกิดรอยร้าว

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณสัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้นโดยมอร์ตาร์ธรรมดามีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 645.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีการรับกำลังอัดสูงสุดคือ 486.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีการรับกำลังอัดสูงสุดคือ 437.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ากำลังอัดสูงสุดคือ 382.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 7 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรุนแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง รวมถึงมีจำนวนรอยร้าวขนาดเล็ก (Micro Cracks) มากกว่า มอร์ตาร์ผสมยางมีช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยดูดซับพลังงานได้ในช่วงของการวิบัติ

ภาพที่ 8 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังอัด

ผลการทดสอบการรับกำลังดัดของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังรับแรงดัดของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณสัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้น โดยมอร์ตาร์ไม่ผสมยางมีค่ารับกำลังดัดสูงสุดคือ 261.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีค่ารับกำลังดัดสูงสุดคือ 86.52 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีค่ารับกำลังดัดสูงสุดคือ 16.43 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ารับกำลังดัดสูงสุดคือ 15.12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 9 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังดัดของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรุนแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง มอร์ตาร์ผสมยางมีรอยแตกค่อนข้างเรียบ พฤติกรรมของมอร์ตาร์ในช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยดูดซับพลังงานได้ในช่วงของการวิบัติ

ไม่ผสมผงยาง ผสมผงยาง

ภาพที่ 10 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังดัด

ผลการทดสอบการรับกำลังดึงของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณสัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้นโดยมอร์ตาร์ธรรมดามีค่ารับกำลังดึงสูงสุด คือ 14.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีค่ารับกำลังดึงสูงสุด คือ 11.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีค่ารับกำลังดึงสูงสุด คือ 12.24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ารับกำลังดึงสูงสุด คือ 8.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 9 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังดึงของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรุนแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง พฤติกรรมของมอร์ตาร์ผสมยางในช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยดูดซับพลังงานได้ในช่วงของการวิบัติ

ไม่ผสมผงยาง ผสมผงยาง

ภาพที่ 10 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังดึง

ความสามารถในการรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยาง 8% ลดลงจากฝาท่อระบายน้ำที่ไม่มีส่วนผสมของผงยาง โดยฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยางสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg และท่อระบายน้ำที่ไม่มีส่วนผสมของผางสามารถรับแรงทำต่อพื้นผิวสัมผัส 7,404.98 kg และการผสมผงยาง 8% เพื่อทดแทนทรายในการหล่อฝาท่อระบายน้ำทำให้ความสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.01 ของฝาท่อระบายน้ำไม่ผสมผงยาง

ภาพที่ 11 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความสามรถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองของมอร์ตาร์ที่ผสมผงยางในแต่ละอัตราส่วน พบว่ามอร์ตาร์ที่อัตราส่วนร้อยละ 8 เป็นอัตราส่วนผงยางที่เหมาะสม สำหรับหล่อฝาท่อระบายน้ำ

ฝาท่อระบายน้ำที่มีขนาด 0.70×0.80×0.15 เมตร หากมีการใช้ผงยางทดแทนทราย 8% ใน 1 ฝาจะมีการใช้ผงยาง 4.26 กิโลกรัม สามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ (ทราย) จำนวน 4.26 กิโลกรัม/1 ฝาท่อระบายน้ำ และสามารถลดปริมาณของเสียที่เป็นมลพิษ (ยางรถยนต์เสื่อมสภาพ) จำนวน 4.26 กิโลกรัม /1 ฝาท่อระบายน้ำ

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการนำผงยางมาใช้ในงานคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกายภาพเท่านั้น โดยยังไม่ได้นำเหล็กมาเป็นส่วนประกอบในการหล่อฝาท่อระบายน้ำ หากจะมีการนำผงยางมาประยุกต์ในการใช้งานจริงควรศึกษารายละเอียดและผลให้ชัดเจนก่อนที่จะนำมาใช้งาน จากการศึกษาเบื้องต้นเห็นได้ชัดเจนว่าการที่จะนำผงยางมาใช้เป็นสัดส่วนผสมนั้นสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg แต่หากจะประยุกต์กับท่อระบายน้ำที่ต้องรับน้ำหนักของรถยนต์สำหรับบรรทุกสินค้าต้องมีการศึกษาที่ละเอียดและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การศึกษาและประยุกต์นำผงยางมาใช้เป็นสัดส่วนผสมนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม

ในการวิจัยครั้งนี้ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการนำผงยางมาใช้ในงานคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกายภาพเท่านั้น โดยยังไม่ได้นำเหล็กมาเป็นส่วนประกอบในการหล่อฝาท่อระบายน้ำ หากจะมีการนำผงยางมาประยุกต์ในการใช้งานจริงควรศึกษารายละเอียดและผลให้ชัดเจนก่อนที่จะนำมาใช้งาน จากการศึกษาเบื้องต้นเห็นได้ชัดเจนว่าการที่จะนำผงยางมาใช้เป็นสัดส่วนผสมนั้นสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg แต่หากจะประยุกต์กับท่อระบายน้ำที่ต้องรับน้ำหนักของรถยนต์สำหรับบรรทุกสินค้าต้องมีการศึกษาที่ละเอียดและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การศึกษาและประยุกต์นำผงยางมาใช้เป็นสัดส่วนผสมนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านอื่นๆ อีกซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนวทางไว้สำหรับผู้ที่สนใจที่จะทำการวิจัยเพิ่มเติม ดังนี้

- เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) ที่เท่ากันการเพิ่มปริมาณผงยางมีผลต่อค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมผงยางมากทำให้ต้องใส่สารเคมีผสมเพิ่ม (Super plasticizer) ดังนั้นควรระมัดระวังเรื่องการเยิ้มและการแยกตัวของคอนกรีต
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านความทนทานของมอร์ตาร์ผสมผงยางในด้านอื่นๆ อีกเช่น คุณสมบัติด้านความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสภาพแวดล้อม
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านการทนไฟของมอร์ตาร์ผสมผงยางเมื่อเกิดเพลิงไหม้

- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมผงยางกับเหล็กเสริมคอนกรีตและคุณสมบัติการยึดเกาะระหว่างพื้นผิวสัมผัสของผงยางกับซีเมนต์เพสต์
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านการขยายตัวและหดตัวโดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนวัสดุประสานต่อมวลรวมหยาบ
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านความสามารถต้านทานการเป็นสนิมของเหล็กในคอนกรีตที่ผสมผงยาง

เอกสารอ้างอิง

การยางแห่งประเทศไทย. 2560. ความเคลื่อนไหวราคายางชนิดต่างๆ. แหล่งที่มา : http://www.rubber.co.th/rubber2012/menu5.php. 23 พฤษภาคม 2560

เฉลิมพล ไชยแก้ว. 2546. การศึกษาการใช้กากผงยางรถยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทางแบบอ่อน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธำรง เปรมปรีดิ์. 2540. คอนกรีตมีความยืดหยุ่นสูง. รายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 3

นุชจรี ท้าวไชยชนะ และ รศ. ยรรยง ศรีสม. 2548. ยางรถยนต์กับสิ่งแวดล้อม. แหล่งที่มา : http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php. 17 มีนาคม 2560.

สมยศ วิวัฒน์พัฒนพงศ์. 2549. คอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเม็ดยาง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานตลาดกลางยางพาราจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2560. วิเคราะห์สถานการณ์รายสัปดาห์ 15-19 พฤษภาคม 2560. แหล่งที่มา : http://www.rubberthaiforward.com/index.php. 23 พฤษภาคม 2560.

โกสีห์ เทียมลม. 2550. การศึกษาพฤติกรรมการขยายตัวและหดตัวแห้งของคอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเม็ดยาง. แหล่งที่มา : http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php. 17 มีนาคม 2560.

Kathib Z.K. Bayomy F.M. Rubber Portland Cement Concrete. Journal of Material in Civil Engineering, 11, 3 (August 1999) : 206-213.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2542. เล่มที่ 24, เรื่องที่ 6 การผลิตปูนซีเมนต์

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. เล่มที่ 2 เรื่องที่ 5 อุตสาหกรรมซีเมนต์และคอนกรีต

คมกฤชร่มโพธิ์. 2548. การนำเรซินเสื่อมสภาพจากโรงงานน้ำตาลมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทมวลเบา

ทนงศักดิ์ โนไชยา. 2550.การพัฒนาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง

สมชาย สระบัว และเพลินพิศ ป่านแก้ว. 2550. คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินทรายผสมเศษยางรถยนต์เก่าและซีเมนต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12

อรรถกร เก่งพล และธิดารัตน์ สลักคำ. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางยนต์.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2554

การพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง

Design development and value added of the basketry products from banana dried leaf

รพีพัฒน์ มั่นพรม(Raphiphat Monphrom)* นัฐท์ธีรนนช์ รอดชื่น(Nattheeranon Rodchuen)
และ ยุวดี ทองอ่อน(Yuwadee Thong-on)
สาขาวิชาการออกแบบ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
*Corresponding author. E-mail: raphiphat@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์ และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยการพัฒนาเครื่องควั่นเกลียวและการย้อมสี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล เอกสาร สัมภาษณ์จากปราชญ์ชุมชนกลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ศึกษาและการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ จากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละศาสตร์ ตลอดจนทำการอบรมเชิงปฏิบัติการต่อผู้ผลิต นักศึกษาและผู้ที่สนใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์และแบบประเมินความพึงพอใจการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และด้านการตลาด โดยนำเสนอแบบร่างเพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 เครื่องประดับร่างกาย รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือที่เน้นการออกแบบสมัยใหม่ ใช้รูปทรงสามเหลี่ยมของวัสดุเงิน ติดบนแผ่นใบตองทอลายสีธรรมชาติ ชุดที่ 2 ชุดเครื่องใช้ตกแต่งบ้าน รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดแจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ เน้นการออกแบบที่ใช้การทอใบตองแห้งเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ ซึ่งฉลุลายไม้เป็นลักษณะลายไทยประยุกต์ ชุดที่ 3 ชุดของใช้ รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลายผสมผสานกับงานเครื่องหนัง เน้นการออกแบบสมัยใหม่ และชุดที่ 4 ชุดผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดกล่องทิชชู่ ที่รองแก้ว ที่รองจาน เน้นการออกแบบแนววินเทจ

ผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน และกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จำนวนผู้เข้ารับการอบรม 60 คน จากกลุ่มผู้ผลิต นักศึกษาและผู้ที่

สนใจ ผลรวมของความพึงพอใจในทุกด้าน อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: การพัฒนา การเพิ่มมูลค่า ผลิตภัณฑ์จักสานใบตองแห้ง

Abstract

The purpose of this research was to study the properties of the kind banana dried leaves. And to develop products from dried bananas that, and to develop products from dried bananas that have been accepted by consumers. And publish the works in academic journals. As part of the research of the value added products woven from banana dried leaves by developing a stranded helix and staining.

The research was conducted to collect data from interviews with community sorority products from banana dried leaves in Angthong District, Banphotphisai. Nakhon Sawan Province Education and Product Development From the experts in each science. The workshop is organized by the manufacturer. Students and interested persons the instruments used in this study were interview form and satisfaction evaluation form product creation and marketing. Presented there are too developed from prototypes, namely the first of set there is body jewelry, selected models include earrings, necklaces and bracelets that emphasize modern design. Take the triangle shape of the silver material. Decorated on the leaves of natural color. The second of sets there are home décor, selected models are set of vases, lanterns and putty. The emphasis is on the design of the weaving of dry banana leaves from the machine. Then put together with wooden frames. The third of set they chosen models there are three bags, made from banana dried leaves, woven from woven fabric combined with leather work. Focus on modern design and four design of tableware. The selected models are Tissue Boxes, Coaster Mugs, and Vintage Design Pads.

Effects of technology transfer on community. And the process of developing products from dried banana leaves that have been accepted by consumers. Number of participants sixty people there are students and interested persons, sum of satisfaction in all aspects at the level of satisfaction, compared to the criteria set.

Keywords: development, value added, the basketry products from banana dried leaf

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยี การวิจัย และนวัตกรรม เป็นพลังขับเคลื่อนการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้เติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน เน้นการนำความคิดสร้างสรรค์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ทรัพย์สินทางปัญญา วิจัยและพัฒนาต่อยอด ถ่ายทอด และประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งเชิงพาณิชย์ สังคม และชุมชน สิ่งเหล่านี้นับเป็นยุทธศาสตร์ของการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติปัจจุบัน ฉบับที่ 12 (2560-2564) ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน แนวโน้มในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม มุ่งเน้นให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ประชาชนมีความมั่นคง ปัจจุบันสถานการณ์ทางการเมือง เศรษฐกิจ และสังคม ตลอดจนเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วทุกวัน ดังนั้น ผู้ประกอบการ ห้างร้าน หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีการกระจายตัวอยู่ในทุกภูมิภาค ต้องเร่งเรียนรู้และสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือนำเสนอภูมิปัญญาท้องถิ่น เอกลักษณ์ ความประณีต และความงดงามของไทย ที่มีความน่าสนใจ เพื่อเป็นการสร้างงานสร้างอาชีพและสร้างรายได้

กล้วย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย (เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545.) และเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกมากอย่างหนึ่งของจังหวัดนครสวรรค์ กล้วยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนถ้าไม่นับด้านการนำมาบริโภคแล้ว ใบกล้วยหรือที่เรียกว่าใบตองสามารถนำมาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ทั้งแบบใบตองสด และใบตองแห้ง ทั้งในรูปแบบของภาชนะ ของเล่น ของตกแต่ง หรือ ผนวกกับภูมิปัญญาการจักสาน การถักจนสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดและสวยงาม กลุ่มผลิตภัณฑ์ใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ เป็นกลุ่มที่เข้มแข็งรวมตัวกันเพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ในรูปแบบต่างๆ ปัญหาหลักที่พบ คือ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ยังไม่หลากหลาย ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยังไม่ครบถ้วนทุกกลุ่มวัย ดังภาพที่1

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์เดิมจากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์

จากประเด็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์ ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยเน้นไปที่ของใช้ ของประดับและตกแต่ง ที่สร้างอาชีพและรายได้ให้กับชุมชน อีกทั้งยังเป็นแนวทางการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ให้กับชุมชนอื่นในเขตพื้นที่ที่มีทรัพยากรกล้วยเป็นจำนวนมากได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงาน**การวิจัยใช้ 3 กรอบแนวคิดเป็นหลักร่วมกัน กรอบแนวคิดแรกใช้แนวคิดด้าน**ภูมิปัญญาพื้นบ้าน กรอบแนวคิดที่สองนำแนวคิดการพัฒนารูปแบบ และกรอบแนวคิดที่สามต้องการให้ชุมชนมีส่วนในกระบวนการงานวิจัยกับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ โดยมีการดำเนินการ ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การดำเนินงาน**การวิจัย**การพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษา สำรวจข้อมูล สัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลหลักฐาน ภาพถ่าย รวมถึงการสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน สำรวจใบตองของแต่ละพันธ์ จากท้องถิ่น นำมาพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบงานให้เกิดคุณค่าและประโยชน์สูงสุด

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแนวคิด จาก 3 แนวคิดหลัก มีดังนี้ แนวคิดที่ 1) ภูมิปัญญาพื้นบ้าน, แนวคิดที่ 2) พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์, แนวคิดที่ 3) เรื่องการมีส่วนร่วมของชุมชนและนักศึกษาในท้องถิ่น

ขั้นตอนที่ 3 ทำการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ในชุมชน โดยนักศึกษาและชุมชนมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผลการพัฒนารูปแบบ ผ่านกระบวนการออกแบบ และผลิตต้นแบบขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยนักศึกษาและชุมชนมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

การวิจัยการพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลจากปราชญ์ชาวบ้านต่างๆ และนักวิชาการที่มีอยู่ในท้องถิ่นจังหวัดนครสวรรค์ และจากการศึกษาค้นคว้าพบว่าผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งดั้งเดิมมีน้ำหนักค่อนข้างมาก กลุ่มผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลภูมิปัญญาพื้นบ้านเหล่านั้นมาประยุกต์ เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงน้ำหนัก เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ เครื่องบันทึกภาพนิ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง จะมีใบตองแห้งเป็นส่วนที่นำมาใช้สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และมีวัสดุอื่นๆเป็นส่วนประกอบและตกแต่ง เพื่อเพิ่มมูลค่า และความงามให้กับผลิตภัณฑ์

กลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตั้งอยู่ที่ 13/3 หมู่ที่ 2 ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ หัวหน้ากลุ่ม คือ นางอุบล พิลึก มีสมาชิกกลุ่มทั้งสิ้นจำนวน 25 คนปัจจุบันโดยเริ่มแรก นางอุบล พิลึก ได้ไปฝึกวิธีการทำจาก นางแตงอ่อน แก่นภักดี ผู้เป็นครู ที่อยู่บ้านหนองแคน ตำบลดอนจาน อำเภอกาฬสินธุ์ ได้สืบทอดกันมาจากบรรพบุรุษ โดยฝึกเรียนรู้วิธีที่เรียกว่า ฟั่นหรือควั่น เป็นการเอาใบตองฉีกให้เป็นเส้น แล้วใช้มือฟั่นลงบนหน้าขาให้เกิดเป็นเส้นเล็กๆ สมัยก่อนชาวบ้านจะฟั่นเส้นใยปอแก้วให้เป็นเชือก เพื่อนำไปใช้ปะโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ผูกมัดสิ่งของผูกระหว่างควายกับคันไถ ที่เรียกว่า คร่าว ครอบครัวในชนบทจึงมีประสบการณ์ด้านการฟั่นเชือก วิธีการนี้จึงนำมาทดลองกับใบตองกล้วยฉีกให้เป็นเส้นเล็กๆ ใช้มือฟั่นลงบนบริเวณหน้าขา จากนั้นนำมาถักเปียและเย็บขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง มีลักษณะโดดเด่น คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาจากวัสดุธรรมชาติที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แล้ว นำมาฟั่นหรือควั่น ถักเปียและเย็บต่อกันขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีความคงทน ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งจังหวัดนครสวรรค์นั้น สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทผลิตภัณฑ์ของใช้ ประดับและตกแต่งร่างกาย
2. ผลิตภัณฑ์ของใช้สอยทั่วไป ประดับและตกแต่ง
3. ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก

การพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบที่นำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น หมวก กระเป๋า ปิ่นปักผม และของที่ระลึก จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญของผู้ผลิตในการเลือกใบตองแห้งที่เหมาะสมมาใช้ โดยเฉพาะใบที่เป็นกล้วยชนิดเปลือกบางเพราะใบมีผิวที่มัน ใบตองบางไม่หนาจนเกินไป มีความเหนียว จึงเป็นพันธ์กล้วยที่มีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง พันธุ์กล้วยชนิดเปลือกบางมีอยู่ในพื้นที่หรือชุมชนใกล้เคียง เช่น กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง กล้วยน้ำว้าดง กล้วยน้ำว้าหอมนวล กล้วยหักมุกและกล้วยหอม (อุบล พิลึก. 2559.)

ภาพที่ 3 การคัดเลือกใบตองแห้ง

จากภาพที่ 3 การเลือกลักษณะใบตองแห้งที่นำมาทำผลิตภัณฑ์ต้องเป็นใบตองแห้งที่คาต้นใบ มีลักษณะใหญ่ ไม่ขาด มีความยาว เรียบ ไม่เป็นเชื้อรา กล้วยน้ำว้าหอมนวลและกล้วยน้ำว้าขาวนวล มีความเหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง กล้วยตานี จะมีลักษณะของใบตองแห้ง ที่หนา เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์จะทำให้มีน้ำหนักมาก จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ส่วนกล้วยน้ำว้าดงจะมีความยาวของใบตองมาก มีความเหนียวน้อย มีสีน้ำตาลเข้ม ใบตองที่แห้ง ติดลำต้นระยะเวลาหลายวัน ไม่ควรนำมาใช้เพราะเวลานำมาใช้ในการทำเกลียว จะทำให้ใบตองขาดง่าย ส่วนกล้วยหักมุก ใบตองแห้งจะมีสีเข้มกว่าใบตองแห้งพันธุ์อื่น ใบตองแห้งที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นกลุ่มผู้ผลิตจะเลือกใบตองแห้งที่มีอยู่ในชุมชนหรือในหมู่บ้านใกล้เคียง โดยจะทำการเก็บใบตองแห้งในช่วงเช้า แล้วนำมาพึ่งแดดที่ไม่แรงจนเกินไป จากนั้นนำมาทำความสะอาดและเก็บไว้ในกระสอบ ใช้เชือกมัดปากถุงแล้วเก็บไว้ในที่ร่ม โดยช่วงระยะเวลาที่ควรเก็บใบตองแห้งมาไว้ใช้งานมากที่สุด คือ ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี เพราะอากาศไม่หนาว ไม่มีน้ำค้างเกาะ ใบตองจะไม่เกิดเชื้อรา มีผิวใบตองที่แห้งสวย การเก็บมาไว้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ซึ่งเมื่อจะนำมาใช้งานก็นำมาเช็ดด้วยผ้าแห้งแล้วนำมาแช่น้ำเพื่อนำมาใช้ในการควั่นเกลียวใบตองให้เป็นเส้น โดยเส้นเกลียวใบตองแห้งจะมีความยาวตั้งแต่ 15–22 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของใบตองแต่ละชนิด

ภาพที่ 4 ลักษณะใบตองแห้งที่ควั่นเกลียว

จากภาพที่ 4 การควั่นเกลียวใบตองแห้ง เป็นการนำใบตองแห้งมาฉีกให้เป็นเส้นที่มีขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร 2 เส้นส่วนความยาวขึ้นอยู่กับใบตองแห้งแต่ละใบ จากนั้นนำมามัดปมตรงปลายแล้วทำให้เป็นเกลียวโดยใช้มือควั่นลงบนหน้าแข้งทำให้เป็นเกลียวหรือการใช้เครื่องควั่นเกลียวในการหมุนใบตองแห้งให้เป็นเกลียว จากนั้นจึงนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวนำไปถักเปียและใช้มือเย็บทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งต่อไป สมัยก่อนชาวบ้านจะควั่นเส้นใยปอแก้วให้เป็นเชือกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ผูกมัดสิ่งของ ผูกระหว่างควายกับคันไถที่เรียกว่า คร่าว ครอบครัวในชนบทจึงมีประสบการณ์ควั่นเชือก วิธีการนี้จึงนำมาทดลองกับใบตองกล้วยฉีกให้เป็นเส้นเล็กๆ นำไปแช่น้ำ เพื่อให้ส้นใบตองมีความอ่อนตัวลง แล้วใช้มือควั่นลงหน้าขาเพื่อทำให้เกิดเป็นเส้นเชือก จากนั้นนำมาถักเปียเย็บขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้การทำควั่นเกลียวใบตองแห้งมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่

1. การควั่นเกลียวโดยการใช้หน้าขาของผู้ผลิต ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 การควั่นเกลียวโดยการใช้หน้าขาของผู้ผลิต

2. การควั่นเกลียวโดยการใช้เครื่องควั่นเกลียวแบบมือหมุนของผู้ผลิต ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 เครื่องควั่นเกลียวแบบมือหมุน

จากการควั่นเกลียว จะนำไปใช้ในการถักเปียหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งต่อไป ดังภาพที่ 7 ซึ่งเกลียวที่ได้นี้ผู้ผลิต 1 คน สามารถจำผลิตได้ 1 กิโลกรัมจะใช้เวลาในการควั่นเกลียวประมาณ 5-6 วัน โดยจะจำหน่ายกิโลกรัมละ 400 บาท ผู้ผลิตจะนิยมในการนั่งกับพื้นราบในการควั่นเกลียวด้วยหน้าขา มากว่าการนั่งโต๊ะ หากมีความชำนาญจะสามารถทำได้ 2-3 เส้นต่อนาที เกลียวที่ได้จะมีความแน่น เกลียวสม่ำเสมอ และยังมีการสร้างนวัตกรรมเครื่องทอลายใบตองแห้งที่จำลองลักษณะมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอเป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ภาพที่ 7 การถักเปียจากเส้นใบตองควั่น

ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคนั้น เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นขั้นตอน ขั้นตอนการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง แบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ผู้วิจัยกำหนดในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ประเภทชุดเครื่องประดับร่างกาย ชุดตกแต่งบ้าน ชุดผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร และชุดของใช้ที่เพิ่มมูลค่าให้กับชุมชน

การคัดเลือกแบบร่างผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์หัตถกรรม

แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)

รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2

รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 8 ชุดที่ 1 เครื่องประดับร่างกาย ประกอบด้วยต่างหู สร้อยคอ และ สร้อยข้อมือ

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 1 รูปแบบที่ 1 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดเครื่องประดับ ประกอบด้วยต่างหู สร้อยคอ และ สร้อยข้อมือ

แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)

รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2 รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 9 ชุดที่ 2 เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ประกอบด้วย แจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 2 รูปแบบที่ 2 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดเครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ประกอบด้วย แจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ ต่อไป

แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)

ภาพที่ 10 ชุดที่ 3 ของใช้ ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบชุด

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 3 รูปแบบที่ 2 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดของใช้ ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบชุด

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า ในพื้นที่กลุ่ม ลักษณะใบตองแห้งของกล้วยน้ำว้าเปลือกบาง ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้าง ของใบ ขนาดริ้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.40-0.50 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบ กับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m27 y62 k30 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบบาง ผิวด้าน

กล้วยน้ำว้าเปลือกหนา ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดริ้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.40-0.70 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m31 y71 k35 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ หนา ผิวด้าน

กล้วยไข่ ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดริ้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.50-0.90 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c36 m44 y56 k16 ความกว้างของใบ 25-30 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ บาง ผิวมัน

กล้วยหอม ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดริ้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.80-1.00 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m22 y51 k31 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ บาง ผิวด้าน

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้มีการนำเครื่องทอลายขนาดเล็กซึ่งเป็นนวัตกรรมที่สามารถนำมาใช้ทอใบตองแห้ง ที่พัฒนารูปแบบมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอ

เป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และนำรูปแบที่ ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง สรุปต้นแบบผลิตภัณฑ์ดังนี้

ชุดที่ 1 ชุดผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การควั่นเกลียว แล้วนำมาทอเป็นผืนแล้วตัดทำเป็นต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือ นำเสนอรูปแบบสไตล์โมเดิร์น ใช้รูปทรงสามเหลี่ยมของวัสดุเงิน ตัดกับสีธรรมชาติของใบตองแห้ง เป็นการนำวัสดุสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในงานหัตถกรรมที่สื่อถึงความเป็นไทยได้อย่างลงตัว

ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ

ชุดที่ 2 ชุดผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ ซึ่งฉลุลายไม้เป็นลักษณะลายไทยประยุกต์ หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย โคมไฟ แจกัน และที่ใส่ของบนโต๊ะสำนักงาน แนวความคิดในการออกแบบเน้นรูปทรงสีเหลี่ยม เรียบง่าย ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน

ชุดที่ 3 กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบ คือ กระเป๋าขนาดใหญ่สำหรับสะพาย ขนาดกลางสำหรับถือ และขนาดเล็กสำหรับใส่เหรียญ แนวความคิดในการออกแบบ เป็นงานตัดเย็บกระเป๋าใบตองสีธรรมชาติจากการทอผสมผสานกับงานเครื่องหนังสีเข้ม ทำให้ดูชิ้นงานทันสมัย เหมาะสำหรับกลุ่มวัยรุ่น

ภาพที่ 13 กระเป๋า 3 ใบชุด

ชุดที่ 4 ชุดผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย คือ กล่องทิชชู่ ที่รองจาน และที่เก็บช้อน แนวความคิดในการออกแบบ เป็นงานสไตล์วินเทจ ใช้การตัดเย็บใบตองสีธรรมชาติจากการทอผสมผสานกับงานผ้าลวดลายต่างๆ ทำให้ดูชิ้นงานดูน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร

หลังจากการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ

ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม ด้านการย้อมสีจากธรรมชาติ ด้านการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งและด้านการตลาด จนได้แบบร่างผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ชุดผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาสร้างเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง หลังจากนั้นจึงนำไปทำการประเมินผลการยอมรับจากผู้บริโภคที่มี ต่อผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง จำนวน 100 คน ซึ่งแสดงผลสรุปการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง

สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทดลองนำใบตองแห้ง นอกจากนี้มีการสร้างนวัตกรรมเครื่องทอลายใบตองแห้งที่ประยุกต์รูปแบบเครื่องมอมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอเป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ชุดที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การควั่นเกลียว แล้วนำมาทอเป็นผืนแล้วตัดทำเป็นต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือ ชุดที่ 2 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ที่ฉลุด้วยลายไทยประยุกต์ หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย โคมไฟแจกัน และที่ใส่ของบนโต๊ะสำนักงาน ชุดที่ 3 กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบ คือ กระเป๋าขนาดใหญ่สำหรับสะพาย ขนาดกลางสำหรับถือ และขนาดเล็กสำหรับใส่เหรียญ และชุดที่ 4 ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย คือ กล่องทิชชู่ ที่รองแก้ว ที่รองจาน และที่เก็บช้อน

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้กับกลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ เรื่อง การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักวิจัย วิทยากร กลุ่มผู้ผลิต นักศึกษา และประชาชนทั่วไปที่สนใจในกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากใบตองแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับ สมศักดิ์ วชิระพันธุ (2536. หน้า 74 -78) ที่ได้ศึกษาวิจัยการถายทอดความรูหัตถกรรมองถิ่น โดยการถายทอดเนื้อหาและทักษะเฉพาะคน ใช้วิธีการหลากหลายที่ถ่ายทอด ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้กระบวนการถ่ายทอด คือ สภาวะแวดล้อมสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม ที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเอง จากประเด็นดังกล่าว การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้หลังจากการศึกษาวิจัย นับเป็นภารกิจสำคัญยิ่งที่ผู้วิจัยจะได้มีโอกาสได้เผยแพร่ความรู้ที่ได้จากกระบวนการวิจัยแล้ว ยังได้มีโอกาสบูรณาการการเรียนการสอนกับงานวิจัยอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ความคิดเห็นส่วนใหญ่ของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง พึงพอใจในต้นแบบผลิตภัณฑ์ และให้ความสนใจในการนำใบตองแห้ง สีธรรมชาติไปผสมผสานกับวัสดุอื่น เช่น หนัง ผ้า และไม้ รวมทั้งให้ความสำคัญกับความทนทาน ของผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ขึ้น

2. ในขั้นตอนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน อาจมีการนำเอกลักษณ์ของท้องถิ่นมาใช้ในการสร้างสรรค์ เพื่อให้เกิดความเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น

3. ในขั้นต่อไปอาจมีการนำส่วนอื่นๆของกล้วย ทำเป็นเส้นใยแล้วนำไปถักทอเป็นสิ่งทอ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้งโดยการพัฒนาเครื่องควั่นเกลียวและการย้อมสี สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีซึ่งได้รับ และขอขอบคุณอุบล พิลึก และกลุ่มผู้ผลิตภัณฑ์ใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นผู้นำชุมชนชุมชนและนักเรียนนักศึกษาเพื่อให้ความร่วมมือกับการทดลองนี้ และขอขอบคุณอาจารย์วัฒนาพร วัฒนชัยธรรม ผู้จัดการ หน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาผู้ประกอบการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์และการตลาด อาจารย์นันทภัค ธนาอภินนท์ อาจารย์สาขาวิชาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด

สุดท้ายกลุ่มผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2545). *กล้วย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รพีพัฒน์ มั่นพรม. (2559). *การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก.* นครสวรรค์ : สาขาวิชาการออกแบบ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สมศักดิ์ วชิรพันธุ์. (2536). *การถ่ายทอดความรู้หัตถกรรมท้องถิ่น กรณีการทำกระดาษสา บ้านท่าล้อ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง.* เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุบล พิลึก. (2559). *การเลือกใบตองแห้ง.* สัมภาษณ์ 8 ธันวาคม 2559. กลุ่มผู้ผลิตภัณฑ์ใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์.

การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย: มุมมองและข้อเสนอแนะเชิงสถาบัน

A study on End-of-life vehicles management in Thailand: An institutional perspective

ธนา ภมรานนท์(Thana Phamaranon)[1*] เกรียงไกร เตชกานนท์(Kriengkrai Techakanont)[2]
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
*Corresponding author. E-mail: Flook.tana@gmail.com

บทคัดย่อ

รถยนต์ที่หมดอายุ หรือ ELV (end-of-life vehicles) มีทั้งส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้และของเสียอันตราย ด้วยความกังวลเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและความจำกัดของทรัพยากรจากอัตราการครอบครองรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศจึงตรากฎหมายโดยตรงเพื่อการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม งานศึกษาชิ้นนี้สำรวจสถานการณ์การจัดการ ELV ที่เป็นรถยนต์ส่วนบุคคลในประเทศไทยโดยใช้กรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ เนื่องจากความจำกัดของข้อมูลจึงใช้วิธีการศึกษาที่ประกอบด้วย การค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง การสำรวจภาคสนามในเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 34 ราย และการสังเกตการณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียผ่านสื่อสังคมออนไลน์ซึ่งเป็นตลาดหรือช่องทางในการซื้อขายแลกเปลี่ยน ELV ผลการศึกษาพบว่า ประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับ ELV โดยตรง การจัดการ ELV ถูกกระทำอย่างอิสระโดยผู้ประกอบการภาคเอกชนที่ใช้แรงงานเป็นหลัก มีวัตถุประสงค์เพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคลที่ถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคม และยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตรากฎหมายเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ ELV เพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากร โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน และการสร้างแรงจูงใจ

คำสำคัญ: รถยนต์ที่หมดอายุ หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต เศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่

Abstract

End-of-life vehicles (ELV) refer to the motor vehicles which have reached the end of their useful life. Many parts can be recyclable. Some parts, however, will be left as the toxic waste which pollutes the environment. As the numbers of vehicle

have increased rapidly in recent years, ELV raises concern among the regulators around the world. Some countries had already imposed law to address the problem. By adopting the framework of New Institutional Economics, this study explores the current situation and regulations in Thailand. The main contribution of this study is not only documents research which employed to study related regulations but also the field work which surveys relevant data form stakeholders. We interviewed thirty-four stakeholders and observed transaction terms of EVL parts on the online markets. The core finding is that Thailand has not imposed any law to address the problem yet. After owner of a vehicle decided that it's time for its retirement, the processes are unregulately driven by the market including separating parts for resale and leaving some as wastes that cause environmentally threads. As theory predicted, the entrepreneurs reap private benefit of ELV but left the negative externalities to the society. Therefore, the study concludes that the ELV market in Thailand is inefficient. We propose the intervention by government by employing the principle of extended producer responsibility. Define certain standard and give stakeholders incentive are also necessary.

Keywords: End-of-life vehicles, Extended Producer Responsibility, New Institutional Economics

บทนำ

รถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ไฮเทค (hi-tech product) ที่มีส่วนประกอบนับหมื่นชิ้น ไม่เพียงแต่มีวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (รีไซเคิล) เช่น เหล็ก ทองแดง ยาง เป็นต้น แต่ยังมีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษอันตราย เช่น น้ำมันหล่อลื่น สารทำความเย็น เป็นต้น (Hu & Wen, 2015) รถยนต์ที่หมดอายุ หรือซากรถ หรือ ELV (end-of-life vehicles) ซึ่งหมายถึง รถยนต์ที่หมดอายุการใช้งานหรือชำรุดหรือเสื่อมสภาพหรือไม่เป็นที่ต้องการอีกต่อไป จึงก่อให้เกิดของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ความกังวลเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและความจำกัดของทรัพยากรอันเนื่องมาจากอัตราการครอบครองรถยนต์ส่วนบุคคลที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศจึงตรากฎหมายโดยตรงเพื่อควบคุมการจัดการ ELV ให้เหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมและคำนึงถึงการอนุรักษ์ทรัพยากร

สำหรับประเทศไทยข้อมูลจากกลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2561) (รูปที่ 1) พบว่า จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่จดทะเบียนสะสมรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 – 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เพราะมีรถยนต์ส่วนบุคคลใหม่ (ป้ายแดง) จดทะเบียนเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่าปีละ 6 แสนคัน ในขณะที่รถยนต์เก่าก็ยังคงสะสมอยู่ จากจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลสะสมในปี พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 15.6 ล้านคัน เป็นรถยนต์ที่อายุมากกว่า 15 ปีถึง 4.15 ล้านคัน นอกจากนี้จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้ตลอดไป (หรือยกเลิกทะเบียน) ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ถึง 2560 มีจำนวนเฉลี่ยเพียงปีละ 1.9 หมื่นคัน และรถที่ถูกระงับทะเบียนเนื่องจากค้างชำระภาษีครบ 3 ปี สะสมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึง 31 มี.ค. พ.ศ. 2561 มีจำนวนทั้งสิ้น 1.89 ล้านคัน ซึ่งรถที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้ตลอดไปและถูกระงับทะเบียนนี้ไม่สามารถทราบได้ว่าถูกจัดการอย่างไรบ้าง

จากสถิติข้อมูลที่ปรากฏจะเห็นได้ว่าปัจจุบันรถยนต์ในประเทศไทยมีอายุการใช้งานสูงในอนาคตอันใกล้จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่รถยนต์จะหมดสภาพกลายเป็นของเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกรอบของกฎหมายที่ยังไม่ได้มีการวางแผนรับมือกับของเสียที่จะเกิดขึ้นจาก ELV และไม่มีรายงานข้อมูลหรืองานศึกษาอย่างเป็นระบบที่อธิบายถึงสถานการณ์การจัดการ ELV ในปัจจุบัน

งานศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสถานการณ์การจัดการ ELV โดยใช้กรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการ ELV ที่เหมาะสมกับประเทศไทย

ในส่วนถัดไปจะได้อธิบายถึงขอบเขตของการศึกษา กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา จากนั้นเป็นการทบทวนการจัดการ ELV ในต่างประเทศเพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการนำมาปรับใช้ในประเทศไทย ถัดมาเป็นส่วนของผลการศึกษาซึ่งประกอบด้วยการสำรวจสถาบันที่เป็นทางการของการจัดการ ELV ในประเทศไทยจากการทบทวนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และสถานการณ์การจัดการ ELV ในประเทศไทยจากการสำรวจภาคสนาม ส่วนสุดท้ายเป็นการอภิปรายผลการศึกษาและนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการ ELV ในประเทศไทย และบทสรุปผลการศึกษา

รูปที่ 1 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลจดทะเบียนสะสม ปี พ.ศ. 2547 – 2560

ที่มา กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2561)

ขอบเขตของการศึกษา กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา

1. ขอบเขตของการศึกษา

งานศึกษานี้สนใจศึกษาสถานการณ์การจัดการรถยนต์ส่วนบุคคลที่หมดอายุ ซึ่งประกอบด้วย รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกินเจ็ดคน (รย.1) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกินเจ็ดคน (รย.2) และ รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รย.3) ตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงรถยนต์ที่หมดอายุ หรือซากรถ หรือ ELV จะหมายถึงเฉพาะรถ 3 ประเภทดังกล่าว

การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ หมายถึง กิจกรรมในการเก็บรวบรวมรถยนต์ที่หมดอายุมาเข้าสู่กระบวนการบำบัดของเสียอันตรายและถอดรื้อแยกส่วน เพื่อการกำจัดของเสีย การนำกลับไปใช้ซ้ำและการรีไซเคิล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการของเสียอย่างปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากร

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทานการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุมีอยู่ด้วยกันหลายฝ่าย เช่น ผู้ครอบครองซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจการขายทอดตลาด (ประมูล) ซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจซ่อมบำรุงรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ ผู้ประกอบการภาคธุรกิจรีไซเคิล ผู้ประกอบการกำจัดขยะ หน่วยงานภาครัฐบาลที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้เกี่ยวข้องหลักในการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ คือ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ หรือที่นิยมเรียกกันว่า “ผู้ประกอบการเชียงกง” ซึ่งทำกิจกรรมการเก็บรวบรวม การบำบัดของเสีย การถอดรื้อแยกส่วนประกอบ และการจำหน่ายหรือการนำส่วนประกอบจากซากรถยนต์ไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย ประชากรหลักในการศึกษานี้จึงได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ หรือผู้รับซื้อซากรถ

2. กรอบแนวคิดเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้แนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การจัดการ ELV ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยทำการศึกษาวิเคราะห์สถาบันที่มีส่วนสำคัญต่อการกำหนดพฤติกรรมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการ ELV โดยสถาบันในที่นี้หมายถึง เงื่อนไขหรือกติกาที่มนุษย์สร้างขึ้น (the rule of the game) ที่กำกับการการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันของมนุษย์หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสังคม ทั้งสถาบันที่เป็นทางการ เช่น ระเบียบ กฎหมาย และไม่เป็นทางการ เช่น พฤติกรรมที่สังคมยอมรับเป็นมาตรฐานโดยทั่วไป หลักปฏิบัติที่บังคับใช้กันเอง รวมถึงลักษณะการบังคับใช้สถาบันเหล่านั้นด้วย (North, 1994) ทั้งนี้เงื่อนไขแรกเพื่อการจัดการทรัพยากรในสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ (economizing) คือ การจัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการ (formal rules of the game) หรือกฎหมายที่ถูกต้อง (get the institutional environment right) เพื่อเป็นกติกากำกับการดำเนินกิจกรรม (play of the game) ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Williamson, 2000)

ในบริบทของการจัดการ ELV สถาบันที่เป็นทางการจึงหมายถึงกฎหมายและระเบียบข้อกำหนดต่าง ๆ โดยเฉพาะเรื่อง ELV ดังนั้นตามกรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่การจัดตั้งกฎหมายโดยตรงและนำไปบังคับใช้อย่างเหมาะสม จะทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้

3. วิธีการศึกษา

ด้วยความจำกัดของข้อมูลและอุปสรรคในการเข้าถึงข้อมูลเนื่องจากธุรกิจเกี่ยวกับซากรถยนต์เป็นธุรกิจที่ละเมิดกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการศึกษาที่ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง การค้นคว้าเอกสาร (documents research) ซึ่งประกอบด้วย รายงานจากหน่วยงานภาครัฐบาล รายงานศึกษาวิจัย บทความและรายงานข่าวออนไลน์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่สอง การสำรวจภาคสนาม (field work) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interviews) กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ โดยประชากรหลักในการศึกษานี้ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์หรือผู้รับซื้อซากรถ จากข้อมูลที่ประมวลผลโดยสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) พบว่า จำนวนผู้ประกอบการการขายส่งและขายปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์1 ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,621 ราย อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีทั้งผู้ประกอบการที่

[1] การจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 ระบุว่า กิจกรรมการขายส่งและปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์ ได้แก่ การขายส่งและปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์ เช่น แบตเตอรี่ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ และการดำเนินงานของร้านเชียงกงที่ขายชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมสำหรับรถยนต์

นำเข้าชิ้นส่วนและอะไหล่มือสองจากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เพื่อนำมาขายต่อ และผู้ประกอบการที่รับซื้อซากรถยนต์จากภายในประเทศเพื่อถอดรื้อชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมแล้วนำมาขายต่อ และเนื่องจากข้อมูลจาก สสว. เป็นจำนวนรวมของผู้ประกอบการทั้งหมดไม่ได้แบ่งแยกประเภทดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีผู้ประกอบการอีกจำนวนหนึ่งที่ประกอบธุรกิจอย่างไม่เป็นทางการ (ไม่ได้ขออนุญาตประกอบกิจการจากหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง) ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่ามีจำนวนเท่าใด จากความจำกัดของข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้ไม่สามารถทราบจำนวนของประชากรที่แท้จริงได้ ดังนั้นจึงใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non-probability sampling) โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จากจำนวนตัวอย่างที่เลือกมาทั้งหมด 40 ราย (โดยการสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต) มีตัวอย่างหรือผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ที่ตอบรับให้ข้อมูลทั้งสิ้นจำนวน 17 ราย โดยเป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์และเก็บข้อมูลถึงสถานที่ประกอบการ (site visit) จำนวน 4 ราย และจำนวนที่เหลืออีก 13 รายเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบตัวต่อตัว นอกจากนี้เพื่อตรวจสอบความแน่นอนและความสอดคล้องกันของข้อมูล นอกเหนือจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้รับซื้อซากรถยังได้เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ และผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐบาล อีก 17 ราย ดังนี้ ผู้ประกอบการภาคการรีไซเคิล 6 ราย (ได้แก่ ร้านรับซื้อของเก่า 4 รายและโรงงานรีไซเคิล 2 ราย) ผู้ประกอบการอู่ซ่อมรถยนต์ 4 ราย ผู้ประกอบการจำหน่ายรถยนต์ใช้แล้ว 2 ราย ตัวแทนผู้ประกอบการประมูลซากรถยนต์ 1 ราย และเจ้าหน้าที่ภาครัฐ 4 ราย (ได้แก่ เจ้าหน้าที่ระดับหัวหน้างานส่วนตรวจสภาพรถ กรมการขนส่งทางบก 1 ราย เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกรมขนส่งทางบก 1 ราย เจ้าหน้าที่กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม 1 ราย เจ้าหน้าที่ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 1 ราย)และส่วนสุดท้าย การสังเกตการณ์ (observation) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่เป็นตลาดหรือช่องทางหนึ่งในการซื้อขายแลกเปลี่ยนซากรถยนต์และชิ้นส่วนจากซากรถยนต์ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดยการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation)

ประสบการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในต่างประเทศ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงประสบการณ์การจัดการ ELV ในสหภาพยุโรปซึ่งเป็นแห่งแรกที่เริ่มจัดตั้งกฎหมายว่าด้วยการจัดการ ELV และประเทศญี่ปุ่นซึ่งสามารถจัดการ ELV ได้ถึงร้อยละ 99 ของน้ำหนัก ทั้งสองประเทศสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้ด้วยการจัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการที่ถูกต้องและนำไปบังคับใช้อย่างเหมาะสม

1. สหภาพยุโรป

ปี พ.ศ. 2543 สหภาพยุโรปได้ออกระเบียบ ELV (Directive 2000/53/EC) (European Parliament and Council of the European Union, 2000) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณขยะและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจาก ELV (Smink, 2007; Schneider et al., 2010; Sakai et al., 2014)

ระเบียบ ELV ตั้งอยู่บนหลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต (extended producer responsibility)2 ผู้ผลิตรถยนต์ต้องจัดตั้งระบบเครือข่าย จัดทำข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นสำหรับการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม และรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวม ELV จากผู้ซื้อโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และต้องให้แน่ใจว่าผู้ถือครองหรือเจ้าของรถคนสุดท้ายจะส่งมอบ ELV ให้กับผู้บำบัดที่ได้รับอนุญาต โดยใช้ใบรับรองการทำลายซึ่งจะออกให้โดยผู้บำบัดที่ได้รับอนุญาตเป็นเอกสารหลักฐานประกอบสำหรับการยกเลิกทะเบียนรถยนต์ที่หมดอายุนั้น (Kanari et al., 2003; Smink, 2007; Schneider et al., 2010)

การผลิตรถยนต์รุ่นใหม่ต้องออกแบบให้ง่ายต่อการนำทรัพยากรกลับมาใช้ ต้องใช้รหัสมาตรฐานจำแนกส่วนประกอบเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการถอดรื้อและรีไซเคิล ต้องลดและยกเลิกการใช้ส่วนประกอบที่เป็นวัตถุอันตราย โดยระเบียบ ELV กำหนดเป้าหมายให้มีสัดส่วนการใช้ซ้ำ/การนำทรัพยากรกลับคืนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 โดยน้ำหนัก และการใช้ซ้ำ/การรีไซเคิลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 และเพิ่มเป็นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 และร้อยละ 85 ตามลำดับ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 (Schneider et al., 2010)

โดยในปี พ.ศ. 2558 ข้อมูลจาก Eurostat (2018) รายงานว่า ของเสียที่เกิดขึ้นจาก ELV ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมจำนวน 6.2 ล้านตัน มีอัตราการใช้ซ้ำ/การนำทรัพยากรกลับคืน ร้อยละ 93.4 และอัตราการใช้ซ้ำ/การรีไซเคิล ร้อยละ 87.1 ซึ่งใกล้เคียงกับเป้าหมายที่กำหนดไว้

2. ประเทศญี่ปุ่น

ในช่วงเวลาก่อนหน้าที่จะมีการประกาศใช้กฎหมายการรีไซเคิล ELV การจัดการ ELV ดำเนินไปโดยกลไกการตลาดซึ่งปราศจากการควบคุม เนื่องจากความจำกัดของพื้นที่ในการฝังกลบขยะประกอบกับความผันผวนของราคาเศษเหล็ก ทำให้บ่อยครั้งที่ ELV ไม่สามารถทำการค้าขายได้ นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการนำไปทิ้งอย่างผิดกฎหมายและการบำบัดอย่างไม่เหมาะสม เพื่อป้องกันปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและป้องกันความปลอดภัยในการจัดการ ELV ประเทศญี่ปุ่นจึงได้ออกกฎหมาย

---

[2] หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต (extended producer responsibility) เป็นหลักการทางนโยบายที่ขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตไปยังช่วงต่างๆ ของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม ในขั้นต้นการขยายความรับผิดชอบนี้มุ่งไปที่การรับคืน การรีไซเคิล และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (Lindhqvist, 2000)

การรีไซเคิล ELV (ELV Recycling Act) เมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยภายใต้กฎหมายนี้ได้เพิ่มความรับผิดชอบของผู้ผลิตรถยนต์และมาตรฐานการจัดการของภาครัฐบาลในการจัดการ ELV (Hiratsuka et al., 2014)

โดยกำหนดให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้ารถยนต์รับผิดชอบในการจัดการ Fluorocarbons (สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศรถยนต์) Gas Generators (ถุงลมนิรภัย) และ ASR3 จาก ELV อย่างเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ผู้ผลิตรถยนต์ต้องปรับปรุงการออกแบบรถยนต์ใหม่ให้ง่ายต่อการนำทรัพยากรกลับมาใช้ ลดการใช้วัตถุอันตราย และต้องจัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการถอดรื้อแยกส่วนให้กับผู้ประกอบการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV (Sakai et al., 2007; Hiratsuka et al., 2014)

ผู้ซื้อรถยนต์ใหม่จะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการรีไซเคิลตามที่ผู้ผลิตหรือนำเข้ารถยนต์กำหนดไว้ให้กับ JARC (Japan Automobile Recycling Promotion Center) ซึ่งเป็นองค์กรที่แต่งตั้งขึ้นโดยภาครัฐบาล เพื่อทำหน้าที่จัดการกองทุนการรีไซเคิลและเป็นศูนย์กลางข้อมูลข่าวสาร เมื่อรถยนต์กลายเป็น ELV ผู้ครอบครองจะต้องส่งมอบให้กับผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตโดยจะได้รับเงินภาษีคืนตามที่กำหนดไว้ ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดในการจัดการ ELV จะต้องรายงานข้อมูลให้กับ JARC ผ่านระบบใบกำกับการขนส่งทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ได้ (Hiratsuka et al., 2014; Despeisse et al., 2015)

โดยในปี พ.ศ. 2554 ประมาณร้อยละ 99 ของ ELV โดยน้ำหนักถูกนำกลับมาใช้ซ้ำ รีไซเคิลและนำทรัพยากรกลับคืน โดยส่วนประกอบและวัสดุเกือบทั้งหมดของ ELV (ที่ไม่ใช่ ASR) ถูกนำกลับมาใช้ซ้ำร้อยละ 20 ถึง 30 (เช่น เครื่องยนต์ ชิ้นส่วนตัวถัง) และรีไซเคิลร้อยละ 55 ถึง 60 (เช่น เหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก) ส่วน ASR อีกร้อยละ 17 ถูกจัดการด้วยการรีไซเคิล การนำทรัพยากรกลับคืนในรูปของพลังงานและการเผาทำลาย คงเหลือ ASR เพียงร้อยละ 1 (น้ำหนัก 12 กิโลกรัมต่อรถหนึ่งคัน) ที่ถูกนำไปฝังกลบโดยตรง (Hiratsuka et al., 2014)

3. สรุปประสบการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในต่างประเทศ

จะเห็นได้ว่าเพื่อการแก้ปัญหาความสูญเปล่าของทรัพยากรและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจาก ELV สหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นจึงได้จัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการ ซึ่งในที่นี้ก็คือมาตรการทางกฎหมายเฉพาะเรื่อง ELV บนหลักการผู้ผลิตเป็นผู้รับผิดชอบ ร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน ข้อบังคับ เป้าหมาย และการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม

---

[3] ASR (Automobile Shredder Residue) หรือ เศษซากรถยนต์ที่เหลือจากการบดตัดและคัดแยกแล้ว หมายถึง เศษซากที่ยังคงเหลืออยู่ หลังจาก ELV ซึ่งถอดรื้อส่วนประกอบแล้วได้รับการบดตัดและคัดแยกโลหะและวัสดุที่มีประโยชน์อื่น ๆ ออกไปแล้ว โดย ASR มีน้ำหนักประมาณ 185 กิโลกรัมต่อ ELV หนึ่งคัน

ทำให้การจัดการ ELV สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เรื่องความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากร

ผลการศึกษา

1. สถาบันที่เป็นทางการของการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายว่าด้วยการจัดการ ELV โดยตรง และมาตรการเท่าที่มีอยู่ในกฎหมายอื่นไม่เพียงพอจะนำมาบังคับใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้ (วราพรรณ สีโกเมน, 2559; Aroonsrimorakot & Akaraj, 2010) เพื่อทำความเข้าใจสภาพของสถาบันที่เป็นทางการ หรือกฎหมายที่มีอยู่ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกำหนดพฤติกรรมการจัดการ ELV ในส่วนนี้จะอภิปรายถึงกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ และกฎหมายเกี่ยวกับการค้าและการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับ ELV

1.1 กฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์

กฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์คือ พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 (พ.ร.บ. รถยนต์) มีสาระสำคัญในการควบคุมการใช้งานรถยนต์ แต่ไม่ได้มีข้อกำหนดว่าจะต้องทำอย่างไรต่อไปกับ ELV หรือรถที่สิ้นอายุการใช้งาน (หลังจากที่ได้แจ้งไม่ใช้รถตลอดไป หรือถูกระงับทะเบียนเนื่องจากไม่มาดำเนินการชำระภาษีติดต่อกันครบ 3 ปี) จะเห็นได้ว่ากฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ไม่ได้กล่าวถึงการจัดการ ELV และมีลักษณะการให้แรงจูงใจในการยืดอายุการใช้งานรถ (ภาษีประจำปีที่จัดเก็บกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน มีอัตราลดน้อยถอยลงเมื่อมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป และหลักเกณฑ์การตรวจสภาพรถซึ่งเป็นเงื่อนไขจำเป็นในการต่อทะเบียนไม่ได้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับอายุการใช้งานของรถ) ทำให้ปัจจุบันจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลสะสมมีสัดส่วนรถที่มีอายุการใช้งานสูงจำนวนมาก (มากกว่า 1 ใน 4 เป็นรถที่มีอายุมากกว่า 15 ปี) ซึ่งในอนาคตจะกลายเป็น ELV ที่จำเป็นจะต้องได้รับการจัดการจำนวนมาก นอกจากนี้เนื่องจากกฎหมายไม่ได้มีข้อกำหนดว่าจะต้องทำอย่างไรต่อไปกับ ELV และไม่ได้มีการติดตามเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้ไม่อาจทราบได้ว่าทั้งรถที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้ตลอดไปและรถที่ถูกระงับทะเบียน (กรณีที่ไม่ได้นำมาจดทะเบียนใหม่) ซึ่งอาจจะเป็นรถยนต์ที่หมดอายุ ถูกนำไปจัดการต่ออย่างไรบ้าง

1.2 กฎหมายเกี่ยวกับการค้าและการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ที่หมดอายุ

เนื่องจากกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ไม่ได้ระบุไว้ว่าจะต้องทำอย่างไรต่อไปกับ ELV และด้วยลักษณะการมีส่วนประกอบและทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ ELV จึงยังคงเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่าอยู่ ดังนั้นตลาดหรือกิจกรรมการซื้อขายแลกเปลี่ยน ELV จึงอยู่ภายใต้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการค้าและกฎหมายเกี่ยวกับการประกอบกิจการ

1.2.1 กฎหมายเกี่ยวกับการค้า

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการค้า ELV และส่วนประกอบของ ELV คือ พระราชบัญญัติควบคุมการขายทอดตลาดและค้าของเก่า พ.ศ. 2474 (พ.ร.บ. ค้าของเก่า) ซึ่งให้คำนิยาม “ของเก่า” ว่าหมายความถึงทรัพย์ที่เสนอขาย แลกเปลี่ยน หรือจำหน่ายโดยประการอื่น อย่างทรัพย์ที่ใช้แล้ว โดยของเก่าที่ได้รับอนุญาตให้ทำการค้าที่เกี่ยวข้องกับ ELV ได้แก่ ของเก่าประเภทรถยนต์ ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ และ ประเภทอื่น ๆ เช่น เศษเหล็ก ชิ้นส่วนอะไหล่ยนต์ ยางรถยนต์ กระทะล้อรถยนต์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสาระสำคัญของ พ.ร.บ. ค้าของเก่า เป็นไปเพื่อควบคุมกิจการค้าของเก่าไม่ให้กระทำความผิดทางอาญาเป็นหลัก ไม่ได้มีข้อกำหนดที่เกี่ยวของกับการควบคุมกิจการด้านสิ่งแวดล้อม (วราพรรณ สีโกเมน, 2559) หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรแต่อย่างใด ดังนั้นไม่ว่าผู้ประกอบธุรกิจการค้า ELV จะได้รับใบอนุญาตให้ประกอบอาชีพค้าของเก่าอย่างถูกต้องตามกฎหมาย หรือไม่ได้ทำการขอใบอนุญาตก็ตาม เนื่องจากกฎหมายไม่ได้มีบทบัญญัติที่ว่าด้วยการจัดการ ELV อย่างไรให้เหมาะสม พ.ร.บ. ค้าของเก่า จึงไม่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV

1.2.2 กฎหมายเกี่ยวกับการประกอบกิจการ

ประกอบไปด้วย พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 (พ.ร.บ. สาธารณสุข) และพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 (พ.ร.บ. โรงงาน)

พ.ร.บ. สาธารณสุข ได้กำหนดให้ผู้ประสงค์จะประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพต้องขอใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น อย่างไรก็ตามประเภทของกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพไม่ได้กล่าวถึงกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV โดยตรง และถึงแม้ว่าการจัดการ ELV อาจจะเข้าข่ายเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถซึ่งเป็นผู้ประกอบกิจการที่ทำหน้าที่หลักในการจัดการ ELV พบว่า ไม่ได้มีการขออนุญาตแต่อย่างใด ดังนั้นถึงแม้จะมีกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องอยู่แต่ในสภาพการณ์จริงกลับไม่พบการนำมาบังคับใช้ ประกอบกับความไม่ครบถ้วนของรายละเอียดทางเทคนิคที่จะใช้ในการควบคุม พ.ร.บ. สาธารณสุข จึงยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการนำไปใช้ให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV

พ.ร.บ. โรงงาน มีจุดประสงค์เพื่อควบคุม กำกับ ดูแล การประกอบกิจการโรงงานให้เกิดความปลอดภัยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โรงงาน หมายถึง อาคาร สถานที่ หรือยานพาหนะ ที่ใช้เครื่องจักรมีกำลังรวมตั้งแต่ห้าแรงม้าหรือกำลังเทียบเท่าตั้งแต่ห้าแรงม้าขึ้นไป หรือใช้คนงานตั้งแต่เจ็ดคนขึ้นไปโดยใช้เครื่องจักรหรือไม่ก็ตาม สำหรับทำ ผลิต ประกอบ บรรจุ ซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุง แปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งใด ๆ ทั้งนี้ตามประเภทหรือชนิดของโรงงานที่กำหนดในกฎกระทรวง ซึ่งในปัจจุบันมีจำนวน 107 ประเภทกิจการ การประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV เข้าข่ายเป็นโรงงานตามคำนิยามของ พ.ร.บ. โรงงาน แต่ในประเภท

หรือชนิดของโรงงานทั้ง 107 ประเภทกิจการ ไม่มีประเภทหรือชนิดของโรงงานใดที่กำหนดอย่างเฉพาะเจาะจงถึงการจัดการ ELV โดยตรง และเนื่องจาก ELV เกือบทั้งหมดถูกเก็บรวบรวมมาจากภาคครัวเรือน หรือภาคธุรกิจที่ไม่ใช่โรงงานอุตสาหกรรม (เช่น ธุรกิจรับประกันภัยรถยนต์) ผู้ประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ซึ่งเป็นกิจการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ทรัพยากรจาก ELV จึงไม่ได้อยู่ภายใต้กฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ ของ พ.ร.บ. โรงงาน และจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ไม่ได้มีการขออนุญาตประกอบกิจการโรงงาน และถึงแม้ว่าอาจจะมีโรงงานบางแห่งมีส่วนร่วมในการจัดการ ELV (ได้แก่ เป็นโรงงานประเภทที่ 101 105 และ 1064) แต่จะมีส่วนร่วมในลักษณะที่เป็นกิจการปลายน้ำในการรีไซเคิล หรือจัดการขยะจาก ELV จึงไม่ได้มีส่วนร่วมกับกิจกรรมก่อนหน้าที่ส่วนประกอบหรือขยะจาก ELV จะถูกส่งต่อมาถึงโรงงานแต่อย่างใด

โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่าสภาพของสถาบันที่เป็นทางการหรือกฎหมายที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่ได้มีมาตรการหรือข้อกำหนดในการควบคุมการจัดการ ELV ทำให้พฤติกรรมการจัดการซากรถในประเทศไทยมีลักษณะที่ตอบสนองต่อผลประโยชน์ส่วนบุคคลเป็นหลัก (private value) โดยไม่ได้คำนึงถึงผลเสียหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคม (social cost) ดังนั้นเพื่อการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ในการจัดการ ELV ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องจัดตั้งกฎหมายเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ ELV ขึ้นและวางกลไกการนำไปบังคับใช้ให้เกิดผล รายละเอียดจะได้กล่าวถึงต่อไปในส่วนของข้อเสนอแนะ

2. สถานการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

เนื่องจากสถาพสถาบันที่เป็นทางการไม่ได้มีมาตรการหรือข้อกำหนดในการควบคุมพฤติกรรมอันจะส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม การจัดการ ELV ในประเทศไทยจึงเป็นไปเพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคล ซึ่งขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด โดยไม่สามารถควบคุมผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคมได้ และยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 2 แสดงภาพสถานการณ์การจัดการ ELV ในประเทศไทย โดยกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ได้แก่ ผู้ครอบครองซากรถ ผู้รับซื้อซากรถ และภาคการรีไซเคิลซากรถ

2.1 ผู้ครอบครองซากรถ (ELV owners)

---

[4] โรงงานประเภท 101 คือ โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม และโรงงานเผาของเสียรวม โรงงานประเภท 105 คือ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการคัดแยกหรือฝังกลบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วจากการประกอบกิจการโรงงาน โรงงานประเภท 106 คือ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเปนวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผานกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถถึงแหล่งที่มาของ ELV ที่พวกเขาได้รับซื้อมา พบว่า แหล่งที่มาของ ELV มาจากการรับซื้อจากบุคคลธรรมดาที่เป็นอดีตผู้ใช้งาน (user) รถคันที่หมดอายุการใช้งานนั้น และรับซื้อจากนิติบุคคลหรือบริษัทรับประกันภัยรถยนต์ (รูปที่ 2 (1)) โดย ELV ที่ได้รับซื้อมาจากบุคคลธรรมดาเป็นซากรถที่อดีตผู้ใช้ไม่ประสงค์จะใช้หรือนำกลับมาใช้งานแล้ว จาก 2 สาเหตุ คือ ความเสื่อมสภาพจนไม่สามารถใช้งาน เรียกว่า “ซากรถเก่า” โดยส่วนมากเป็นรถที่อายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป มีมูลค่าต่ำ (โดยส่วนใหญ่ซากรถเก่ามีราคาตั้งแต่ 10,000 บาทขึ้นไป ทั้งนี้ราคาซื้อขายขึ้นอยู่กับสภาพ รุ่นและยี่ห้อรถ) และรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุจนไม่สามารถ หรือไม่คุ้มค่าจะซ่อมให้กลับมาใช้งานได้ เรียกว่า “ซากรถอุบัติเหตุ” ส่วนใหญ่ซากรถอุบัติเหตุที่ครอบครองโดยบุคคลธรรมดาเป็นรถที่อายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป ส่วน ELV ที่รับซื้อมาจากนิติบุคคลจะเป็นซากรถอุบัติเหตุหรือที่ในภาษาประกันภัยเรียกว่า “รถยนต์เสียหายสิ้นเชิง5” ซึ่งเป็นซากรถอุบัติเหตุที่บริษัทรับประกันได้รับโอนมาจากผู้ใช้งานรถที่ทำประกันภัยชั้นหนึ่งไว้ ซากรถอุบัติเหตุที่ค รอบครองโดยบริษัทประกันส่วนใหญ่จึงเป็นรถที่อายุการใช้งานไม่มาก (ประมาณไม่เกิน 7 ปี) มีมูลค่าสูง โดยส่วนใหญ่ซากรถอุบัติเหตุที่ครองครองโดยนิติบุคคลมีราคาตั้งหลักแสนบาทขึ้นไป ทั้งนี้ราคาซื้อขายขึ้นอยู่กับสภาพ รุ่นและยี่ห้อรถ เช่นเดียวกับซากรถเก่า

[5] รถยนต์เสียหายสิ้นเชิง หมายถึง รถยนต์ได้รับความเสียหายจนไม่อาจซ่อมให้อยู่ในสภาพเดิมได้ หรือเสียหายไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของมูลค่ารถยนต์ในขณะเกิดความเสียหาย บริษัทประกันจะจ่ายค่าสินไหมทดแทนเต็มจำนวนเงินเอาประกันภัยที่ระบุไว้ ในกรณีที่เอาประกันภัยไว้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของมูลค่ารถยนต์ในขณะที่เอาประกันภัย ผู้เอาประกันภัยหรือผู้รับผลประโยชน์แล้วแต่กรณี ต้องโอนกรรมสิทธิ์รถยนต์ให้แก่บริษัทประกันทันที โดยบริษัทประกันจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการโอนทั้งหมด และให้ถือว่าการคุ้มครองรถยนต์นั้นเป็นอันสิ้นสุด

รูปที่ 2 การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

2.2 ผู้รับซื้อซากรถ (ELV purchaser)

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ผู้รับซื้อซากรถเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทหลักในการจัดการ ELV โดยผู้รับซื้อซากรถเป็นผู้ประกอบกิจการที่ทำการเก็บรวบรวม ELV โดยการรับซื้อจากผู้ครอบครอง และหลังจากที่ได้รับมอบแล้วก็จะนำมาเข้าสู่กระบวนการบำบัด และการถอดรื้อ โดยวัตถุประสงค์หลักของการจัดการ ELV เป็นไปเพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคล ซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด ผู้รับซื้อซากรถคาดหวังว่าจะได้รับผลกำไรจากความต่างของราคาที่รับซื้อซากรถมากับราคาที่จำหน่ายส่วนประกอบทั้งหมดออกไปหลังจากที่ ELV ได้ผ่านการจัดการบำบัดและถอดรื้อแล้ว โดยส่วนที่สามารถนำมาใช้ซ้ำ (reuse) จะเก็บรวบรวมไว้จำหน่ายต่อให้กับกลุ่มผู้นำไปใช้งาน เช่น อู่ซ่อมรถยนต์ ผู้ใช้งานรถเก่า ส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรี

ไซเคิล (recycle) จะจำหน่ายต่อไปยังภาคธุรกิจการรีไซเคิล และส่วนที่เป็นขยะ (waste) จะส่งมอบให้กับผู้กำจัดขยะต่อไป (รูปที่ 2 (2))

ลักษณะการประกอบกิจการของผู้รับซื้อซากรถคือการรับซื้อมาและจำหน่ายออกไป รูปแบบของกิจการจึงเกี่ยวข้องกับการค้าเชิงพาณิชย์ จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้รับซื้อซากรถได้ทำการจดทะเบียนพาณิชย์และขอรับใบอนุญาตค้าของเก่าประเภทรถยนต์ อย่างไรก็ตามผู้รับซื้อซากรถบางรายก็ไม่ได้ทำการจดทะเบียนพาณิชย์ หรือขออนุญาติค้าของเก่าแต่อย่างใด

ในด้านของขนาดกิจการของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นกิจการขนาดเล็กซึ่งใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรง หรือเครื่องมือช่าง เช่น ชุดประแจ ชุดบล็อกลม ชุดหัวตัดแก๊ส รถยก (folk lift) เครนยกของ (crane) เป็นต้น ไม่มีเทคโนโลยีเฉพาะ หรือเครื่องจักรขนาดใหญ่ (เช่น เครื่องบดตัดโลหะ) ในกระบวนการจัดการ ELV จำนวนแรงงานมีตั้งแต่ 2 ถึง 7 คน กลุ่มตัวอย่างแต่ละรายเก็บรวบรวม ELV ได้เฉลี่ยประมาณตั้งแต่ 5 ถึง 50 คันต่อเดือน
ในส่วนของเทคนิค วิธีการ และองค์ความรู้ที่ใช้ในการจัดการ ELV จะอาศัยทักษะและความรู้พื้นฐานทางด้านช่างยนต์ และประสบการณ์ที่สะสมมา จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า แรงงานส่วนใหญ่เคยประกอบอาชีพเป็นช่างซ่อมรถยนต์มาก่อน

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า การเก็บรวบรวม ELV (collection) เป็นการรับซื้อจากผู้ครอบครอง ELV โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การรับซื้อโดยตรงและการประมูลซื้อ6 ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ELV ในประเทศไทยเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่า มีราคาซื้อขายขั้นต่ำตั้งแต่หลักหมื่นขึ้นไปถึงหลักแสนบาท โดยตราสินค้าและรุ่นของรถที่ได้รับความนิยมมีผู้ใช้งานมาก สภาพของซากรถและส่วนประกอบ อายุการใช้งานที่ไม่มาก และความครบถ้วนของเอกสารทางทะเบียน จะทำให้ ELV มีราคาสูง เนื่องจากรถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการจดทะเบียนก่อนใช้งาน ตามข้อกำหนดทางกฎหมายเมื่อจะหยุดใช้งานจะต้องทำการแจ้งไม่ใช้รถตลอดไป ดังนั้นเจ้าของซากรถจะต้องทำการแจ้งไม่ใช้รถตลอดไปเพื่อยกเลิกทะเบียน แต่จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในขั้นตอนของการซื้อขายซากรถผู้รับซื้อซากรถจะทำสัญญาซื้อขายไว้เป็นหลักฐาน โดยส่วนใหญ่จะได้รับซื้อซากรถที่มาพร้อมกับเอกสารทางทะเบียนซึ่งยังไม่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน และผู้รับซื้อซากรถอาจจะนำเฉพาะทะเบียนรถไปจำหน่ายต่อให้กับผู้ที่ต้องการ หรือไม่ได้ดำเนินการใด ๆ ซึ่งทะเบียนจะถูกระงับไปเองหลังจากที่ผู้รับซื้อซากรถได้รับมอบ ELV แล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการบำบัดและถอดรื้อต่อไป

---

[6] จากการสัมภาษณ์ตัวแทนของบริษัทรับประมูลซากรถ พบว่า ซากรถที่บริษัทรับทำหน้าที่เป็นตัวตัวกลางในการประมูล ส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 90 เป็นซากรถอุบัติเหตุของบริษัทรับประกันภัยรถยนต์ ซึ่งเป็นอดีตรถยนต์ที่ได้ทำประกันภัยชั้นหนึ่งไว้และได้เกิดอุบัติเหตุกลายเป็นรถยนต์เสียหายสิ้นเชิง และเนื่องจากบริษัทรับประมูลซากรถทำหน้าที่เพียงเป็นตัวกลางจึงไม่ทราบว่าผู้ประมูลนำซากรถอุบัติเหตุไปจัดการอย่างไรต่อ

การบำบัด (depollution) เป็นขั้นตอนของการคัดแยกสสาร (ของเหลว ของแข็ง แก๊ส) ที่เป็นของเสียอันตรายใน ELV ออกมา จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า วัตถุประสงค์ในการบำบัดเป็นเพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในขั้นตอนของการถอดรื้อต่อไป โดยขั้นตอนการบำบัด ELV จะใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรงหรือเครื่องมือช่าง ซึ่งไม่ได้มีคุณสมบัติหรือเทคโนโลยีในการบำบัดของเสียอันตรายออกจาก ELV อย่างเหมาะสม ทำให้วิธีการบำบัด ELV ไม่สามารถควบคุมมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ตัวอย่างเช่น สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศรถยนต์ (CFCs และ HFCs ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของก๊าซเรือนกระจกที่หากไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องสามารถส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน) จะใช้วิธีเปิดระบบปล่อยให้ระเหยออกสู่บรรยากาศไปเอง อย่างไรก็ตามของเสียอันตรายบางอย่างที่มีผลพลอยได้ทางการค้าและไม่จำเป็นต้องมีเทคโนโลยีหรือเครื่องมือเฉพาะในการบำบัด จะได้รับการจัดการเก็บรวบรวมในเบื้องต้นเพื่อรอจำหน่ายต่อให้กับภาคการรีไซเคิลต่อไป เช่น น้ำมันหล่อลื่นเก่าจะได้รับการเก็บรวบรวมไว้ในถังที่มิดชิด แบตเตอรี่เก่าจะเก็บรวบรวมไว้ เพื่อจำหน่ายต่อเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานรีไซเคิลต่อไป หลังจากการบำบัดของเสียอันตรายออกจาก ELV แล้วก็จะเริ่มขั้นตอนถอดรื้อแยกส่วนประกอบ

การถอดรื้อ (Dismantling) เป็นการแยกส่วนประกอบของ ELV เพื่อจำแนกส่วนที่ยังคงมีสภาพดี ซึ่งสามารถนำมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาเป็นอะไหล่มือสอง และส่วนที่เสื่อมสภาพหรือเสียหายซึ่งมีทั้งส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลและส่วนที่เป็นขยะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ออกจากกัน โดยใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรงหรือเครื่องมือช่าง จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในขั้นตอนของการถอดรื้อ ผู้รับซื้อซากรถจะจำแนกส่วนประกอบ ELV ออกเป็น 3 ส่วน โดยจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้าต่อไป ดังนี้ (1) “อะไหล่มือสอง” หรือที่มักจะเรียกกันว่า “อะไหล่แท้ถอด” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ (reuse parts) เช่น เครื่องยนต์ ชุดเกียร์ ล้อรถยนต์ ถุงลมนิรภัย เป็นต้น โดยจำหน่ายผ่านตลาดมือสองให้กับผู้นำไปใช้ซ้ำ เช่น อู่ซ่อมรถยนต์ ผู้ใช้งานรถเก่า โดยอะไหล่มือสองเป็นส่วนที่มีมูลค่ามากที่สุดของ ELV (2) “ของเก่า” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำเนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือเกิดความเสียหายจากอุบัติเหตุ แต่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ (recycled materials) เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง พลาสติก ยางรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งจะส่งต่อไปยังภาคการรีไซเคิลในรูปแบบของการชั่งน้ำหนักขาย โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการเปลี่ยนสภาพหรือแปรรูปชิ้นส่วนเหล่านั้น และ (3) “ขยะ” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก (waste) หรือไม่สามารถจำหน่ายออกไปได้ เป็นเศษซากรถที่เหลือจากการคัดแยกชิ้นส่วนที่มีมูลค่าออกไปแล้ว ถึงแม้ว่าขยะบางส่วนจะเป็นวัสดุที่สามารถเก็บกลับไปรีไซเคิลได้แต่เนื่องจากความไม่คุ้มค่าทางการเงินการเก็บทรัพยากรส่วนนี้กลับไปรีไซเคิลจึงไม่เกิดขึ้น เป็นภาระที่ผู้รับซื้อซากรถต้องรับผิดชอบ ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังผู้กำจัดขยะต่อไป

อย่างไรก็ตาม ชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV อาจจะไม่ถูกนำกลับมาใช้อย่างเต็มศักยภาพ อันเนื่องมาจากกลไกตลาด กล่าวคือจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ชิ้นส่วนที่มีศักยภาพเป็นอะไหล่มือสองในกรณีที่ไม่สามารถจำหน่ายเป็นอะไหล่มือสองได้เนื่องจากไม่มีผู้ซื้อ บางชิ้นส่วนจะสามารถจำหน่ายอย่างเป็นของเก่า แต่บางชิ้นส่วนก็กลายเป็นขยะที่ไม่สามาถหาประโยชน์ทางการค้าได้ ตัวอย่างเช่น ประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง ซึ่งมีสภาพดีสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ ราคาขายเป็นอะไหล่มือสองอยู่ที่ประมาณ 2,000 บาทต่อบาน แต่ถ้าไม่สามารถหาผู้ซื้ออะไหล่มือสองได้ และไม่มีพื้นที่เพียงพอที่จะเก็บรวบรวมไว้หรือต้องการลดต้นทุนในการเก็บรักษา ก็จะจำหน่ายอย่างเป็นของเก่าแทนโดยการชั่งน้ำหนักขายเป็นเศษเหล็ก แต่จะได้ราคาประมาณ 200 บาทต่อบาน หรือกันชนและชิ้นส่วนภายในรถยนต์ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติก ในกรณีที่มีสภาพสมบูรณ์สามารถนำไปใช้ซ้ำจะจำหน่ายเป็นอะไหล่มือสอง แต่หากไม่สามารถหาผู้ซื้อได้ และถึงแม้ว่าพลาสติกจะสามารถนำไปรีไซเคิลได้ แต่หากในช่วงเวลานั้นไม่มีผู้รับซื้อพลาสติกจากชิ้นส่วนของรถยนต์7 ชิ้นส่วนรถยนต์เหล่านี้ก็จะกลายเป็นขยะเพราะไม่สามารถจำหน่ายออกไปได้ ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่ผู้รับซื้อซากรถยนต์มักจะเลือกเก็บรวบรวมเฉพาะส่วนที่มีมูลค่าสูง เช่น วัสดุที่เป็นเหล็ก ส่วนวัสดุที่มีมูลค่าต่ำ เช่น พลาสติก มักจะทิ้งเป็นขยะ เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บรักษา จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลถึงสถานที่ประกอบกิจการของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีชิ้นส่วนที่ถอดรื้อจาก ELV ตกค้างอยู่ในสถานที่ของผู้รับซื้อซากรถเป็นจำนวนมากซึ่งได้แบ่งแยกประเภทและเทกองรวมกันไว้ มีทั้งส่วนที่เป็นอะไหล่มือสองที่เก็บรวบรวมไว้เพื่อรอจำหน่าย ส่วนที่เป็นของเก่าหรือวัตถุดิบสำหรับการรีไซเคิล และส่วนที่เป็นขยะ

ขยะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดและถอดรื้อส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นพลาสติกจากชิ้นส่วนทั้งภายในและภายนอกรถยนต์ และวัสดุชนิดอื่น ๆ เช่น เศษกระจก พรม หรือยางปูพื้น/เพดานรถยนต์ จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า เนื่องจากความไม่คุ้มค่าทางการเงินจึงไม่เกิดการเก็บทรัพยากรเหล่านี้กลับไปรีไซเคิล วิธีการจัดการขยะที่เกิดขึ้นจากการจัดการ ELV ของผู้รับซื้อซากรถจะใช้วิธีว่าจ้างรถขนขยะ หรือทำการขนย้ายขยะด้วยตนเองไปทิ้งที่จุดรับกำจัดขยะหรือจุดรวบรวมขยะ (waste collector) ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในชุมชนต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า ในกรณีที่ขยะเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก เช่น ส่วนประกอบที่เป็นพลาสติก และมีปริมาณไม่มากจะถูกนำไปทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยจากชุมชนที่จุดรับขยะตามแหล่งชุมชนใกล้เคียง ซึ่งจะมีรถเก็บขยะของหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (municipal solid waste disposal facilities) มาเก็บรวบรวมไปจัดการกำจัดต่อไป ดังนั้นขยะที่เกิดขึ้นจากการจัดการ ELV จึงถูกเก็บ

---

[7] จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ชิ้นส่วนกันชนรถยนต์ที่ผลิตจากพลาสติกในอดีตสามารถรวบรวมจำหน่ายอย่างเป็นของเก่าได้ แต่ในปัจจุบันไม่มีผู้รับซื้อจึงต้องนำไปทิ้งเป็นขยะ และจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบกิจการรับซื้อของเก่าที่มีการรับซื้อพลาสติกจากกันชนรถยนต์ พบว่า พลาสติกจากกันชนรถยนต์ถือเป็นพลาสติกเกรดต่ำที่สุด (เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสีรถยนต์) ซึ่งมีราคาต่ำ (ประมาณ 4 บาทต่อกิโลกรัม) จึงมักจะไม่มีการเก็บรวบรวมไว้เพื่อรอการจำหน่ายต่อ

รวมไปกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ จากภาคครัวเรือนและนำไปกำจัดยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในชุมชนใกล้เคียงหรือโรงงานกำจัดขยะ

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านรับซื้อของเก่า พบว่า ด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ผู้รวบรวมขยะ มักจะทำการคัดแยกขยะที่รับมา เพื่อเก็บรวบรวมส่วนที่มีมูลค่าหรือสามารถนำไปรีไซเคิลได้ไปจำหน่ายต่อ ดังนั้นขยะบางส่วนจาก ELV จึงอาจจะผ่านการคัดแยกโดยผู้รวบรวมขยะอีกครั้งแล้วส่งต่อไปยังภาคการรีไซเคิลต่อไป

เนื่องจากความไม่มีอยู่ของข้อมูลทำให้ไม่สามารถทราบได้อย่างแน่ชัดว่าสัดส่วนขยะทั้งหมดจาก ELV ถูกกำจัดอย่างเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไรก็ตามจากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 พบว่า ช่องทางในการกำจัดขยะมูลฝอยจากชุมชนในประเทศไทยคือการฝังกลบและการเผาทำลาย โดยสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยทั้งแบบถูกต้องและไม่ถูกต้องมีจำนวน 2,810 แห่งทั่วประเทศ เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้อง ซึ่งมีการควบคุมและการจัดการมลพิษจำนวน 330 แห่ง และสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบไม่ถูกต้อง (improper disposal) ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้จำนวน 2,480 แห่งทั่วประเทศ (ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล, 2560) และนอกจากนี้ยังมีโรงงานกำจัดขยะประเภท 101 ที่เป็นโรงงานเผาขยะ และโรงงานประเภท 105 ที่เป็นโรงงานฝังกลบขยะ ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม แต่โดยส่วนใหญ่โรงงานประเภท 101 (โรงงานเผาขยะ) และ 105 (โรงงานฝังกลบ) มักจะทำการกำจัดขยะที่มาจากภาคโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) ดังนั้นขยะจาก ELV ซึ่งส่วนใหญ่ถูกส่งไปยังสถานที่กำจัดขยะในชุมชนใกล้เคียงจึงอาจจะไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อม

2.3 ภาคการรีไซเคิลซากรถ (recycling sector)

หลังจากที่ ELV ถูกส่งมอบให้กับผู้รับซื้อซากรถซึ่งได้ประกอบกิจกรรมการบำบัดและถอดรื้อ ELV แล้ว ชิ้นส่วนที่ผู้รับซื้อซากรถไม่ได้เก็บกลับไปเพื่อการใช้ซ้ำและเป็นวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้หรือที่เรียกกันว่าของเก่า จะถูกส่งต่อมายังภาคการรีไซเคิล (รูปที่ 2 (3)) จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า อาจจะมีการเปลี่ยนรูปวัตถุบางอย่างเพื่อความสะดวกในการขนส่งและเพิ่มมูลค่าทางการค้า เช่น การคัดแยกฉนวนหุ้มสายไฟออกจากทองแดงซึ่งจะจำหน่ายได้ราคาดีกว่า โดยมีทั้งการเผาฉนวนหุ้มซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วแต่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และการปลอกซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานในการจัดการเนื่องจากไม่มีเครื่องจักรแต่จะขายได้ราคาดีกว่าการเผา การตัดแยกเหล็กจากตัวถังรถยนต์เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง ชิ้นส่วนที่มีวัสดุหลายประเภทปะปนกันเช่น เครื่องยนต์ซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นเหล็ก อะลูมิเนียม และของเหลว จำเป็นต้องมีการแยกส่วนเพื่อผลประโยชน์ทางด้านการค้า เป็นต้น แต่โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการเปลี่ยนรูปของชิ้นส่วนหรือวัตถุ เช่น แบตเตอรี่จะจำหน่ายไปทั้งลูก ชิ้นส่วนภายในของรถยนต์ที่เป็นพลาสติกจะจำหน่ายไปทั้งชิ้น ยาง

รถยนต์จะนำหน่ายไปทั้งเส้น เป็นต้น จะปล่อยให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือโรงงานรีไซเคิลทำหน้าที่จัดการวัสดุให้พร้อมสำหรับการรีไซเคิลเอง เพราะวัตถุประสงค์หลักของผู้รับซื้อซากรถคือการค้ากำไรจากชิ้นส่วนที่เป็นอะไหล่มือสอง ทั้งนี้ราคาซื้อขายของเก่าไม่แน่นอน ขึ้นลงตามกลไกตลาด และบางช่วงเวลาก็ไม่มีการรับซื้อวัสดุบางชนิด

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านรับซื้อของเก่า พบว่า มีทั้งร้านที่รับซื้อทุกประเภทวัสดุหรือรับซื้อเฉพาะบางวัสดุ เช่น รับซื้อเฉพาะโลหะ รับซื้อเฉพาะพลาสติก รับซื้อเฉพาะน้ำมันเก่า อย่างไรก็ตามร้านรับซื้อของเก่าไม่ได้รับซื้อเฉพาะของเก่าที่มาจาก ELV เท่านั้น ลักษณะการประกอบกิจการของร้านรับซื้อของเก่าคือการเก็บรวบรวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วสำหรับการรีไซเคิล ซึ่งเป็นวัสดุที่มาจากภาคครัวเรือนไม่ใช่โรงงานอุตสาหกรรม (สำหรับวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม จะถูกเก็บรวบรวมโดยโรงงานประเภทที่ 105 และ 106 เท่านั้น) และส่งมอบวัสดุนั้นให้กับโรงงานรีไซเคิลต่อไป โดยตามกฎหมายผู้ประกอบกิจการรับซื้อของเก่าจะต้องขอรับใบอนุญาตค้าของเก่าและใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) แต่เนื่องจากมีร้านรับซื้อของเก่าอีกจำนวนมากที่ไม่ได้ขอนุญาตประกอบกิจการ ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมตรวจสอบจากภาครัฐบาล (ไทยรัฐออนไลน์, 2557) อีกทั้งไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการค้าของเก่าจากซากรถ ทำให้ไม่สามารถทราบข้อมูลอัตราการนำของเก่าหรือทรัพยากรจาก ELV กลับมารีไซเคิล

โดยหลังจากที่ร้านรับซื้อของเก่าได้เก็บรวบรวมวัสดุสำหรับการรีไซเคิลจากภาคครัวเรือนซึ่งรวมถึงของเก่าจากการจัดการ ELV ด้วยแล้ว ก็จะจำหน่ายต่อให้กับโรงงานคัดแยกวัสดุไม่ใช้แล้ว ได้แก่ โรงงานประเภท 105 หรือโรงงานคัดแยกวัสดุไม่ใช้แล้วนอกระบบ ซึ่งโรงงานคัดแยกวัสดุไม่ใช้แล้วจะทำการคัดแยกและเปลี่ยนสภาพวัสดุไม่ใช้แล้วให้ง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล เช่นการอัดเศษโลหะเป็นก้อน และส่งต่อให้กับโรงงานรีไซเคิล หรือจำหน่ายโดยตรงให้กับโรงงานรีไซเคิล ได้แก่ โรงงานประเภท 106 หรือโรงงานรีไซเคิลนอกระบบ นำไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือวัตถุดิบสำหรับการผลิตทางอุตสาหกรรม

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ชิ้นส่วนและของเสียจาก ELV ที่มีเก็บรวบรวมเพื่อนำไปรีไซเคิล ได้แก่ ชิ้นส่วนที่เป็นวัสดุเหล็ก (เช่น ตัวถังรถ) อลูมิเนียม (เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ล้อรถยนต์) ทองแดง (เช่น สายไฟ) พลาสติก (เช่น ชิ้นส่วนภายในรถยนต์) โลหะมีค่า (เช่น เครื่องฟอกไอเสีย (catalytic converter)) ยางรถยนต์ แบตเตอรี่ น้ำมันหล่อลื่นเก่า โดยหลังจากผ่านกระบวนการรีไซเคิลได้ออกมาเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแล้ว ก็จะถูกส่งต่อให้กับภาคอุตสาหกรรมการผลิต (manufacturing plant) เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใหม่ต่อไป

อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

1. อภิปรายผลการศึกษา

จะเห็นได้ว่าเนื่องจากความเป็นทรัพย์สินที่ยังคงมีมูลค่าทำให้เกิดตลาดการค้าขาย ELV ขึ้น การมีทางเลือกอย่างอิสระในการแสวงหาผลประโยชน์ส่วนบุคคลโดยไม่ต้องคำนึงถึงผลกระทบภายนอก (externality) เนื่องจากไม่มีสถาบันที่เป็นทางการหรือกฎหมายควบคุม ทำให้ผู้รับซื้อซากรถที่ทำหน้าที่หลักในการจัดการ ELV (เก็บรวบรวม บำบัด และถอดรื้อ) ไม่คำนึงถึงการป้องกันมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การนำทรัพยากรจาก ELV กลับมาใช้ประโยชน์ถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด จากความไม่คุ้มค่าทางการเงินทำให้ทรัพยากรที่มีคุณค่าบางส่วนไม่ถูกนำกลับมาใช้และถูกทิ้งให้กลายเป็นขยะ ที่ซึ่งอาจจะถูกกำจัดโดยวิธีการที่ไม่ถูกต้องก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมตามมา

ดังนั้นในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ที่ดีได้ เพราะวิธีการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายจาก ELV ไม่มีความเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมและการไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ตามแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่เงื่อนไขแรกเพื่อการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม คือการจำเป็นที่จะต้องได้มาซึ่งกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับโดยตรงเกี่ยวกับ ELV ที่ถูกต้อง ดังเช่นประสบการณ์จากสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นที่ทำให้เห็นว่าการบังคับใช้มาตรการทางกฎหมายโดยตรงเกี่ยวกับ ELV บนหลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต ร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน ข้อบังคับ เป้าหมาย และการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ทำให้การจัดการ ELV สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เรื่องความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากรได้

ดังนั้นผู้เขียนเห็นว่า สำหรับประเทศไทยการจัดตั้งกฎหมายเกี่ยวกับ ELV โดยตรงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ ELV ได้ โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต ที่บังคับให้ผู้ผลิตรถยนต์ (หรือผู้นำเข้ารถยนต์) ต้องรับผิดชอบในการเก็บรวบรวม การบำบัดของเสีย การรีไซเคิล และการกำจัดซากรถยนต์ โดยผู้ผลิตอาจจะจัดตั้งเครือข่ายของตนเองก็ได้ ทั้งนี้กฎหมายเกี่ยวกับ ELV จะต้องกำหนดให้กิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ต้องได้รับใบอนุญาตให้ประกอบกิจการซึ่งมีการควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติและการจัดการของเสียอันตรายที่ถูกต้องตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ โดยอาจจะแก้ไขเพิ่มเติมให้กิจการเกี่ยวกับการจัดการ ELV เป็นโรงงานประเภทหนึ่งที่ต้องได้รับอนุญาตและปฏิบัติตามข้อกำหนดจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมตาม พ.ร.บ. โรงงาน

เพื่อการติดตามตรวจสอบและประเมินผล จำเป็นที่จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับ ELV ทั้งในเรื่องของจำนวนและประสิทธิภาพในการจัดการ โดยอาจจะ

กำหนดให้เจ้าของรถยนต์ต้องใช้ใบรับรองการทำลาย (ซึ่งจะออกให้โดยผู้ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ที่ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องเมื่อเจ้าของรถยนต์ได้ทำการส่งมอบ ELV ให้) เป็นหลักฐานที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการยกเลิกทะเบียนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ ทั้งนี้ต้องยกเลิกระบบการระงับทะเบียนเพื่อสร้างภาระผูกพันธ์หรือความรับผิดชอบของเจ้าของรถยนต์ต่อกรณีที่ไม่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน ELV เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ELV ทั้งหมดจะได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมจากผู้ประกอบที่ที่ได้รับอนุญาต และให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการจัดการ ELV ทั้งอัตราการการบำบัดและกำจัดของเสีย อัตราการรีไซเคิล จากผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นอกจากนี้ผู้เขียนเห็นว่าการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย กล่าวคือ การคืนเงินภาษีเกี่ยวกับรถยนต์บางส่วนให้กับผู้ครอบครอง ELV คนสุดท้ายที่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน และการอุดหนุนหรือลดหย่อนภาษีให้กับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV จะเป็นกลไกสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาระบบการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม

บทสรุป

ด้วยสภาพสถาบันที่เป็นทางการในปัจจุบันทำให้ (1) ไม่มีข้อจัดกัดในเรื่องอายุการใช้งานของรถยนต์ส่วนบุคคลและการให้แรงจูงใจทางภาษีเพื่อยืดอายุการใช้งานรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ส่งผลให้ต้นทุนในการใช้งานรถเก่าต่ำ มีจำนวนรถยนต์สะสมที่มีอายุการใช้งานสูงจำนวนมาก (2) ไม่มีกฎหมายหรือระเบียบที่กำหนดว่าจะต้องทำอย่างไรต่อไปกับ ELV และไม่มีการควบคุมกิจกรรมการจัดการส่งผลให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีทางเลือกอย่างอิสระในการแสวงหาผลประโยชน์ส่วนบุคคลจาก ELV โดยไม่ให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคมและยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรจากการจัดการ ELV ประเทศไทยจำเป็นจะต้องตรากฎหมายเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการ ELV โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน และการสร้างแรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). คู่มือสำหรับผู้ประกอบอาชีพรับซื้อของเก่า แนวทางปฏิบัติที่ดีในการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับร้านรับซื้อของเก่า. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_reclyclemanual.pdf

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2554). คู่มือ หลักปฏิบัติที่ดีสำหรับการให้บริการบำบัด กำจัดกากอุสาหกรรม. สืบค้นจาก http://www2.diw.go.th/iwmb/form/factory1.pdf

ไทยรัฐออนไลน์. (2557). คพ. เผยยังมีร้านรับซื้อของเก่าไม่มีทะเบียนอีกเพียบ. สืบค้นจาก https://www.thairath.co.th/content/414260

วราพรรณ สีโกเมน. (2559). มาตรการทางกฎหมายในการหมุนเวียนซากรถกลับมาใช้ใหม่ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะนิติศาสตร์, สาขากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/wsthaz_annual59.pdf

Aroonsrimorakot, S., & Akaraj, S. (2010). Potential of End of life vehicles directive implementation in Thai Automotive Industry. J. Environ. Res., 32(2), 25-35.

Despeisse, M., Kishita, Y., Nakano, M., & Barwood, M. (2015). Towards a circular economy for end-of-life vehicles: A comparative study UK–Japan. Procedia CIRP, 29, 668-673.

European Parliament and Council of the European Union. (2000). Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 2000 on End-of Life Vehicles. Official Journal of the European Communities

Hiratsuka, J., Sato, N., & Yoshida, H. (2014). Current status and future perspectives in end-of-life vehicle recycling in Japan. Journal of Material Cycles and Waste Management, 16(1), 21-30.

Hu, S., & Wen, Z. (2015). Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process. Resources, Conservation and Recycling, 95, 91-99.

Kanari, N., Pineau, J. L., & Shallari, S. (2003). End-of-life vehicle recycling in the European Union. Jom, 55(8), 15-19.

Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems IIIEE, Lund University

North, D. C. (1994). Economic performance through time. The American economic review, 84(3), 359-368.

Sakai, S. I., Noma, Y., & Kida, A. (2007). End-of-life vehicle recycling and automobile shredder residue management in Japan. Journal of Material Cycles and Waste Management, 9(2), 151-158.

Sakai, S. I., Yoshida, H., Hiratsuka, J., Vandecasteele, C., Kohlmeyer, R., Rotter, V. S., ... & Oh, G. J. (2014). An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. Journal of Material Cycles and Waste Management, 16(1), 1-20.

Schneider, J., Karigl, B., Neubauer, C., Tesar, M., Oliva, J., & Read, B. (2010). End of life vehicles: legal aspects, national practices and recommendations for future successful approach. Report commissioned by the European Parliament's Committee on Environment. Public Health and Food Safety. European Parliament, Brussels.

Smink, C. K. (2007). Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. Journal of Cleaner Production, 15(11-12), 1135-1146.

Williamson, O. E. (2000). The new institutional economics: taking stock, looking ahead. Journal of economic literature, 38(3), 595-613

การยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ของธนาคารพาณิชย์อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

ACCEPTANCE OF TECHNOLOGY AFFECTING INTENTION TO USE INTERNET BANKING SERVICES IN MUANG DISTRICT SUKHOTHAI PROVINCE

สวิชญา แซ่ลิ้ม
มหาวิทยาลัยนเรศวร/คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร
savechaya@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง การยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย อีกทั้งศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์และศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการธนาคารพาณิชย์ ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามและสถิติที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สถิติ Independent sample t-test, การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุคูณ (MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ทุกด้านอยู่ในระดับมาก และการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งคือ การบริการของระบบความเกี่ยวข้องกับงาน และคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ อีกทั้ง การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งคือ ได้แก่ สมรรถนะของตนเองด้านคอมพิวเตอร์,ความวิตกต่อคอมพิวเตอร์และการใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ ดังนั้นธนาคารควรตระหนักและประชาสัมพันธ์ให้กับบุคคลอื่นให้ทราบถึงประโยชน์ที่เกิดจากการใช้อินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งให้เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ :การยอมรับเทคโนโลยี ความตั้งใจใช้บริการ ธนาคารพาณิชย์อำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย

ABSTRACT

This study Acceptance of Technology Affecting Intention to Use Internet Banking Services of Muang District, Sukhothai Province. The objectives of this research were to study the demographic factors affecting the internet banking service intention of Muang District, Sukhothai Province. Moreover, the study of the acceptance of technology for perceived usefulness has the effect of intention to use internet banking services of commercial banks and to study factors of acceptance of technology as perceived as easy to use. Intention to use internet banking services of commercial banks. The sample was used in this study. Customers come to the bank. The instruments used to collect the data were the questionnaire and the statistics used in the test, including the independent sample t-test, the multivariate regression analysis (MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS). found Acceptance of Technology Affecting Intention to Use Internet Banking Services All aspects were at a high level, and adoption of perceived value-added technologies was beneficial to the use of internet banking. Service of job-related systems. The recognition of easy-to-use technology that influences the intent of Internet banking services is that of self-efficacy in computing, computer anxiety, and exploitation. The purpose. Therefore, the Bank should recognize and publicize the benefits of using Internet Banking. To stimulate the use of Internet banking services to increase.

Keywords :Technology Acceptance , Intention , Muang District , Sukhothai Province

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีสารสนเทศทางด้านคอมพิวเตอร์และระบบการสื่อสารที่เข้ามามีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้การทำงานของเทคโนโลยีนั้นเป็นการทำงานที่ไร้เงื่อนไขของเวลาและสถานที่ทำให้สามารถทำได้ทุกที่ทุกเวลาทั่วโลก จึงทำให้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นตัวเชื่อมข้อมูลได้ทั่ว ทำให้การดำเนินการมีขอบเขตที่กว้างขวางมากยิ่งขึ้นและสามารถดำเนินการได้ 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจ บริการ และเป็นจุดเริ่มต้นที่จะสร้างฐานลูกค้าใหม่ที่สามารถเข้าถึงได้อย่างไม่จำกัด ธนาคารพาณิชย์ต่างๆจึงตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง รูปแบบการให้บริการที่ทันสมัยเหมาะสมกับพฤติกรรมในการใช้ชีวิตปัจจุบันและอำนวยความสะดวกกับผู้บริโภค

เพื่อเกิดศักยภาพของธนาคารและความพึงพอใจสูงสุดสถาบันการเงินต่างๆได้มีการนำระบบเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในการบริการทางการเงิน ทำให้รูปแบบของการใช้บริการของธนาคารพาณิชย์ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งลูกค้าธนาคารพาณิชย์ได้ให้ความนิยมในการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบเทคโนโลยีหรือระบบอินเตอร์เน็ต การทำธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบอินเตอร์เน็ตหรือที่เรียกว่าอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง (Internet banking) นั้นเป็นธุรกรรมทางการเงินหรือธุรกรรมพาณิชย์ที่อยู่บนอินเตอร์เน็ต หรืออาจเรียกได้ชื่ออื่นๆ เช่น ธนาคารอีแบงก์กิ้ง (E-Banking), ธนาคารออนไลน์ (Online Banking), ธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Banking), ธนาคารไซเบอร์(Cyber Banking) เป็นต้น ธุรกรรมทางการเงินบนอินเตอร์เน็ตสามารถทำธุรกรรมได้เอง โดยไม่ต้องไปถึงสาขา เพราะฉะนั้นธนาคารพาณิชย์ต่างๆ จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในธุรกรรม

ในปี 2560 จำนวนบัญชีลูกค้าที่ใช้บริการ Internet banking มีจำนวนมากกว่าปีก่อนถึงร้อยละ

33.89 ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 จำนวนบัญชีลูกค้าที่ใช้บริการ Internet banking แสดงปริมาณ ปี 2556-2560 .จาก*สรุปจำนวนรวมสาขาของธนาคารพาณิชย์ทั้งระบบ*,โดย ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2560

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญต่อธนาคารพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น โดยดูจากสถิติปริมาณการใช้ของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้นของกลุ่มลูกค้าที่ใช้บริการธนาคารผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งให้ความสำคัญในชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นการโอนเงิน ชำระค่าบริการสินค้า และอื่นๆ

จังหวัดสุโขทัยถือว่าเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องในภาคเหนือตอนล่าง โดยที่ จังหวัดสุโขทัยมีแหล่งศูนย์ราชการที่หลากหลาย และมหาวิทยาลัยทั้งของรัฐ อาทิ มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่สามารถรับนักเรียนนักศึกษาได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี แต่จำนวนประชากรจังหวัดสุโขทัยใน พ.ศ. 2558 วิกิพีเดีย (2561: ภาคกลาง ประเทศไทย) มีจำนวนเพียง 601,712 คน ซึ่งมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรในเขตติดต่ออาทิ จังหวัดกำแพงเพชร 730,158 คน จังหวัด

พิษณุโลก 863,404 คน จังหวัดตาก 618,382 คนและจังหวัดลำปาง 752,356 คน ธนาคารพาณิชย์ต่างๆมีนโยบายที่จะไม่ขยายจำนวนสาขา แต่ จะใช้วิธีการพัฒนาเทคโนโลยีและสร้างกลยุทธ์ในบริการใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้า จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาถึงการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงช่องทางการให้บริการธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตแบงกิ้งให้มีความทันสมัยตรงตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุด วางแผนกำหนดกลยุทธ์ออกผลิตภัณฑ์ใหม่ๆสำหรับผู้สนใจศึกษา เพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกให้เกิดความพึ่งพอใจสูงสุดและสร้างข้อได้เปรียบทางการแข่งขันให้เมขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย
2. เพื่อศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย
3. เพื่อศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

3. ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา การยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ได้ใช้แนวคิดแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี ขอบเขตด้านสถานที่คือ ธนาคารพาณิชย์ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดสุโขทัย สำหรับขอบเขตด้านประชากร ลูกค้าธนาคารพาณิชย์ จำนวน 8 แห่ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ได้แก่ ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) ธนาคารธนชาติ จำกัด (มหาชน) ธนาคารแลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน) และขอบเขตด้านเวลาช่วงเวลาในการวิจัยครั้งนี้ระหว่างเดือน มิถุนายน - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงช่องทางการให้บริการธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตแบงกิ้งให้มีความทันสมัยตรงตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุด
2. เพื่อใช้ในการวางแผนกำหนดกลยุทธ์ออกผลิตภัณฑ์ใหม่ๆสำหรับผู้สนใจศึกษาการรับรู้เทคโนโลยีที่มีต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

5. กรอบแนวคิด

6. สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยต่างกัน

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน ได้แก่ การบริการระบบ ภาพลักษณ์ ความเกี่ยวข้องกับงาน คุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ ผลลัพธ์ที่สามารถพิสูจน์ได้ มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยต่างกัน

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน ได้แก่ สมรรถนะของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ การรับรู้จากการควบคุมจากภายนอก ความวิตกต่อคอมพิวเตอร์ ความสนุกสนาน

ของคอมพิวเตอร์ ความสนุกสนานที่รับรู้ได้ การใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยต่างกัน

7. วิธีดำเนินการวิจัย

7.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and sample)

ด้านประชากร (Population) คือ ผู้ใช้บริการที่ธนาคารพาณิชย์ในอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยในช่วงเวลาทำการคือวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 8.30 น. - 16.00 น.และวันเสาร์ถึงวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 11.00 น. – 19.30 น. โดยกลุ่มตัวอย่างคำนวณได้จากสูตรของ William G. Cochran (1977: 75) โดย (ณัฐดนัย ใจชน 2555:23) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2\,pq}{e2}$$

เมื่อ

n = ขนาดจำนวนตัวอย่างที่ต้องการ

Z = ค่าปกติมาตรฐานที่ได้จากตารางแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Z score) ขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่น ที่นักวิจัยกำหนดไว้ คือ 95% นั่นคือ ความคลาดเคลื่อน (α) = 0.05 หรือ 1-α/2 = 0.975 เปิดตารางค่า Z ได้ 1.96

P = สัดส่วนของประชากรหรือความน่าจะเป็นของประชากรที่สนใจศึกษา (ให้มีค่าเท่ากับ 1.96)

q = สัดส่วนของประชากรที่ไม่ได้สนใจ = 1 - p (เท่ากับ 1 - 0.5)

e = ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น (ความคลาดเคลื่อนที่ต้องการ) = 5% = 0.05

จะมีค่าเท่ากับ

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{0.9664}{0.0025}$$

$$n = 384.16$$

จึงทำให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 384.16 ราย เพราฉะนั้นเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เพียงพอต่อการทดสอบงานวิจัย ผู้วิจัยจึงได้เก็บกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 ตัวอย่างสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ด้านวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) คือ ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการธนาคารพาณิชย์ในอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เนื่องจากอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย วิธีการสุ่มตัวอย่างมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิธีการแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยทำการเลือกจำนวนตัวอย่างกลุ่มลูกค้าธนาคารพาณิชย์ในอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยที่ให้บริการธุรกรรมอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ซึ่งแต่ละสถานที่นั้นเป็นจุดที่มีประชากรหนาแน่น มีกลุ่มที่มีความหลากหลายของลักษณะประชากรศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกำหนดโควตา (Quota Sampling) โดยการเก็บกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลในแต่ละธนาคารพาณิชย์ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย โดยการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละธนาคารพาณิชย์ที่ถูกเลือกให้มีจำนวนเท่ากัน

$$\text{ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละสถานที่} = \frac{\text{ขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด}}{\text{จำนวนสถานที่ที่ถูกเลือก}}$$

$$\text{ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละสถานที่} = \frac{400}{8} = 50$$

ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละสถานที่ที่ถูกเลือกเท่ากับ 400 คน ดังนี้

ลำดับ	ธนาคารพาณิชย์	จำนวนตัวอย่าง (คน)
1	ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	50
2	ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน)	50
3	ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน)	50
4	ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน)	50
5	ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)	50
6	ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)	50
7	ธนาคารธนชาติ จำกัด (มหาชน)	50
8	ธนาคารแลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)	50

ขั้นตอนที่ 3 วิธีการสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก (Convenience Sampling) จากผู้ที่เข้าไปใช้บริการจากธนาคารในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 8.30 น. -16.00 น.และวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 11.00 น. – 19.30 น.

7.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยมีแบบสอบถามจำนวน 400 ชุด โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากรศาสตร์และข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของธุรกรรมทางการเงินผ่านอินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบแบบเพียงข้อเดียวและเลือกตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ จำนวน 3 ข้อ ส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งานและด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน ที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย มีการตรวจสอบเครื่องมือ ส่วนเนื้อหา โดยนำเสนอแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาวัดจากค่า IOC และพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ครอนแบ็ชอัลฟ่า ที่ระดับค่าความเชื่อมั่นที่ 0.7 ขึ้นไป

7.3 การเก็บรวมรวมข้อมูล

มีการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary date) คือการค้นหาข้อมูลต่างๆจากตำราวิชาการ บทความ งานการวิจัย และนำแบบสอบถามที่ได้มารวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปแผนการวิจัยต่อไป ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary date) คือการเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างใน อำเภอเมือง โดยการแจกแบบสอบถามไปยังลูกค้าที่มาใช้บริการธนาคารพาณิชย์ในจังหวัดสุโขทัย ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงเวลา 08.30 -10.00 , 11.30-13.30 , 14.30 -15.00และ 16.00 น และธนาคารที่มีสาขาตั้งทำการบนห้างสรรพสินค้าอยู่ในช่วงเวลา 11.30-13.30 , 14.30 -15.00และ 16.00 น - 19.30 น. แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าสถิติและแปรผล

7.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์โดยใช้สถิติ T-TEST (Independent sample t-test) เพื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มและการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ONE–WAY ANOVA ANALYSIS เพื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่มากว่าสองกลุ่มขึ้นไป กรณีที่พบความแตกต่างจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นราย โดยใช้ LSD (Least significant difference) และข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งานและด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent Variable) จำนวนหนึ่งตัวแปรกับตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป

8.ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการอธิบายและการทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้เก็บรวมรวมจากแบบสอบถามที่มีคำตอบครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวนทั้งสิ้น 400 ชุด ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 224 คน คิดเป็นร้อยละ 56.0 รองลงมาคือเพศชาย จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 44.0 มีอายุระหว่าง 20-25 ปี จำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 39.3 รองลงมาคือมีอายุระหว่าง 26-30 ปี จำนวน 98 คน คิดเป็นร้อยละ 24.5 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี/เทียบเท่า จำนวน 260 คน คิดเป็นร้อยละ 65.0 รองลงมาคือต่ำกว่าปริญญาตรี มีจำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 20.8 มีอาชีพเป็นลูกจ้าง/พนักงานเอกขน จำนวน 153 คน คิดเป็นร้อยละ 38.3 รองลงมาคือ นักเรียน / นักศึกษา จำนวน 115 คิดเป็นร้อยละ 28.8 และมีรายได้อยู่ที่ 10,001 – 20,000 บาท จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 30.5 รองลงมารายได้ 20,001 – 30,000 บาท จำนวน 116 คน คิดเป็นร้อยละ 29.0

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของธุรกรรมทางการเงินผ่านอินเทอร์เน็ตของธนาคารพาณิชย์

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่จะเลือกใช้เลือกใช้บริการของธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) จำนวน 191 คน คิดเป็นร้อยละ 47.8 รองลงมาคือ ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) จำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 41.5 รู้จักบริการธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจาก พนักงานธนาคารแนะนำ จำนวน 269 คน คิดเป็นร้อยละ 67.3 รองลงมาคือ เพื่อน/คนรู้จักแนะนำ จำนวน 251 คน คิดเป็นร้อยละ 62.8 การบริการของธนาคารพาณิชย์ผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง การโอนเงินภายในธนาคารเดียวกัน จำนวน 348 คน คิดเป็นร้อยละ 87 รองลงมาคือ สอบถามยอดคงเหลือในบัญชี จำนวน 342 คน คิดเป็นร้อยละ 85.5

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้อินเตอร์เน็ตแบงกิ้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน

การบริการของระบบ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ มีความน่าเชื่อถือ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.168 และ S.D = 0.682)

ภาพลักษณ์ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ธุรกรรมการโอนเงินสามารถทำได้ตลอด 24 ชั่วโมง และทุกที่ทั่วโลก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.409 และ S.D = 0.718)

ความเกี่ยวข้องกับงาน ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบการใช้งานมีความรวดเร็ว สะดวกสบาย มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.485 และ S.D = 0.652)

คุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ธนาคารมีขั้นตอนที่ให้บริการได้ด้วยตนเองและง่าย มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.211 และ S.D = 0.751)

ผลลัพธ์ที่สามารถพิสูจน์ได้ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ การทำธุรกรรมหากใส่รหัสผ่านผิดติดต่อกันเกิน 3ครั้งระบบจะล็อคทันที มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$ = 4.149 และ S.D = 0.875)

สมรรถนะของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจะมีสัญลักษณ์ทีใช้อธิบายในแต่ละรายการทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.095 และ S.D = 0.766)

การรับรู้จากการควบคุมจากภายนอก ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ การทำธุรกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งทุกครั้งที่ผู้ใช้บริการจะได้รับรหัส OTP ทุกครั้งเพื่อเป็นยืนยันข้อมูล มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$ = 4.123 และ S.D = 0.829)

ความวิตกต่อคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบการใช้งานเฉพาะพื้นที่ที่มีบริการอินเตอร์เท่านั้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.196 และ S.D = 0.853)

ความสนุกสนานของคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีรูปแบบการใช้งานที่ สามารถเข้าใช้งานได้ง่าย มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.274 และ S.D = 0.728)

ความสะดวกที่รับรู้ได้ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อการใช้งานของอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีความง่ายกว่าการใช้บริการที่เคาน์เตอร์ที่สาขา มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$= 4.337 และ S.D = 0.729)

การใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในหัวข้อ การใช้อินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีความสะดวก สามารถทำได้ทุกเวลา มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{X}$ = 4.366 และ S.D = 0.708)

ตอนที่ 4 การทดสอบสมมติฐานระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล

ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีเพศที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์

H0 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีเพศที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

H1 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีเพศที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ แตกต่างกัน

ตาราง 8.4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบทางด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จำแนกตามเพศ

ปัจจัย	**เพศผู้ตอบแบบสอบถาม**				**t**	**Sig.**
	ชาย (n=176)		**หญิง (n=224)**			
	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D		
ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์	4.408	0.559	4.278	0.617	2.138	0.328

* มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8.4.1 พบว่า ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ของเพศผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่แตกต่างกัน มีค่า Sig. เท่ากับ 0.328 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่ายอมรับสมมติฐานหลัก (H0) กล่าวคือ เพศของผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีเพศแตกต่างกันมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอายุที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์

H0 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอายุที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

H1 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอายุที่แตกต่างมีผลต่อต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ แตกต่างกัน

ตารางที่ 8.4.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบทางด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จำแนกตามช่วงอายุ

อายุ	n	$\bar{x}$	SD	F	sig.
20-25 ปี	157	4.328	0.538	1.201	0.308
26-30 ปี	98	4.327	0.575		
31-35 ปี	74	4.34	0.584		
26-40 ปี	37	4.38	0.619		
41-50 ปี	23	4.41	0.601		
51-55 ปี	11	3.93	0.981		

จากตาราง 8.4.2 พบว่า ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ของอายุผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่แตกต่างกันมีค่า Sig. เท่ากับ 0.308 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) กล่าวคือ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอายุที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์

H_0 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ แตกต่างกัน

ตาราง 8.4.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบทางด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	N	$\bar{x}$	SD	F	Sig.
ต่ำกว่าปริญญาตรี	83	4.397	0.519		
ปริญญาตรี/เทียบเท่า	260	4.272	0.612		
ปริญญาโท	54	4.472	0.505	3.086	0.027
ปริญญาเอก	3	4.833	0.288		
สูงกว่าปริญญาเอก	0	0	0		

* มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8.4.3 พบว่า ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ของระดับการศึกษาผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่แตกต่างกันมีค่า Sig. เท่ากับ 0.027 ซึ่งมีค่า น้อยกว่า 0.05 หมายความว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_1) กล่าวคือ ระดับการศึกษาผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์แตกต่างกัน ที่นัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เพื่อให้ทราบว่าระดับการศึกษาของผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์มีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย โดยมีความแตกต่างในรายคู่ใดบ้าง แล้วจึงทำการวิเคราะห์ทดสอบเพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยใช้วิธีทดสอบ LSD (least significant difference)

ตาราง 8.4.3.1 ตารางเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ LSD (least significant difference) ด้านความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยจำแนกตามระดับการศึกษา

(I) 3.ระดับการศึกษา	(J) 3.ระดับการศึกษา	Mean Difference (I-J)	Sig.
ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี/เทียบเท่า	0.12547	0.086
	ปริญญาโท	- 0.07463	0.461
	ปริญญาเอก	0.43574	0.201
ปริญญาตรี/เทียบเท่า	ต่ำกว่าปริญญาตรี	- 0.12547	0.086
	ปริญญาโท	-0.20011*	**0.021***
	ปริญญาเอก	- 0.56122	0.096
ปริญญาโท	ต่ำกว่าปริญญาตรี	0.07463	0.461
	ปริญญาตรี/เทียบเท่า	0.20011*	**0.021***
	ปริญญาเอก	- 0.36111	0.294
ปริญญาเอก	ต่ำกว่าปริญญาตรี	0.43574	0.201
	ปริญญาตรี/เทียบเท่า	0.56122	0.096
	ปริญญาโท	0.36111	0.294

ตาราง 8.4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ LSD (least significant difference) ด้านความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	$\bar{x}$	ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี/เทียบเท่า	ปริญญาโท	ปริญญาเอก	สูงกว่าปริญญาเอก
		4.397	4.272	4.472	4.833	0
ต่ำกว่าปริญญาตรี	4.397	0				
ปริญญาตรี/เทียบเท่า	4.272	- 0.125	0			
ปริญญาโท	4.472	0.075	0.200*	0		
ปริญญาเอก	4.833	0.436	0.058	0.361	0	
สูงกว่าปริญญาเอก	0	- 4.397	- 4.272	- 4.472	- 4.833	0

จากตาราง 8.4.3.2 เมื่อพิจารณาความแตกต่างรายคู่ พบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ด้านการศึกษานั้นส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ในอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ที่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กล่าวคือ ลูกค้าที่ระดับการศึกษาปริญญาตรี/เทียบเท่ามีความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ที่ สูงกว่า ลูกค้าที่ใช้บริการที่ระดับการศึกษาปริญญาโท

ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอาชีพที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์

H_0 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอาชีพที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอาชีพที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ แตกต่างกัน

ตาราง 8.4.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบทางด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จำแนกตามอาชีพ

อาชีพ	n	$\bar{x}$	SD	F	sig.
นักเรียน/นักศึกษา	115	4.375	0.508	0.560	0.73
ข้าราชการ	39	4.327	0.513		
ลูกจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน	153	4.278	0.625		
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	138	4.384	0.606		
เจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัว	36	4.334	0.709		
อื่นๆระบุ.....	19	3.427	0.507		

* มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8.4.4 พบว่าความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ของอาชีพผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่แตกต่างกันมีค่า Sig. เท่ากับ 0.73 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) กล่าวคือ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีอาชีพที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์

H_0 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์แตกต่างกัน

ตาราง 8.4.5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบทางด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จำแนกตามช่วงรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ช่วงรายได้เฉลี่ยต่อเดือน	n	$\bar{x}$	SD	F	sig.
ไม่เกิน 10,000 บาท	97	4.327	0.474	1.332	0.250
10,001 – 20,000 บาท	122	4.328	0.635		
20,001 – 30,000 บาท	116	4.305	0.559		
30,001 – 40,000 บาท	37	4.437	0.563		
40,0001 – 50,000 บาท	16	4.565	0.512		
สูงกว่า 50,001 บาท	12	4.066	1.028		

จากตาราง 8.4.5 พบว่า ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่แตกต่างกันมีค่า Sig. เท่ากับ 0.250 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) กล่าวคือ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างมีผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ ไม่แตกต่างกัน

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน

H_0 : ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน 5 ปัจจัย ไม่มีมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

H_1 : ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน 5 ปัจจัย มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

ตาราง 8.4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงพหุคูณระหว่างปัจจัยของการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.804	0.226		7.974	0.000
การบริการของระบบ (X_1)	0.169	0.054	0.162	3.118	0.002*
ภาพลักษณ์ (X_2)	0.054	0.033	0.080	1.657	0.098
ความเกี่ยวข้องกับงาน (X_3)	0.247	0.051	0.258	4.881	0.000*
คุณภาพของผลลัพธ์ (X_4)	0.075	0.028	0.125	2.702	0.007*
ผลลัพธ์ที่พิสูจน์ (X_5)	0.049	0.025	0.092	1.960	0.051

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ 0.05

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 8.4.6 พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ การบริการของระบบ , ความเกี่ยวข้องกับงาน และคุณภาพของผลลัพธ์

แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณ สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Standardized $Z = 0.162X_1 + 0258\ X_3 + 0.125X_4$

Unstandardized $Y = 1.804 + (0.169)\ X_1 + (0.247)\ X_3 + (0.075)\ X_4$

กำหนดให้ Y = ตัวแปรตาม , X_1 = ตัวแปรอิสระ , X_3=ตัวแปรอิสระ , X_4=ตัวแปรอิสระ

ด้านการบริการของระบบ (X_1) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.169 หน่วย เมื่อกำหนดให้ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์อีก 4 ปัจจัยคงที่

ด้านระบบความเกี่ยวข้องกับงาน(X_3) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.247 หน่วย เมื่อกำหนดให้ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์อีก 4 ปัจจัยคงที่

ด้านคุณภาพของผลลัพธ์ (X_4) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.075 หน่วย เมื่อกำหนดให้ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์อีก 4 ปัจจัยคงที่

ปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน

H_0 : ปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน 6 ปัจจัย ไม่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

H_1 : ปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน 6 ปัจจัย มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

ตาราง 8.4.7 ผลการวิเคราะห์เชิงพหุคูณระหว่างปัจจัยของการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.627	0.189		8.591	0.000
สมรรถนะด้านคอมพิวเตอร์ (X_1)	0.044	0.021	0.089	2.107	0.036*
การรับรู้จากภายนอก (X_2)	-0.008	0.018	-0.019	-0.112	0.656
ความวิตกต่อคอมพิวเตอร์ (X_3)	0.044	0.022	0.085	0.001	0.046*
ความสนุกสนานของคอมพิวเตอร์ (X_4)	0.059	0.030	0.090	1.952	0.052
ความสนุกสนานที่รับรู้ได้ (X_5)	0.028	0.024	0.050	1.163	0.245
การใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ (X_6)	0.470	0.045	0.488	10.398	0.000*

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ 0.05

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 8.4.7 พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ สมรรถนะด้านคอมพิวเตอร์, ความวิตกต่อคอมพิวเตอร์และการใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณสามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Standardized $Z = 0.089X_1 + 0.085 X_3 + 0.488X_6$

Unstandardized $Y = 1.627+ (0.044) X_1 + (0.044) X_3 + (0.470) X_6$

กำหนดให้ Y = ตัวแปรตาม , X_1 = ตัวแปรอิสระ , X_3 =ตัวแปรอิสระ , X_6=ตัวแปรอิสระ

ด้านการบริการของระบบ (X_1) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.044 หน่วย เมื่อกำหนดให้การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานอีก 5 ปัจจัยคงที่

ด้านระบบความเกี่ยวข้องกับงาน(X_3) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.044 หน่วย เมื่อกำหนดให้การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานอีก 5 ปัจจัยคงที่

ด้านคุณภาพของผลลัพธ์ (X_6) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีอิทธิพลความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เพิ่มขึ้น 0.470 หน่วย เมื่อกำหนดให้การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งานอีก 5 ปัจจัยคงที่

9.การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ใน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ส่วนใหญ่จะเลือกใช้เลือกใช้บริการของธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) คิดเป็นร้อยละ 47.8 ซึ่งรู้จักการบริการธุระกรรมผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจากพนักงานธนาคารแนะนำ คิดเป็นร้อยละ 67.3 และ การบริการของธนาคารพาณิชย์ผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง ส่วนใหญ่เป็นการโอนเงินภายในธนาคารเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 87.0

ผลการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ ระดับการศึกษาผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญใน ระดับปริญญาตรี/เทียบเท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ(กัลยาณี สุขวาณิชย์ศิลป์ ,2553 , น.26-27) ที่กล่าวว่าการศึกษาเป็นตัวแปรที่มีลักษณะความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับตัวแปรที่เกี่ยวกับการรับสารและการใช้สื่อ ในการศึกษาของผู้รับสารนั้นผู้รับสารจะมีพฤติกรรมการสื่อสารต่างกันไป โดยคนที่มีการศึกษาสูงจะเป็นผู้รับสารที่ดี เนื่องจากมี

ความรู้กว้างขวางในหลายๆเรื่องและสามารถเข้าใจสารได้ดี จึงส่งผลให้คนที่มีระดับการศึกษาสูงจะเลือกใช้สื่อมากประเภทกว่าคนที่มีการศึกษาต่ำ ในขณะที่ผลการศึกษาด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ นั้นไม่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามมีความแตกต่างในคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ จึงทำให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์แตกต่างกันและด้วยพนักงานส่วนใหญ่จะให้บริการสมัครอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งเมื่อลูกค้าเข้ามาเปิดบัญชีหรือเข้ามาใช้บริการที่ธนาคารนั้นเอง

ผลการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ด้านการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งาน ได้แก่ ด้านการบริการของระบบ ผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อ ธนาคารพาณิชย์ที่ให้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งความน่าเชื่อถือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมาสน์ ชัยสิทธิวาทิน (2557) ที่พบว่า ธนาคารที่ให้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งนั้นมีความมั่งคงอยู่เสมอ มีผลประกอบการที่ดีมาตลอดและมีบรรทัดฐานการให้บริการที่ดีอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การที่ธนาคารพาณิชย์สร้างความน่าเชื่อถือให้กับองค์กร การให้บริการที่ดีอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาสิ่งใหม่ๆเกิดขึ้นตลอดเวลา และการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุด ทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจในการใช้ธุรกรรมของธนาคารพาณิชย์ไม่ว่าจะเป็นการโอนเงิน ฝากเงิน การชำระค่าบริการต่างๆเป็นต้น จึงส่งผลต่อการรับรู้ว่ามีประโยชน์ต่อการใช้งานของผู้ใช้บริการ

ด้านความเกี่ยวข้องกับงาน ซึ่งผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบการใช้งานผ่านอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีความรวดเร็ว สะดวกสบายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชณิตา ไชยทัศน์ (2555) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการธนาคารออนไลน์ของผู้ใช้บริการในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก พบว่าธุรกรรมบริการทางธนาคารออนไลน์ที่เลือกใช้มากที่สุดคือ ธนาคารกสิกรไทย มีระยะเวลาที่ใช้บริการน้อยกว่า 1 ปี จำนวนครั้งที่ใช้มากที่สุดคือ 1-5 ครั้งต่อเดือนประเภทของบริการธนาคารออนไลน์ส่วนใหญ่คือสอบถามยอดเงินคงเหลือหรือเรียกดูรายการเดินบัญชีย้อนหลังมากที่สุดและปัจจัยด้านช่องทางให้บริการที่กล่าวว่ามีขั้นตอนการใช้งานได้ง่ายสะดวกและรวดเร็วมีระดับการยอมรับในระดับมากที่สุด

ด้านคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อระบบอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีขั้นตอนที่ให้บริการได้ด้วยตนเองและง่ายต่อการใช้งานซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศักรินทร์ ตันสุพงษ์ (2557) ที่กล่าวว่า การยอมรับเทคโนโลยี เป็นการตัดสินใจที่จะนำเทคโนโลยีทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามประธรรมไปใช้ จะกระทำก็ต่อเมื่อแน่ใจว่าเทคโนโลยีนั้นสามารถให้ประโยชน์อย่างแน่นอน โดยระยะเวลาไม่มีกำหนดแต่จะขึ้นอยู่กับบุคคลและลักษณะของเทคโนโลยีและสอดคล้องกับงานวิจัยของพรพรรณ ช้างงาเนียม (2553) ที่ศึกษาลักษณะบุคคล ความพึงพอใจและพฤติกรรมการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile Banking) ของลูกค้า

ธนาคารในกรุงเทพ พบว่าพฤติกรรมการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile Banking) มักจะนึกถึงความสะดวกในการใช้งานรองลงมาจะเป็นเรื่องของการประหยัดเวลา และส่วนใหญ่ใช้บริการผ่านโทรศัพท์มือถือใช้ในการถอนและชำระค่าบริการ

ผลการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ด้านการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน ได้แก่ด้านสมรรถนะของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อ ระบบอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายในแต่ละรายการทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัคจิรา นิลเกษม (2556) ที่ได้ศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้บริการธนาคารบนอินเตอร์เน็ตของลูกค้าธนาคารกรุงเทพ จำกัด(มหาชน)ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี พบว่าปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีจะขึ้นกับความหลากหลายของบริการความสะดวกและสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาตามลำดับ ด้านทัศนคติของผู้ใช้บริการพบว่าการใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจะอธิบายวิธีการใช้งานและขั้นตอนการใช้บริการที่ไม่ซับซ้อนและด้านการวิเคราะห์การตัดสินใจใช้บริการธนาคารบนอินเตอร์เน็ต พบว่าธนาคารบนอินเตอร์เน็ตทำให้ชีวิตของท่านง่ายขึ้นจึงตัดสินใจการตัดสินใจใช้บริการธนาคารบนอินเตอร์เน็ตโดยรวมอยู่ในระดับความสำคัญมากแสดงให้เห็นว่า การยอมรับเทคโนโลยีและทัศนคติมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการธนาคารบนอินเตอร์ ดังนั้นธนาคารพาณิชย์ควรพัฒนาระบบการใช้งานให้มีสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านได้ง่าย เข้าใจได้อย่างชัดเจนเข้ากับทุกวัยที่ใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้ง

ด้านความกังวลต่อการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อระบบการใช้งานเฉพาะพื้นที่ที่มีบริการอินเตอร์เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของแก้วขวัญ ผดุงพิพัฒน์บวร (2559) การทำธุรกรรมทุกครั้งความน่าเชื่อถือ มีความปลอดภัย ในการเข้าสู่ระบบการใช้งานที่มีการยืนยันตนในการใช้งานทุกครั้ง ไม่สามารถลอกเลียนแบบหรือปลอมแปลงการใช้งานได้ง่าย ธนาคารมีระบบตรวจสอบการใช้งาน ธนาคารมีการตรวจสอบระบบการใช้งานให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยไม่ว่าจะเป็นการเปิดรหัสเข้าใช้งานที่มีมาตรฐาน รหัส OTP ในการยืนยันข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์เมื่อทำธุรกรรมการโอนเงิน หรือเป็นการเตือนเมื่อระบบมีคนเข้าใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจในการบริการธนาคารบนโทรศัพท์และนอกจากนี้ความปลอดภัยในการใช้งานต้องมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายพร้อมทั้งคู่มือที่มีการอธิบายถึงขั้นตอนการเข้าใช้งานให้ง่าย

ด้านการใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ให้ความสำคัญในหัวข้อการใช้อินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งมีความสะดวก สามารถทำได้ทุกเวลาโดยไม่ต้องเสียเวลาที่จะไปธนาคารซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะบุตร ประสานสมบัติ (2557) ที่พบว่า ผู้ใช้บริการจะให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์มากที่สุดโดยเฉพาะความหลากหลายประเภท การใช้บริการมีผลต่อการตัดสินใจมากที่สุด เพราะเป็นเครื่องมือสำคัญในการดึงดูดให้ผู้บริโภคมาใช้บริการ อีกทั้งยัง

สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญญาภัทร จันทร์โพธิ์ (2554) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ธนาคารทางอินเตอร์เน็ตของธนาคารกรุงไทย จำกัด(มหาชน)สาขาเซ็ลทรัลพลาซ่า จังหวัดขอนแก่น พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่การรู้จักการบริการธนาคารอินเตอร์เน็ตของธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) นั้นมาจากพนักงานธนาคารเป็นผู้แนะนำ จึงทำให้ความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์แตกต่างกันและด้วยการใช้อินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งจำเป็นต้องใช้ระบบอินเตอร์ในการเชื่อมข้อมูล จึงไม่มีส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งนั้น

10. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำไปประยุกต์ใช้

ผู้ประกอบการธนาคารสามารถนำไปพัฒนาสื่อสิ่งพิมพ์ให้ตอบโจทย์กับกลุ่มลูกค้าในแต่ละช่วงวัยของลูกค้า เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งานหรือการนำไปพัฒนาสื่อสิ่งพิมพ์ทาง Social Media เช่น Line Facebook หรือการทำแผ่นพับตามตู้ฝากเงิน – ถอนเงิน ถึงขั้นตอนการสมัครหรือการทำรายการ การบริการให้คำแนะนำหรือการแจกใบโปรชัวร์ให้กับลูกค้า การชักชวนให้ลูกค้าโหลดแอปพลิเคชั่นอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งและอธิบายให้กับลูกค้าถึงความสะดวกในการใช้ พนักงานอาจเดินอธิบายและให้คำแนะลูกค้าในสถานทีต่างๆเพื่อให้ลูกค้าเข้าใจและเข้าถึงได้มากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการทำการศึกษาครั้งต่อไป

ปัจจุบันการยอมรับเทคโนโลยีได้จำแนกออกไปหลายปัจจัยมากยิ่งตามธุรกิจที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และด้วยในปัจจุบันโลกได้มีการพัฒนาไปอย่างก้าวหน้า เข้าสู่ยุค 4.0 ที่ว่าด้วยเรื่อง เทคโนโลยีเป็นหลัก และอนาคตในการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์ จะสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้มากยิ่งขึ้น เช่น ความพึงพอใจในการบริการหรือความไว้วางใจที่ลูกค้ามีต่อธนาคาร เป็นต้น การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มลูกค้าที่ใช้บริการธนาคารพาณิชย์ใน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย เท่านั้น ในการศึกษาครั้งหน้าควรขยายพื้นที่ในการศึกษาให้มากยิ่งขึ้น จะทำให้ผลการวิจัยมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

บรรณานุการกรม

กัญญาภัทร จันทร์โพธิ.(2554).ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ธนาคารอินเตอร์เน็ตของธนาคารกรุงไทย จำกัด(มหาชน)สาขาเซ็นทรัล พลาซา จังหวัดขอนแก่น,คณะวิทยาการจัดการ,บัณฑิตมหาวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กัลยาณีสุขวาณิชยศิลป์. (2553). “ทัศนคติต่อการยอมรับเทคโนโลยีFMS (Franchise Management System) มาใช้งานของบริษัท ซีพีออลล์ จำกัด(มหาชน)” . วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

แก้วขวัญ ผดุงพิพัฒน์บวร. (2559). ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่ผลต่อความพึงพอใจในการใช้บริการธนาคารบนโทรศัพท์มือถือของธนาคารกรุงไทย (KTB Netbank),คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี,วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ณัฐดนัย ใจชน. (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการจากธนาคารพาณิชย์ในเขตกรุงเทพมหานคร. การศึกษาอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ธณิตา ไชยทัศน์ . (2555) .ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการธนาคารออนไลน์ของผู้ใช้บริการในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก,บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธนาคารแห่งประเทศไทย.รายงานประจำปี 2560. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2561 ,https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/Report/DocLib_/BOTAnnualReport_2558.pdf

ปัทมาสน์ ชัยสิทธิ์วาทิน.(2557).ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ธนาคารทางอินเตอร์เน็ต กรณีศึกษาธนาคารพาณิชย์ที่มีผู้นิยมใช้บริการสูงสุด 5 ลำดับแรกในปี 2555 .สาขาผู้ประกอบการ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ปิยะบุตร ประสานสมบัติ .(2557).การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการธนาคารพาณิชย์ในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดพิษณุโลก.สาขาวิชาบริการธุรกิจมหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรพรรณ ช้างงาเนียม .(2553).ลักษณะความพึงพอใจและพฤติกรรมใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านโทรศัพท์(Mobile Banking)ของลูกค้าธนาคารในกรุงเทพมหานคร.สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

ภัคจิรา นิลเกษม (2556)ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้บริการธนาคารบนอินเตอร์เน็ตของลูกค้าธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ,มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

วิกิพีเดีย.ภาคกลาง ประเทศไทยปี 2561. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2561 , https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%87_(%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2)

ศักรินทร์ ตันสุพงษ์ (2557)ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับแอพพลิเคชั่นไลน์วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตทิต,มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ปัจจัยจำแนกการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

DISCRIMINANT FACTOR OF THE BUYING DECISION OF CONSTRUCTION MATERIALS IN MUANG DISTRICT,PHITSANULOK PROVICE

วราภรณ์ แพทย์ประสิทธิ์(Waraporn Phatprasit)* อรรถไกร พันธ์ภักดี(Attakrai Punpukdee)
สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร
*Corresponding author. E-mail:kung.ph5@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองลูกค้า และปัจจัยการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ ปัจจัยใดที่สามารถจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้าง และนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ใช้แบบสอบถามแบบปิดในการเก็บรวบรวมข้อมูลของลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้าง กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 442 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ และกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม สถิติที่ใช้ในการวิจัย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

ผลการศึกษา พบว่า ตัวแปรที่จำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างมี 8 ตัวแปร ตามลำดับดังนี้ ความสะดวก (C3) การติดตามลูกค้า (CRM1) คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (C1) การติดต่อสื่อสาร (C5) การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า (CRM4) การดูแลเอาใจใส่ (C6) การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน (CRM3) การทำให้เฉพาะเจาะจง (CRM5) และสามารถสร้างสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในรูปคะแนนดิบและคะแนนมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

Y = -5.974+1.174(C3)+0.582(CRM1)+0.532(C1)+0.492(C5)+0.278(CRM4)-0.095(C6) -0.092(CRM3)+0.073(CRM5)

Zy = 0.697Z(C3)+0.475Z(CRM1)+0.407Z(C1)+0.397Z(C5)+0.211Z(CRM4)-0.066Z(C6)-0.061Z(CRM3)+0.057Z(CRM5)

โดยสมการสามารถจำแนกความเป็นสมาชิก กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ถูกต้องร้อยละ 72.40 และกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิมถูกต้องร้อยละ 74.40 เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า สมการสามารถจำแนกประเภทกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างได้ร้อยละ 73.50

คำสำคัญ: ปัจจัยจำแนก ลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ ลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม

Abstract

The research aimed to study factor of Marketing mix on customer' perspective and factor of Customer relationship management. What factor can discriminate consumer and to formula the discriminate functions of the buying decision of construction materials in Muang District, Phitsanulok province. Closed-ended questionnaires were reviewed and implemented to collect data 442 sample. Divided into 2 group are Customer of modern Trade and Customer of Traditional Trade. Statistical analysis of the data includes, frequency, percentage, mean, standard variation and discriminant Analysis Method.

The results found that 8 factors can discriminate group of consumer of construction materials: Convenience (C3) Customer prospecting (CRM1) Consumer value (C1) Communication (C5) Understanding customer expectation (CRM4) Caring (C6) Interactive Management (CRM3) Personalization (CRM5) and the discriminant functions were written in raw score and standard score forms follow:

Y = -5.974+1.174(C3)+0.582(CRM1)+0.532(C1)+0.492(C5)+0.278(CRM4)-0.095(C6)-0.092(CRM3) +0.073(CRM5)

Zy = 0.697Z(C3)+0.475Z(CRM1)+0.407Z(C1)+0.397Z(C5)+0.211Z(CRM4)-0.066Z(C6) -0.061Z(CRM3)+0.057Z(CRM5)

The statistic show that the discriminant functions can predict Customer of Modern Trade and Customer of Traditional Trade at 72.40 percent and 74.70 percent.

Keywords: Discriminant Factor, Customer of Modern Trade, Customer of Traditional Trade

บทนำ

กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 ประกอบด้วย 5 จังหวัด คือ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดตาก ซึ่งจังหวัดพิษณุโลกนั้นเป็นศูนย์กลางธุรกิจการค้าการลงทุนและการบริการของกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 จากการที่มีศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ศูนย์การค้าโมเดิร์นเทรดขนาดใหญ่ ทั้งยังเป็นศูนย์กลางทางการแพทย์และการศึกษา สามารถดึงเม็ดเงินจากกำลังซื้อของจังหวัดข้างเคียงเข้ามา ทำให้เศรษฐกิจจังหวัดพิษณุโลกมีการ

เจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 พบว่าจังหวัดพิษณุโลกมีรายได้สูงสุดอยู่ที่ 62,153.74 ล้านบาท และประเภทธุรกิจที่ประกอบการสูงสุดอันดับที่ 1 ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 คือ หมวดก่อสร้างอาคารทั่วไป มีการจดทะเบียน 2,092 ราย (กรมการพัฒนาธุรกิจการค้า, 2560) ธุรกิจวัสดุก่อสร้าง จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำที่สำคัญของภาคก่อสร้างและอสังหาริมทรัพย์ในไทยซึ่งมักปรับตัวในทิศทางเดียวกัน สะท้อนได้จากสัดส่วนค่างานก่อสร้างที่มีต้นทุนวัสดุก่อสร้างถึง 60% ของค่าก่อสร้างทั้งหมด ทั้งนี้ความต้องการใช้วัสดุก่อสร้างในประเภทต่างๆขึ้นอยู่กับกำลังซื้อ รสนิยมและการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคและในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา ธุรกิจวัสดุก่อสร้างมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีนวัตกรรมใหม่มากขึ้น รูปแบบของร้านค้ามีการปรับตัวให้เป็นร้านค้าสมัยใหม่มากขึ้น เช่น การจัดเรียงสินค้าให้เป็นหมวดหมู่ การที่ร้านค้าสมัยใหม่มีการขยายสาขามากขึ้น หลากหลายอย่างครบวงจรในแห่งเดียว (one-stop shopping) มีสินค้าตั้งแต่วัสดุก่อสร้างพื้นฐานจนถึงเฟอร์นิเจอร์และสินค้าตกแต่งบ้าน มีระบบการบริหารจัดการทันสมัยและบริการหลังการขายที่สามารถตอบโจทย์ผู้บริโภค ยุคใหม่ที่ต้องการความสะดวก (ธนาคารกรุงศรีอยุธยา, 2560) การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจน ท่ามกลางสภาวการณ์แข่งขันที่รุนแรง เช่น ปัจจุบัน ผู้ประกอบการหรือเจ้าของกิจการต้องมีการบริการจัดการที่ดี สิ่งที่ขาดไม่ได้ คือ มนุษย์สัมพันธ์ที่ดี ต้องรู้จักมัดใจลูกค้าเก่าและเพิ่มลูกค้าใหม่มากขึ้น ซึ่งผู้ประกอบการกลุ่มร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ได้ปรับกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อกระตุ้นยอดขายและเร่งระบายสินค้าออกไปได้โดยเร็ว เพื่อให้มีรายได้หมุนเวียนมากขึ้น นอกเหนือจากการใช้กลยุทธ์ทางการตลาด มีการขยายสาขาให้ครอบคลุมจังหวัดสำคัญๆ แต่การขยายสาขาไปยังต่างจังหวัดยังคงต้องเผชิญข้อจำกัด เช่น ความแตกต่างระหว่างสังคมวิถีการดำเนินชีวิต และพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มลูกค้า ในส่วนผู้ประกอบการร้านค้าปลีกวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) พบการรุกตลาดของผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มา ในลักษณะของรูปแบบการค้าปลีกวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ตกแต่งบ้านแบบครบวงจร อาจส่งผลกระทบต่อยอดขายของผู้ประกอบการกลุ่มนี้ เช่นกัน ผู้ประกอบการร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ในพื้นที่ที่การเข้ามาแข่งขันจากธุรกิจรายใหญ่จึงจำเป็นต้องเร่งปรับตัวเพื่อให้ยังสามารถรักษาฐานตลาดไว้ได้ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย,2559) และในปัจจุบันการตลาดยุคใหม่เน้น “ลูกค้าคือบุคคลที่สำคัญที่สุด” เพราะลูกค้าเป็นผู้ตัดสินธุรกิจและจุดเริ่มต้นของการดำเนินธุรกิจใดๆ ก็ตามต้องเข้าใจว่าใครคือลูกค้าของเรา ผู้บริหารทุกฝ่ายต้องจำเป็นต้องมีข้อมูลผู้บริโภค เพื่อวางแผนและกำหนดกลยุทธ์ต่างๆทางการตลาดให้เหมาะสมและตรงตามความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย เพราะในปัจจุบัน ผู้บริโภคมีสิทธิเสรีภาพพอสมควรในการเลือกซื้อสินค้า ที่ตนมีความประสงค์ตรงความต้องการ หากสินค้าหรือบริการใดที่ผู้บริโภคซื้อไปแล้วมีความรู้สึกพอใจ ได้รับประโยชน์และคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป เรียกว่าสินค้าและบริการนั้นมี Customer Value หรือคุณค่าต่อผู้บริโภค ส่วนความพึงพอใจของลูกค้า

(Customer Satisfaction) จะเกิดกับการรับรู้ในคุณสมบัติหรือคุณประโยชน์ของสินค้า หรือบริการที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับความคาดหวังของลูกค้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งทำให้ลูกค้ากลับมาซื้อสินค้าและบริการนั้นซ้ำ (กุลฑลี รื่นรมย์และคณะ,2547)

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองของลูกค้า (7C's) ซึ่งได้แก่ คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (Customer Value) ต้นทุน (Cost to Customer) ความสะดวก (Convenience) ความสบาย (Comfort) การติดต่อสื่อสาร (Communication) การดูแลเอาใจใส่ (Caring) และ ความสำเร็จในการตอบสนองความต้องการ (Completion) (เอกวิทย์ สุวรรณวงศ์,2555) เพราะเป็นการเน้นกระบวนการสร้างมูลค่าเพิ่มร่วมกับลูกค้า สามารถตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า โดยได้มาจากการศึกษาความต้องการที่ลูกค้าให้ผลสะท้อนกลับแล้วนำมาปรับปรุง ซึ่งการสร้างมูลค่าเพิ่มอาจทำได้ด้วยการเสนอผลประโยชน์ตรงตามที่ลูกค้าต้องการ มีการรับประกันก่อนการขายและหลังการขายที่ดีกว่า สร้างความสะดวกสบาย สร้างความรู้สึกที่ดีของลูกค้า ทั้งต่อองค์กรพนักงานผู้ให้บริการ การให้บริการที่รวดเร็ว (อดิศักดิ์ สุวิมวัส,2556) นอกจากปัจจัยข้างต้นแล้ว ปัจจัยการจัดการลูกค้า (Customer Relationship Management : CRM) ซึ่งได้แก่ การติดตามลูกค้า (Customer Prospecting) สัมพันธภาพกับลูกค้า (Relation with Customer) การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน (Interactive Management) การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า(Understanding Customer Expectation) การทำให้เฉพาะเจาะจงบุคคล (Personalization) ซึ่งเป็นกระบวนการเน้นลูกค้า เป็นศูนย์กลาง (Customer Centric) มีบทบาทที่สำคัญมากที่จะมารักษาลูกค้าปัจจุบัน หาลูกค้าใหม่ และดึงลูกค้าเก่า (ชื่นจิตต์ แจ้งเจนจิตต์,2546)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยใดที่สามารถจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อวิเคราะห์และสร้างสมการจำแนกการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรจำแนก

1.ส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองลูกค้า (7C's)

-คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ(Consumer Value)

-ต้นทุน(Cost to Customer)

-ความสะดวก(Convenience)

-ความสบาย(Comfort)

-การติดต่อสื่อสาร(Communication)

-การดูแลเอาใจใส่(Caring)

-ความสำเร็จในการตอบสนองความต้องการ(Completion)

2.การบริหารงานลูกค้าสัมพันธ์ (CRM)

-การติดตามลูกค้า(Customer Prospecting)

-สัมพันธภาพกับลูกค้า(Relation with Customer)

-การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน(Interactive Management)

-การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า(Understanding Customer Expectations)

-การทำให้เฉพาะเจาะจงบุคคล(Personalization)

กลุ่มจากการจำแนก

กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่(Modern Trade)

กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม(Traditional Trade)

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร (Population) ลูกค้าที่มาใช้บริการร้านวัสดุก่อสร้าง ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรไม่ทราบจำนวนที่แน่นนอน ดังนั้นขนาดตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสูตร W.G. Cochran โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (กัลยา วาณิชย์บัญชา,2549) ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 385 คน เพื่อทดแทนการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง จึงเพิ่มขึ้น 15% ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่มีการเก็บ 442 ตัวอย่าง

วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็น (Probability Sampling) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota Sampling) เพราะลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ ลูกค้าที่ซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ (Modern Trade) และลูกค้าที่ซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ซึ่งจากการสำรวจพบว่า มีร้านวัสดุก่อสร้างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มากกว่า 30 ร้าน โดยแบ่งเป็น กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ จำนวน 221 ตัวอย่าง กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม 221 ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้วิธีการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research)และใช้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามปลายปิด (Close-ended Questionnaire) โดยใช้มาตรวัดประมาณค่า (Rating Scale) ให้คะแนนแต่ละระดับ

ตั้งแต่ค่าคะแนนน้อยที่สุด คือ 1 ถึงค่าคะแนนมากที่สุด คือ 5 โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้กรอกข้อมูลในแบบสอบถามด้วยตนเอง ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับ ข้อมูลทั่วไปด้านเพศ อายุ การศึกษา รายได้ต่อเดือน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐาน จำนวน 10 ข้อ ส่วนที่ 2 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองลูกค้า (7C's) จำนวน 25 ข้อ ส่วนที่ 3 ปัจจัยการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ จำนวน 19 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามจำนวนของขนาดตัวอย่าง ผู้วิจัยดำเนินการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป สถิติการวิเคราะห์ใช้สถิติเชิงพรรณนา สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยค่าร้อยละ ค่าแจกแจงความถี่ ส่วนที่ 2 ข้อมูลปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองลูกค้า (7C's) และข้อมูลปัจจัยการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนที่ 3 ข้อมูลปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดในมุมมองลูกค้า (7C's) และข้อมูลปัจจัยการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) นำมาวิเคราะห์ปัจจัยจำแนกกลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Discriminant Analysis โดยใช้วิธี Enter independent together

ผลการวิจัย

จากการสำรวจการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างของลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ทำการให้แบบสอบถาม จำนวน 442 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) จำนวน 221 ตัวอย่าง และกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) จำนวน 221 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติฟังก์ชันการจำแนกประเภท (Discriminant function) มี 1 ฟังก์ชันเนื่องจากตัวแปรตามมี 2 กลุ่ม ผลการวิเคราะห์ให้ 1 ฟังก์ชัน ค่า canonical correlation มีค่า 0.483 และ Sig.<.05 ค่า wilk's Lambda เท่ากับ 0.766 ค่า Chi-squareเท่ากับ 115.453 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามบางตัวมีความแตกต่างกันอย่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 8 ตัว ได้แก่ C1(คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ), C3(ความสะดวก), C5(การติดต่อสื่อสาร), C6(การดูแลเอาใจใส่), CRM1(การติดตามลูกค้า), CRM3(การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน), CRM4(การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า), CRM5(การทำให้เฉพาะเจาะจง)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรสมการจำแนกกลุ่มร้านวัสดุก่อสร้าง

ตัวแปรอิสระ	Unstandardized Function	Standardized Function
C1 (คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ)	.532	.407
C3 (ความสะดวก)	1.174	.679
C5 (การติดต่อสื่อสาร)	.492	.397
C6 (การดูแลเอาใจใส่)	-.095	-.066
CRM1 (การติดตามลูกค้า)	.582	.475
CRM3 (การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน)	-.092	-.061
CRM4 (การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า)	.278	.211
CRM5 (การทำให้เฉพาะเจาะจง)	.073	.057
(Constant)	-5.974	

ค่าเฉลี่ยของสมการจำแนกกลุ่ม (Group Centroid) พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมจากโมเดลจำแนกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) มีค่าเป็นบวก (0.551) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมจากสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) มีค่าเป็นลบ (-0.551)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้าง Modern Trade หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้าง Traditional Trade

การเข้าเป็นสมาชิก		Predicted Group Membership		
		Modern Trade	Traditional Trade	Total
Original Count	Modern Trade	160	61	221
	Traditional Trade	56	165	221
%	Modern Trade	72.4	27.6	100
	Traditional Trade	25.3	74.7	100

จากสมการจำแนกกลุ่มสามารถนำไปคาดคะเนการเป็นสมาชิกของกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ได้ถูกต้องร้อยละ 73.5

สรุปและอภิปรายผล

จากงานวิจัยพบว่าสถิติที่ใช้ในการประเมินสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) พบว่าค่า Canonical correlation เท่ากับ 0.483 เมื่อนำค่า Canonical correlation มายกกำลังสอง จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรในสมการจำแนกสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ร้อยละ 23.23 Wilk's Lambda มีค่าเท่ากับ 0.766 ค่า Chi-square เท่ากับ 115.543 ซึ่งแสดงว่าตัวปัจจัยตัวแปรจำแนกในสมการ มีอำนาจในการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ได้อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ปัจจัยที่สามารถจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Sig<.05 มีอยู่ 8 ปัจจัย ได้แก่ มีปัจจัยจำแนกที่ดีอยู่ 8 ตัวแปร ได้แก่ C3 (ความสะดวก) รองลงมา CRM1 (การติดตามลูกค้า) รองลงมา C1 (คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ) รองลงมา C5 (การติดต่อสื่อสาร) รองลงมา CRM4 (การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า) รองลงมา C6 (การดูแลเอาใจใส่) รองลงมา CRM3 (การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน) รองลงมา CRM5 (การทำให้เฉพาะเจาะจง) สามารถนำมาเขียนสมการจำแนกได้ดังนี้

สมการจำแนกกลุ่มในรูปแบบคะแนนดิบ

Y = -5.974+1.174(C3)+0.582(CRM1)+0.532(C1)+0.492(C5)+0.278(CRM4)-0.095(C6) -0.092(CRM3) +0.073(CRM5)

สมการจำแนกกลุ่มในรูปแบบมาตรฐาน

Zy = 0.697Z(C3)+0.475Z(CRM1)+0.407Z(C1)+0.397Z(C5)+0.211Z(CRM4)-0.066Z(C6) -0.061Z(CRM3)+0.057Z(CRM5)

ค่าเฉลี่ยของสมการจำแนกกลุ่ม (Group Centroid) พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมจากโมเดลจำแนกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) มีค่าเป็นบวก (0.551) ดังนั้นตัวแปร (C3)ความสะดวก (CRM1) การติดตามลูกค้า (C1) คุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (C5) การติดต่อสื่อสาร (CRM4) การเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า (CRM5) การทำให้เฉพาะเจาะจงบุคคล เป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มจะเป็นลักษณะของกลุ่มลูกค้า Modern Trade ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมจากสมการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) มีค่าเป็นลบ (-0.551) ดังนั้นตัวแปร (C6)การดูแลเอาใจใส่ (CRM3)การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน เป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มจะเป็นลักษณะของกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) จากสมการจำแนกกลุ่มสามารถนำไปคาดคะเนการเป็นสมาชิกของกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ทำนายได้อย่างถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 72.4 ส่วนกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ทำนายได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 74.7 เมื่อพิจารณารวมทั้งหมด สามารถนำไปคาดคะเนการเป็นสมาชิกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ได้ถูกต้องร้อยละ 73.5

ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยสำคัญในการจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกนำมาอภิปรายผล มีดังนี้

ปัจจัยความสะดวก (Convenience) เป็นปัจจัยจำแนกที่ถือว่าสำคัญที่สุด ต่อการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบ ดั้งเดิม (Traditional Trade) จากสมการก็พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวกเท่ากับ (0.697) การที่ปัจจัยด้านความสะดวกส่งผลในทางบวก เนื่องมาจากในปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีความเปลี่ยนแปลงไป ลูกค้าต้องการความสะดวกจากการมีพนักงานให้คำแนะนำ มีช่องทางการให้บริการสินค้าสะดวกจอดรถง่าย ร้านค้าตั้งใกล้แหล่งชุมชน ซึ่งร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) นั้นส่วนใหญ่มีลานจอดรถขนาดใหญ่ จอดรถง่ายและสะดวก ร้านค้าตั้งใกล้แหล่งชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของอดุลย์ จาตุรงคกุลและดลยา จาตุรงคกุล (2545) เรื่องตัวแปรที่กระทบต่อกระบวนการพฤติกรรมผู้บริโภค กล่าวว่า อิทธิพลจากห้างร้าน เช่น หากลูกค้าที่ให้ความสำคัญในเรื่องความสะดวกเช่นมีที่ จอดรถ มีพนักงานให้คำแนะนำ ลูกค้าก็มีแนวโน้มที่จะเป็นกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบ Modern Trade ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรแก้ว ชิมะบุตร (2558) ทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ซื้อสินค้าวัสดุก่อสร้างในร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่และแบบดั้งเดิม พบว่าร้านค้าวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ความได้เปรียบ มีทำเลที่ตั้งใกล้กับแหล่งชุมชน ที่จอดรถสะดวก ส่วนร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม ส่วนใหญ่เป็นตึกแถว ทำเลที่ตั้งอยู่ใกล้แหล่งชุมชน ทำให้เกิดปัญหาที่จอดรถไม่เพียงพอ

ปัจจัยการติดตามลูกค้า (Customer Prospecting) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญ รองลงมาต่อการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) จากสมการก็พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวก เท่ากับ (0.475) การที่ปัจจัยการติดตามลูกค้า (Customer Prospecting) ส่งผลในทางบวกเนื่องมาจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ได้นำระบบการขายสินค้าที่มีมาตรฐาน มีพนักงานเก็บเงินและใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูลการค้า มี ระบบสมาชิก และสามารถมีส่วนลดให้สมาชิก มีการเก็บข้อมูลชื่อลูกค้า มีการแจ้งโปรโมชั่นสำหรับสมาชิก ย่อมส่งผลให้ลูกค้านั้นกลับมาใช้บริการซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สุดาพร กุณฑลบุตร (2552) ได้กล่าวว่า การตลาดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ย่อมส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงของคู่แข่ง ลูกค้า และแนวโน้มในอนาคตซึ่งต้องคอยติดตามลูกค้าเพื่อให้สถานการณ์ที่เป็นจริงในปัจจุบันและสามารถแข่งขันได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยวัฒน์ ขันตี (2554) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างและปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างของผู้บริโภค ด้านปัจจัยด้านกระบวนการบริการ พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยด้านที่ให้ความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุดคือร้านค้ามีระบบการขายหน้าร้านที่ทันสมัย มีระบบสมาชิก สามารถเก็บข้อมูลการซื้อขาย แจ้งส่วนลดพิเศษของลูกค้า มีการปรับเปลี่ยนและพัฒนาผังภายในร้านตลอดเวลา พนักงาน ทุกคนให้บริการเป็นมาตรฐานเดียวกัน และมีรูปแบบภายในร้านมีความทันสมัย โดดเด่นเรียงตามลำดับ

ปัจจัยคุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (Consumer Vale) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมาต่อการแบ่งกลุ่ม ลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) จากสมการพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวกเท่ากับ (0.407) การที่ปัจจัยคุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (Consumer Vale) ส่งผลในทางบวก เนื่องจากปัจจุบัน ลูกค้าจะเลือกซื้ออะไรกับใครนั้น สิ่งที่ลูกค้าใช้พิจารณาเป็นหลักคือ คุณค่าหรือประโยชน์ต่างๆ ที่ลูกค้าจะได้รับ สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างตรงจุด ร้านค้าวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) มีรูปแบบทางการตลาดมากมาย เช่น การมีโบว์ชัวร์แจกโดยมีรายละเอียดสินค้าต่างๆ ที่ลดราคา เพื่อให้ลูกค้าสามารถเปรียบเทียบราคาสินค้าสินค้าและชนิดของสินค้าก่อนการซื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดของ

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2552) ที่กล่าวถึงพฤติกรรมผู้บริโภคว่า จะทำการค้นหาซื้อ การประเมิน การใช้และการบริการ เพราะผู้บริโภคจะคาดว่าสินค้าหรือบริการนั้นจะตอบสนองความต้องการของเขาเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรศชนน วิตตานนท์ (2545) ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค ต่อการใช้บริการศูนย์ค้าปลีกวัสดุก่อสร้างครบวงจร รูปแบบห้างสรรพสินค้า กรณีโฮมโปรพบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจ มีความพึงพอใจด้านสินค้ามากที่สุด ด้านความ

หลากหลายของสินค้าที่มีจำหน่าย รองลงมาราคาสินค้า รองลงมาด้านสถานที่ และด้านส่งเสริมการขายตามลำดับ

ปัจจัยการติดต่อสื่อสาร (Communication) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมาต่อการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) จากสมการพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวก เท่ากับ (0.397) การที่ปัจจัยการติดต่อสื่อสาร (Communication) ส่งผลในทางบวก เนื่องจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) เป็นธุรกิจที่มีสาขากระจายอยู่ทั่วประเทศ ทำให้งบโฆษณาประชาสัมพันธ์มีมูลค่ามาก ทำให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารกับลูกค้าได้หลายช่องทาง มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆ การประชาสัมพันธ์สิทธิประโยชน์ของลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของเสรี วงษ์มณฑา (2542) กล่าวว่า ลักษณะของการตลาดที่ดีนั้นจะให้ความสำคัญกับผู้บริโภคและจะใช้ข้อมูลข่าวสาร เกี่ยวกับผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญในทางการตลาด กิจกรรมทางการตลาดทั้งหลายการจัดจำหน่าย การตั้งราคา การบรรจุหีบห่อ การโฆษณาประชาสัมพันธ์ จะต้องสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพล สันสนและเยาวภา ปฐมศิริกุล (2558) ได้ทำการศึกษาเรื่องกลยุทธ์การตลาดเพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของค้าปลีกวัสดุก่อสร้างในไทยพบว่ากลยุทธ์การตลาดที่สำคัญที่สุดของธุรกิจค้าปลีกแบบดั้งเดิม คือกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด

ปัจจัยการเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า(Understanding Customer Expectation)เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมาต่อการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม Traditional Trade สัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวก เท่ากับ (0.211) การที่ปัจจัยการเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า(Understanding Customer Expectation) ส่งผลในทางบวก เนื่องจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) มีการจัดเตรียมสินค้าพิเศษให้กับสมาชิกและบริการที่ดีที่สุดเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ จัดกิจกรรมทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้ลูกค้ามีความคาดหวังว่า เมื่อซื้อสินค้าร้านนี้จะได้รับส่วนลดหรือบริการที่ดีแก่ตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของเสรี วงษ์มณฑา (2542) กล่าวว่าลูกค้าจะกำหนดความคาดหวังในคุณค่าและการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งความคาดหวังนั้น ดังนั้นธุรกิจทั้งหลายจะมีผลกระทบต่อความพึงพอใจกับลูกค้าและการกลับมาซื้อซ้ำไม่มาก็น้อย ซึ่งหากสอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนา โพนโต (2557) ทำการศึกษา ปัจจัยการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ลูกค้าวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นระดับมากในด้านการเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า สัมพันธภาพกับลูกค้า การติดตามลูกค้า การบริหารการสื่อสารระหว่างกัน การให้เฉพาะเจาะจง ตามลำดับ หากลูกค้าให้ความสำคัญในปัจจัยด้านนี้มาก ลูกค้าก็มีแนวโน้มที่จะเป็นกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบ Modern Trade

ปัจจัยด้านการดูแลเอาใจใส่ (Caring) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมา ต่อการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) สัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางลบ เท่ากับ (-0.066) การดูแลเอาใจใส่ใจ (Caring) ส่งผลในทางลบ เนื่องจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ลูกค้าของร้านมีปริมาณที่ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ทำให้ร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) มีการบริการที่เป็นกันเอง สามารถให้คำแนะนำกับลูกค้าในสินค้านั้นๆได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสินค้าจากร้านวัสดุก่อสร้างมีปริมาณและยี่ห้อที่ไม่หลากหลายเมื่อเทียบกับร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) จึงทำให้สามารถดูรายละเอียดในด้านสินค้าได้อย่างถูกต้อง เพราะร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่เจ้าของร้านเป็นคนดูรายละเอียดของการนำสินค้าเข้ามาขาย ซึ่งสอดคล้องกับ กับแนวคิดของ ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541) ได้กล่าวว่า ลูกค้าที่มาใช้บริการสิ่งที่ต้องการเป็นพิเศษจากผู้ให้บริการ คือ การดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี เช่น ลูกค้ามาติดต่อขอให้บริการ ติดต่อสอบถาม หรือแจ้งข้อร้องเรียน ควรให้คำแนะนำที่ดีแก่ลูกค้า จากการวิจัย พบว่า พนักงานร้านมีความเป็นกันเองกับลูกค้า สามารถร้องเรียนได้โดยตรง มีคำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับลูกค้า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างตัดสินใจซื้อ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยวัฒน์ ขันตี (2554) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างและปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างของผู้บริโภค พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญมากที่สุดคือ พนักงานขายสามารถให้ความรู้เกี่ยวกับสินค้าได้เป็นอย่างดี สามารถคำนวณปริมาณการใช้สินค้าให้ลูกค้าได้ พนักงานสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี

ปัจจัยการสื่อสารระหว่างกัน (Interactive Management) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมาต่อกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) สัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางลบ มีค่าเท่ากับ (-0.061) การสื่อสารระหว่างกัน (Interactive Management) ส่งผลในทางลบ เนื่องจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) การบริการของร้านมีความเป็นกันเองระหว่างลูกค้า และมีระบบการขายที่ไม่ซ้ำซ้อน ลูกค้าสามารถบอกความพอใจ ความไม่พอใจ หรือความต้องการใช้สินค้าที่ตรงตามความต้องการกับเจ้าของร้านได้โดยตรง ซึ่งทำให้ร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) สามารถตอบสนอง และสามารถยืดหยุ่นปรับสภาพให้สามารถตอบสนองกับความต้องการและพฤติกรรมของลูกค้าได้อย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกุณฑลี รื่นรมย์ และคณะ (2547) กล่าวว่าการบริหารความสัมพันธ์กับลูกค้า ความต้องการและพฤติกรรมของลูกค้าในทุกด้าน จากการมีปฏิสัมพันธ์กับลูกค้า ทำให้สามารถทราบถึงข้อมูลและนำแหล่งข้อมูลนั้นมาพัฒนาสินค้าและบริการให้เหมาะสมกับลูกค้าแต่ละรายหรือแต่ละกลุ่มเพื่อสนองความต้องการของลูกค้า สอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ สุขพิริยกุล (2556) ทำการศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่สำคัญในการ

ซื้อสินค้าวัสดุก่อสร้างของร้านค้าปลีกจากร้านค้าวัสดุก่อสร้างในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และเมื่อแยกพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ที่สำคัญที่สุดคือ ลูกค้าสามารถสั่งซื้อสินค้าทางโทรศัพท์ มีกระบวนการขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนไม่ยุ่งยากในการซื้อสินค้าหรือติดต่อ

ปัจจัยด้านการทำให้เฉพาะเจาะจง (Personalization) เป็นปัจจัยจำแนกที่สำคัญรองลงมาการแบ่งกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) หรือกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) สัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานมีค่าทางบวก เท่ากับ (0.057) การทำให้เฉพาะเจาะจง (Personalization) ส่งผลในทางบวก เนื่องจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ทางร้านมีการจัดทำสินค้าและบริการพิเศษไว้ให้ลูกค้าพิเศษ ที่มียอดการสั่งซื้อตามเกณฑ์ ที่ร้านค้ากำหนดไว้มีของขวัญมอบให้ตามมูลค่าของยอดที่กำหนดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยวัฒน์ ขันตี (2554) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างและปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างของผู้บริโภค ในเรื่องปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญมากที่สุด คือ มีการโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าหลายรูปแบบให้ได้รับข้อมูลต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ และให้ความสำคัญอยู่ในระดับมาก คือ มีกิจกรรมพิเศษ เช่น การจัดรายการลดแลกแจก แถม เป็นต้น ชื่อเสียงของร้านค้าเป็นที่รู้จักมีบริการ เสริม เช่น ที่นั่งรับรองลูกค้า น้ำดื่ม เป็นต้น และมีบริการให้คำปรึกษา

ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า ปัจจัยสัมพันธ์ภาพกับลูกค้า (Relations with Customer) ต้นทุนของลูกค้า (Cost to customer) ความสบาย (Comfort) ความสำเร็จในการตอบสนองความต้องการ (Completion) ปัจจัยทั้ง 4 ตัว เป็นปัจจัยที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยทีไม่สามารถจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้าง ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก เนื่องจากในเรื่องปัจจัยสัมพันธ์ภาพกับลูกค้า (Relations with Customer) เป็นเรื่องของการส่งเสริมการริเริ่มความเป็นมิตรกับลูกค้า เพื่อให้รู้สึกเป็นคนสำคัญ ซึ่งที่เห็นในปัจจุบันร้านวัสดุก่อสร้างทั้งแบบสมัยใหม่และแบบดั้งเดิม ก็มีการบริการที่เป็นมิตรของพนักงานที่พร้อมที่ให้บริการซึ่งปัจจุบันร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ก็มีการสร้างสัมพันธ์ภาพที่ดีกับลูกค้าเพราะตลาดวัสดุก่อสร้างในจังหวัดพิษณุโลกมีการแข่งขันกันค่อนข้างสูง ส่วนปัจจัยด้านต้นทุนของลูกค้า (Cost to customer) เป็นเรื่องเกี่ยวกับราคาสินค้าที่มีความเหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปร้านค้าวัสดุก่อสร้างนี้ สินค้าที่ทำการจำหน่าย มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน หรือชนิดเดียวกัน ซึ่งราคาขายสินค้าโดยทั่วไป เป็นราคาที่ถูกกำหนดตามกลไกลทั่วไปตามท้องตลาด ทำให้ราคาสินค้าไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะร้านค้าตั้ง อยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งลูกค้าสามารถเปรียบเทียบราคาสินค้าได้ ส่วนปัจจัยความสบาย (Comfort) เป็นเรื่องเกี่ยวกับ ร้านค้ามีความสะอาดสบายตา ซึ่งร้านค้าวัสดุแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) โดยปกติมีการออกรูปแบบการจัดวางร้านที่ชัดเจน เป็นเป็นระเบียบ

มีการเรียงสินค้าตามประเภทและหมวดหมู่ สะอาดตา ส่วนร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก ในปัจจุบันเริ่มมีการปรับปรุงร้านและมี

การจัดวางร้านที่เป็นหมวดหมู่ของสินค้ามากขึ้น ส่วนปัจจัยความสำเร็จในการตอบสนองความความต้องการ(Completion) เป็นเรื่องเกี่ยวกับการบริการของพนักงานมีความรวดเร็ว และมีการบริการอย่างถูกต้อง ซึ่งร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) และร้านวัสดุก่อสร้างก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) มีพนักงานประจำร้าน เพื่อบริการลูกค้าทั้งมีการบริการส่งสินค้า และพนักงานขายหน้าร้าน ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมา มีผลทำให้ลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในเชิงสถิติ

ข้อเสนอแนะ

กลุ่มร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade)

จากการศึกษาและสำรวจกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเมือง จังหวัดพิษณุโลกพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) เรียงลำดับตามความสำคัญ คือ ปัจจัยความสะดวก (Convenience) ปัจจัยการติดตามลูกค้า (Customer Prospecting) ปัจจัยคุณค่าที่ลูกค้าจะได้รับ (Consumer Vale) ปัจจัยการติดต่อสื่อสาร (Communication) ปัจจัยการเข้าใจความคาดหวังของลูกค้า(Understanding Customer Expectation) และปัจจัยด้านการทำให้เฉพาะเจาะจง (Personalization) ซึ่งมีปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้านวัสดุก่อสร้างแบบสมัยใหม่ (Modern Trade) ปัจจัยที่สำคัญที่สุดของกลุ่ม คือ ปัจจัยความสะดวก (Convenience) ทำให้ผู้ประกอบการสามารถเน้นการพัฒนาไปในเรื่องความสะดวกของลูกค้า เช่น การมีพนักงานให้คำปรึกษากับลูกค้าแนะนำการใช้กับลูกค้า มีที่จอดรถที่เพียงพอ และเน้นทำเลที่ตั้งใกล้กับแหล่งชุมชน เพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในกลุ่มของตนเอง ส่วนปัจจัยอื่นที่รองลงมา เช่น มีพนักงานไว้คอยช่วยเหลือเมื่อลูกค้ามีปัญหา มีการประชาสัมพันธ์ถึงสิทธิประโยชน์ที่ลูกค้าจะได้รับอย่างชัดเจนในการซื้อสินค้า มีการจัดกลุ่มลูกค้าตามระยะเวลาการใช้บริการเพื่อมอบสิทธิ์พิเศษแก่ลูกค้า ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าของตนเองได้

กลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade)

จากการศึกษาและสำรวจกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างในอำเมืองจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) เรียงลำดับเรียงลำดับตามความสำคัญ ปัจจัยด้านการดูแลเอาใจใส่ (Caring) ปัจจัยการสื่อสารระหว่างกัน (Interactive Management) ซึ่งมีปัจจัยทั้งหมด 2 ปัจจัย มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างจากร้าน และ

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดของกลุ่ม คือ ปัจจัยด้านการดูแลเอาใจใส่ (Caring) เช่น อบรมพนักงานให้มีมนุษยสัมพันธ์และเน้นการบริการลูกค้าเป็นหลัก มีคำแนะนำลูกค้าที่ดีเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของลูกค้า มีการสอบถามคุณภาพการใช้งานของสินค้า ส่วนปัจจัยอื่นที่รองลงมา ปัจจัยการสื่อสารระหว่างกัน (Interactive Management) เช่น การนำข้อมูลที่สอบถามลูกค้ามาปรับปรุงเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า มีช่องทางการติดต่อกับลูกค้าไว้หลายช่องทางเพื่อติดต่อสื่อสารกับร้าน มีข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนแก่ลูกค้าที่ใช้บริการ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าของตนเองได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ควรเพิ่มปัจจัยจำแนกตัวอื่น เช่น ปัจจัยการสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการ (IMC) เพื่อจำแนกกลุ่มลูกค้าร้านวัสดุก่อสร้างได้แม่นยำมากขึ้น

2.การศึกษาครั้งต่อไปสามารถเพิ่มกลุ่มจากการจำแนกเพิ่มลงไป เพราะทั้งสองกลุ่มที่ทำการศึกษาสามารถแยกกลุ่มได้ เพื่อให้มีรายละเอียดมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาธุรกิจการค้า. (2560). วิเคราะห์ธุรกิจกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1.สืบค้นได้จาก https://www.dbd.go.th/ewt_dl_link.php?nid=469404799

กุณฑลี รื่นรมย์, เพลินทิพย์ โกเมศโสภา และสาวิกา อุณหนันท์. (2547). การมุ่งเน้นลูกค้าและการตลาด. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: อินโนกราฟฟิกส์.

กาญจนา โพนโต. (2559). ปัจจัยคุณภาพการให้บริหารลูกค้าสัมพันธ์ และการสื่อสารการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ

วัสดุก่อสร้างในร้านค้าปลีกวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่(Modern trade) ในจังหวัดปทุมธานี. การค้นคว้าอิสระ.บธ.ม., มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2549). สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉัตรแก้ว ชิมะบุตร. (2558). ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจซื้อวัสดุก่อสร้างในร้านค้าปลีก และการปรับตัวของร้านค้าวัสดุ ก่อสร้างแบบดั้งเดิม. วิทยานิพนธ์.ศศ.ม., มหาลัยธรรมศาสตร์.

ฉัตรยาพร เสมอใจ. (2550). พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ชื่นจิตต์ แจ้งเจนกิจ. (2546). การบริหารลูกค้าสัมพันธ์. กรุงเทพมหานคร: เลิฟแอนด์เลิฟ.

ชัยวัฒน์ ขันตี. (2554). การศึกษาผลกระทบทางธุรกิจของร้านวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ต่อร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิตการจัดการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชัยสิทธ์ จิญกาญจน์. (2558).ปัจจัยสินค้าในรูปแบบบูรณาการ ความเข้าใจถึงผู้บริโภคและการสื่อสารทางการตลาดครบวงจรที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าวัสดุก่อสร้างในร้านค้าปลีกวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ (Modern Trade) ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. การค้นคว้าอิสระ.บธ.ม., มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ธนาคารกรุงศรีอยุธยา.(2560). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ธุรกิจวัสดุก่อสร้าง. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2560, จาก http://krungsri.com.

ธรรศชนน วิตตานนท์. (2545). ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค ต่อการใช้บริการศูนย์ค้าปลีกวัสดุก่อสร้างครบวงจร รูปแบบห้างสรรพสินค้า. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นภวรรณ คณานุรักษ์. (2556). พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ:ซีวีแอลการพิมพ์.

ปริญ ลักษิตานนท์. (2544). จิตวิทยาและพฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ:เหรียญบุญการพิมพ์.

พรนภา โคตะโน, เสาวลักษณ์นิกรพิทยาและเสาวลักษณ์โกศลกิตติอัมพร. (2557). ความสัมพันธ์ทางการบริหารลูกค้าสัมพันธ์กับความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจบริการเกี่ยวกับการก่อสร้างจังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์,8(2), 168-178.

รัฐพล สันสนและเยาวภา ปฐมศิริกุล. (2558). กลยุทธ์การตลาดเพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้างประเทศไทยในการเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. วารสารวิทยาการจัดการ, 32(1), 91-122.

วิทวัส รุ่งเรืองผล. (2553). หลักการตลาด. กรุงเทพฯ: มิสเตอร์ก๊อบปี้ จำกัด.

วิระพงศ์ จันทร์สนาม. (2551). ผลกระทบของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ต่อความจงรักภักดีของลูกค้าธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. บธ.ม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2541). กลยุทธ์การตลาด,การวางแผนการตลาด. กรุงเทพ: ธีระฟิมล์และไซเท็กซ์.

_____. (2552). การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพ: ธีระฟิมล์ และไซเท็กซ์.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2554). ค้าปลีกวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ตกแต่งบ้าน: กระหน่ำแคมเปญกระตุ้นกำลังซื้อ. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2560, จาก http://www.kasikornresearch.com.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.(2559). ธุรกิจค้าวัสดุก่อสร้างปรับกลยุทธ์รุกและรับฝ่าธุรกิจครึ่งปีหลัง 59. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2560, จากhttps://www.kasikornbank.com.

สุดาพร กุณฑลบุตร. (2552). หลักการตลาดสมัยใหม่. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทัศน์ ทัศนานุตริยกุล. (2552). ปัจจัยในการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างในร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิมกับร้านค้าปลีกสมัยใหม่ของลูกค้าในจังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์การจัดการทั่วไป.

เสรี วงษ์มณฑา. (2542). พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: เอ.เอ็น.การพิมพ์.

อดิศักดิ์ สุวิทวัส. (2556). คุณรู้ไหม ลูกค้าต้องการอะไรจากคุณ. นนทบุรี: ธิงค์ บียอนด์.

อดุลย์ จาตุรงคกุลและดลยา จาตุรงคกุล. (2545). พฤติกรรมผู้บริโภค.กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อารีรัตน์ สุขพิริยกุล. (2556). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่สำคัญในการซื้อสินค้าวัสดุก่อสร้างของร้านค้าปลีกจาก

ร้านค้าวัสดุก่อสร้างในจังหวัดสมุทรปราการ. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจฒ.

เอกวิทย์ สุวรรณวงศ์. (2555). แนวโน้มการใช้งานอินเตอร์เนตความเร็วสูงหลังจากการเปิดใช้งานเทคโนโลยี 3G กรณีศึกษา

ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Kotler. (2003) . Marketing management. New Jersey: Prentice-Hall.

Schiffman, L.&Kanuk,L. (2007). Consumer Behavior. NJ:Pearson Pre

การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกสำหรับพืชส่งออกสหภาพยุโรปเพื่อผลตอบแทนสูงสุดโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น: กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี

EL Crop Area Allocation and Profit Maximization with Linear Programing: A Case Study at NaMon Sainoi , Thai Farmer Group

เพชรรัตน์ เลอวงษา(PHETCHARATH LERWONGSA)[1*] อธิศานต์ วายุภาพ(Athisarn Wayuparb)
สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยนเรศวร
*Corresponding author. E-mail phetcharath.la@outlook.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาข้อกำหนด ระเบียบในการส่งออกพืชไปยังสหภาพยุโรป และการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้แก่เกษตรกร ในกลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี เพื่อให้ผลตอบแทนสูงสุดโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำไรสูงสุด ภายใต้ข้อจำกัด ด้านปริมาณคำสั่งซื้อ และที่ดินของเกษตรกรที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมถึงผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรแต่ละรายในแต่ละปีที่แตกต่างกัน เนื่องจากพืชสวนเพื่อการส่งออกไม่สามารถ ปลูกชนิดเดิมซ้ำเป็นเวลานานเนื่องจาก จะทำให้ผลผลิตลดลง ทำให้การผลิตต้องมีการ สับเปลี่ยนหมุนเวียนพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐาน ทำให้เกษตรกรแต่ละรายมีผลผลิตพืชที่แตกต่างการศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 กรณีการสั่งซื้อและการผลิตปกติ กรณีที่ 2 การจำลองการเพิ่มคำสั่งซื้อของลูกค้าโดยกำหนดค่าคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 10 และ เลือกผลิตที่ไม่น้อยกว่าการผลิตของกรณีที่ 1 เพื่อให้การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก ภายใต้คำสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นไม่กระทบกับเกษตรกรรายเดิมที่วางแผนการผลิตแล้ว กรณีที่ 3 ศึกษาในกรณีที่ จำลองให้เกษตรกรบางรายมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่การผลิต ให้มากขึ้นหรือน้อยลง ระบบยังคงจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมเชิงเส้นสามารถจัดสรรพื้นที่ให้เกษตรกรทุกรายสามารถผลิตได้ที่กำไรสูงสุด ของทั้งสามกรณี และเกษตรกรรายย่อยสามารถวางแผนการเพาะปลูกได้พร้อม กับเกษตรกรรายใหญ่ อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งแนวทางการแก้ไขปัญหานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง โดยใช้เวลาในการแก้ไขปัญหาเชิงเส้นสำหรับเกษตรกรจำนวน 14 ราย ด้วย Microsoft Excel Solver ด้วยเวลา 0.2 วินาที

คำสำคัญ: การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก โปรแกรมเชิงเส้น พืชส่งออกสหภาพยุโรป

Abstract

This research needs to study the requirements regulation on the export of plants to the European Union and the allocation of farmland to farmers of Namonfarmers in Sainoi district, Nonthaburi Province for to maximize returns by linear programming. The purpose is to maximize profits under restrictions order quantity and the land of farmers is limited. Including the average yield per farm of individual farmers of different crops. Since the export of crops is very limited, the use of chemicals can't not be planted again. This will reduce the yield per acre. The production must be rotation to get the standard output. The ability and expertise in crop cultivation and soil characteristics of different farmers. Each farmer has different crops per plant. The study is divided into 3 cases as follow: Case 1: Case Order and Normal Production Case 2: Minimum Order and the highest order that farmers receive by ordering a maximum increase of 10 percent, the trial case of Case 1 was used. If production is selected, it must be produced at least in the first case. Under the increased order does not affect the original farmer who planned the production. Case 3: Some farmers have changed their production area by adding the same as in case 2 to ensure when to modify order side and production area linear programming can help to precisely allocate production. The results of the linear program can allocate space for all farmers to produce at maximum profit. Of all three cases and small farmers can plan their crops with big farmers reasonably and solutions can be applied. It takes 0.2 seconds by Microsoft Excel Solver

Keywords: Area Allocation, Linear Programing, EL Crop

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีภาคการเกษตรอยู่ถึงร้อยละ 38.48 ของประชากรทั้งหมดของประเทศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2552) ที่ยังต้องได้รับความดูแลช่วยเหลือจากภาครัฐตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาต่างๆมากมาย ซึ่งเป็นปัญหาที่ควบคุมไม่ได้จากปัจจัยภายนอก เช่น ปัญหาอุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาด ราคาผลผลิตตกต่ำอย่างเฉียบพลัน โดยไม่มีการตั้งตัว และปัญหาจากปัจจัยภายใน เช่น ปัญหาด้านการวางแผนการจัดการการผลิตทั้งระบบ การควบคุมต้นทุนการผลิต เป็นต้น จากปัญหาต่างๆนั้น เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในประเทศไทย ซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุดของเกษตรกรทั้งหมด

ทำให้เกษตรกรขาดทุนจากการทำการเกษตรแบบเชิงเดี่ยว การทำนาโดยปกตอจะมีรายได้ 1 ถึง 2 ครั้งต่อปี และหากประสบปัญหาที่ส่งผลกระทบทำให้ผลผลิตเสียหาย ในปีนั้นๆจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในครัวเรือนที่เกิดขึ้น เนื่องจากความจำเป็นใช้เงินในภาคครัวเรือน ต้องใช้เพื่อบริโภคและอุปโภคทุกวัน ส่งผลให้เกิดหนี้สินภาคครัวเรือนเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนอกระบบ และในระบบ

จากผลกระทบดังกล่าวในปี 2559 จะเห็นว่าภาครัฐบาลได้มีนโยบายต่างๆ เข้ามาเพื่อช่วยเหลือและแก้ปัญหาให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนการผลิต จากการทำนาเพื่อปลูกพืชอย่างอื่นทดแทน เช่น โครงการปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวไม่เหมาะสมเป็นเกษตรกรรมทางเลือกอื่น ไม่ว่าจะเป็น การประมง การปลูกผัก เลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่ โครงการสนับสนุนให้ปลูกข้าวโพด โครงการให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำในโครงการปรับเปลี่ยนการผลิต เป็นต้น แต่โครงการต่างๆนั้น ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ในทุกพื้นที่ในประเทศไทย เนื่องจากในแต่ละพื้นที่มีลักษณะพื้นที่ และความชำนาญ ความรู้ความสามารถ ที่ต่างกัน อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจเพื่อการปรับเปลี่ยนการผลิต ทำให้ไม่กล้าตัดสินใจเพื่อปรับเปลี่ยนการผลิตจากข้าวสู่การผลิตรูปแบบอื่นๆ โครงการต่างๆ ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่ายเพื่อทำความเข้าใจกับเกษตรกร อีกทั้งบุคคลกรในภาครัฐยังมีไม่เพียงพอที่จะเข้าถึงเกษตรกรทุกรายได้ ส่งผลให้โครงการต่างๆของภาครัฐไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร และบางโครงการ ไม่สามารถแก้ไขปัญหาเชิงปฏิบัติได้ เพราะเกษตรกรไม่มีความรู้ความเข้าใจในโครงการต่างๆ รวมถึงโครงการปลูกพืชส่งออกในปี 2554 ที่รัฐบาลพยายามส่งเสริมตั้งแต่นั้นมา ซึ่งไม่ประสบความสำเร็จมากนัก เนื่องจากปัจจัยข้างต้น แต่กลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี เป็นกลุ่มที่มีความตั้งใจและพยายามผลักดันให้เกษตรกรในชุมชน ปรับเปลี่ยนการผลิตจากการทำนาเป็นการปลูกผักแทน ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรไม่สามารถจัดสรรปัจจัยการผลิตได้อย่างสมเหตุสมผล เกษตรกรอยากปลูกพืชที่ราคาดี กำไรดี สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็ว โดยที่ไม่สอบถามความต้องการซื้อที่มี ทำให้หากเกินความต้องการซื้อนั้นเกษตรกรต้องนำไปขายที่อื่นซึ่งมีราคาถูกกว่า อีกทั้งเกษตรกรรายใหญ่ยังเป็นผู้มีอำนาจต่อรองในการส่งสินค้า และเลือกผลิตสินค้ามากกว่าเกษตรกรรายย่อย ทำให้ในด้านชุมชน ไม่สามารถร่วมมือเพื่อพัฒนาชุมชนให้สามารถดำรงอยู่ได้

ดังนั้น จึงมีการศึกษาถึง กฎระเบียบการส่งออกพืชไปยังสหภาพยุโรป และการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุดให้แก่เกษตรกร เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรนาหมอน ซึ่งมีหน้าที่ส่งเสริมการปลูกให้แก่เกษตรกร และดูแลกระบวนการผลิต รวมถึงการรับซื้อนั้น สามารถจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้เหมาะสมแก่เกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรได้ผลตอบแทนสูงสุด สามารถเพิ่มการผลิต และเพิ่มคำสั่งซื้อ ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งมอบเข้าสู่ตลาดส่งออกในสหภาพยุโรป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อกำหนด และกฎระเบียบของการปลูกผักส่งออกในตลาดสหภาพยุโรป
2. เพื่อจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชผักของแต่ละชนิดเพื่อผลตอบแทนสูงสุด

3. การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อกำหนดและระเบียบการส่งออกพืชไปยังสหภาพยุโรปนั้น เสริมสุข สลักเพ็ชร์ และคณะ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการจัดการผักผลไม้ส่งออกไปสหภาพยุโรป โดยเป็นขั้นตอนการปฏิบัติการส่งออก และการตรวจสอบย้อนกลับจากสหภาพยุโรป และปัญหาในการส่งออกที่เกษตรกรไม่ผลิตตามเงื่อนไข และ สิรินาฎ พรศิริประทาน (2555) ศึกษา “การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป” ผักและผลไม้เป็นพืชที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูก และผู้ส่งออกได้สูง ถึงแม้ว่าผักและผลไม่สดของไทยมีมูลค่าการส่งออกมากเมื่อเทียบกับสินค้าอุตสาหกรรมในแต่ละปี แต่พบปัญหา ในกระบวนการผลิตและการส่งออก ทั้งปัญหาสินค้าไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน การกีดกันทางการค้า ปัญหาด้านสุขอนามัย ปัญหาการแข่งขัน และปัญหาการขนส่งเป็นต้น โดยมีกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2552). ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การกำหนดพืชเป็นพืชควบคุมเฉพาะ เป็นประกาศเพื่อควบคุมพืชส่งออก

การโปรแกรมเชิงเส้นสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการผลิตอย่างแพร่หลาย Hayer,J (1972) วิเคราะห์ผลผลิตฟาร์มของชาวนาภายใต้สถานการณ์ของความไม่แน่นอน ซึ่งแบ่งสภาวะทางธรรมชาติออกเป็น 2 สภาวะคือ ภาวะธรรมชาติที่ดี และภาวะธรรมชาติที่เลว และทำการแก้ปัญหาโดยวิธี Linear Programming ข้อมูลจากการวิเคราะห์ภายใต้ภาวะธรรมชาติที่ 1 และ 2 ข้อมูลตรงกันกับความเป็นจริงมากกว่าการวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียว N.A.Sofi , Aquil (2015) ศึกษาเรื่อง การตัดสินใจทางการเกษตร โดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น โปรแกรมเชิงเส้นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากร สามารถใช้การวางแผนการผลิตของพืชภาคการเกษตรได้ โดยการศึกษานี้ใช้เทคนิค โปรแกรมเชิงเส้น เพื่อจัดสรรการปลูกพืช 5 ชนิด และมีทรัพยากรที่เป็นข้อจำกัดคือ ที่ดิน,ทุน,แรงงาน โดยใช้วิธี Simplex ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยได้ผลคือ วิธีโปรแกรมเชิงเส้นนั้นสามารถใช้จัดสรรพื้นที่เพื่อผลิตสินค้าทางการเกษตรได้ Anjeli Garg (2015) ศึกษาเรื่อง “Optimization under uncertainty in Agricultural production planning” เป็นการศึกษาโมเดลในการตัดสินใจ การวางแผนการผลิตพืช ภายใต้ความไม่แน่นอน เนื่องจากการผลิตผัก มีต้นทุนสูง และมีความเสี่ยง ด้านความผันผวนของราคา ศึกษาโดยวิธี Fuzzy Multiobjective linear programming (FMOLP) เป็นโมเดลในการศึกษาสำหรับการวางแผน เพื่อให้ได้กำไรสูงสุดได้ และพลกฤช ตันติญานุกูล (2555) ศึกษาเรื่อง “การวางแผนการผลิตทางการเกษตรโดยใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น ตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร” เพื่อวิเคราะห์หา

แผนการผลิตที่เหมาะสมและยั่งยืน ตลอดจนติดตามผลการดำเนินงานตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ภายใต้ข้อจำกัดด้านปัจจัยการผลิต ได้แก่ ที่ดิน ทุน แรงงาน และน้ำ โดยเน้นกิจกรรมการผลิตพืชล้มลุกที่มีอายุการเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 ปี โดยใช้วิธี Linear Programming เพื่อหากำไรสูงสุด หรือผลรวมของรายได้เหนือต้นทุนเงินสดที่ได้จากกิจกรรมต่างๆ โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 แบบจำลองตามจำนวนแรงงานที่มีในครอบครัว พบว่า การวางแผนการผลิตโดยใช้วิธี Linear Programming ส่งผลให้รายได้สุทธิเหนือต้นทุนเงินสูงกว่าการผลิตแบบดั้งเดิม ซึ่งรัฐบาลควรส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่อื่นๆได้นำไปประยุกต์ใช้

4 .วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของวิธีดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษาขั้นตอนการทำงานของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่าง เพื่อศึกษาวิธีการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับกฎระเบียบ ข้อบังคับต่างๆในการส่งออกผักสดไปยังสหภาพยุโรป รวมถึง ศึกษาจากข้อมูลบทความ วารสารทางวิชาการต่าง ของกระทรวงเกษตร และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาปัญหาการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกของกลุ่มเกษตรกรและการแก้ปัญหาเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่คาดไม่ถึง เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทดลองแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประชากรในรูปแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มเกษตรกรกลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี ผู้ส่งออกผักไปยังสหภาพยุโรป เนื่องจากเป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีการรวมตัวในรูปแบบอย่างเป็นทางการ และมีการจัดการกลุ่มที่ชัดเจน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุด ด้วยเครื่องมือโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ภายใต้ข้อจำกัด และเงื่อนไขต่างๆ ของทรัพยากร และความต้องการ ที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมถึงวัตถุประสงค์คือกำไรสูงสุด มาเขียนในรูปสมการ หรืออสมการ แล้วนำตัวแบบที่ได้ไปแก้ปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ที่สอดคล้องกับสมการ หรืออสมการข้างต้น มีขั้นตอนดังนี้

4.3 กรอบงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาข้อกำหนด กฎระเบียบการส่งออกเพื่อจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก โดยศึกษาเพื่อแบ่งข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ 3 ฝ่ายคือ 1. เกษตรกร 2. กลุ่มเกษตรกร 3. โรงงานคัดบรรจุ และการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุดมีกรอบงานวิจัย ดังนี้

4.4 การเก็บรวมรวมข้อมูล

ข้อมูลในการศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) และข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) มีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากหนังสือ บทความ เอกสารทางวิชาการ เอกสารทางราชการ วารสาร วิทยานิพนธ์ รายงานวิจัย รวมถึงข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ เช่น กระทรวงเกษตร กรมวิชาการเกษตร เป็นต้น โดยเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาข้อกำหนด และกฎระเบียบของการปลูกผักส่งออกในตลาดสหภาพยุโรป

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth Interview) จากกลุ่มเกษตรกรนาหมอนทั้งหมด 14 ราย โดยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ ข้อมูล

ทั่วไปของเกษตร ต้นทุนการเพาะปลูก ผลผลิตจากการเพาะปลูก ราคาขายให้แก่กลุ่มเกษตรกร การเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การศึกษา แบ่งการการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.5.1. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้านข้อกำหนด กฎระเบียบในการส่งออกผักไปยังสหภาพยุโรป โดยแบ่งการวิเคราะห์ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรผู้ปลูกผัก ส่วนที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเกษตรกร

4.5.2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เพื่อใช้ในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุด โดยโปรแกรมเชิงเส้น สร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft office Solver ในการแก้ปัญหา มีรายละเอียดและวิธีดังนี้

1 ข้อมูลพื้นฐาน

กลุ่มของกรณีศึกษา เป็นการรวมตัวกันของเกษตรกรที่คลองนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี ที่มีความชำนานและความรู้ด้านการปลูกพืชเพื่อส่งออกสหภาพยุโรปเป็นหลัก จากการส่งเสริมและให้ความรู้จากภาครัฐบาลตั้งแต่ปี 2555 ต่อมาได้ขยายกลุ่มเกษตรกรให้กับเกษตรกรที่ประสบปัญหาด้านการผลิตข้าว และอยากปรับเปลี่ยนการผลิตเป็นการปลูกผักเพื่อส่งออกสหภาพยุโรป ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า ปัจจุบันมีเกษตรกรที่ส่งผลผลิตให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างต่อเนื่องและไม่ทำผิดเงื่อนไข 14 คน รวมพื้นที่เพาะปลูก 169 ไร่ เดิมใช้วิธีให้เกษตรกรเลือกเองเบื้องต้นว่าจะเพาะปลูกพืชชนิดไหน ซึ่งมีการแย่งพื้นที่เพาะปลูกในพืชที่มีกำไรต่อไร่สูง และได้เงินเร็ว โดยเกษตรกรรายใหญ่จะมีอำนาจต่อรองเพื่อเลือกพืชเพาะปลูกก่อนเสมอ ทำให้เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถเลือกพืชเพื่อให้ผลตอบแทนสูงสุดได้ และเป็นการจัดสรรพื้นที่การผลิตแบบคาดเดา สินค้าไหนคนปลูกน้อยคาดการไม่เพียงพอ จะให้เกษตรกรรายนั้นๆ ปลูกเพิ่ม ทำให้เกษตรกรแต่ละรายมีรายได้ต่างกันอย่างชัดเจน อีกทั้งจากการศึกษาด้านผลผลิตต่อไร่ของเกษตรกรพบว่าแต่ละรายได้ผลผลิตไม่เท่ากันเนื่องจากปัจจัยด้าน การไม่สามารถปลูกพืชซ้ำเดิมได้ ความสามารถในการดูแลเอาใจใส่ของพืชของเกษตรกรแต่ละคนที่แตกต่างกัน รวมถึงลักษณะดินในพื้นที่ของเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชบางชนิดได้ผลผลิตมากน้อยแตกต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นข้อกำจัดของการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกอีกด้วย สามารถนำมาเขียนสมการได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูล ต้นทุน ราคาขาย และความต้องการซื้อของผักส่งออก 14 ชนิด

ชนิดผัก (i)	*ต้นทุนต่อไร่ (Ci) บาท*	*ราคาขายต่อ กก. (Pi) (บาท)*	*ความต้องการซื้อต่อปี (Di) (กก.)*
1. กระเพรา	45,500	35	21,200
2. โหระพา	45,500	35	15,600
3. มะเขือเปราะ	42,000	35	105,800
4. มะระขี้นก	39,850	35	20,800
5. พริกขี้หนู	64,000	60	31,200
6. ถั่วฝักยาว	37,545	45	31,200
7. คะน้า	38,750	50	31,200
8. กุ้ยช่าย	98,500	40	36,000
9. ชะอม	21,000	50	20,800
10. ผักบุ้งไทย	22,650	30	35,600
11. ผักบุ้งจีน	15,560	25	104,000
12. ชะพลู	21,358	35	20,800
13. ผักปลั๋ง	16,850	30	20,800
14. กระเจี๊ยบเขียว	15,468	35	20,800

2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุด

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของการผลิตผักในด้าน ราคาขาย , ต้นทุนเพาะปลูก , คำสั่งซื้อ และข้อจำกัดต่างๆในการผลิตเพื่อตอบสนองคำสั่งซื้อ เช่น พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรที่มีอย่างจำกัด , ปริมาณคำสั่งซื้อ และ ผลผลิตต่อไร่ของเกษตรกรแต่ละรายต่อผักแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ข้อมูลในการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น สำหรับการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้กับเกษตรกรแต่ละราย เพื่อให้ได้กำไรสูงสุดดังนี้

ตัวแปรของตัวแบบ

i พืชชนิดที่ i ซึ่ง i=1,2,3,...14

j เกษตรกรคนที่ j ซึ่ง j=1,2,3,...14

Z กำไรจากการขายผลผลิตของเกษตรกรทั้งหมด (บาท)

B_{ij} กำไรจากการการผลิตพืชชนิดที่ i ของเกษตรกรคนที่ j (บาท)

F_j พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรคนที่ j (ไร่)

C_i ต้นทุนเพาะปลูกของพืชนิดที่ I (บาท)

QY_{ij} ปริมาณผลผลิตของพืชชนิดที่ i ของเกษตรกรคนที่ j (กิโลกรัม)

P_i ราคาขายของพืชชนิดที่ i (บาท)

D_i ปริมาณความต้องการซื้อของพืชชนิดที่ i (กิโลกรัม)

D_i^0 ปริมาณความต้องการซื้อ ของพืชชนิดที่ i (D_i) บวกเพิ่มอีกร้อยละ 10 (กิโลกรัม)

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} พื้นที่เพาะปลูกพืชชนิดที่ i ของเกษตรกรคนที่ j (ไร่)

<u>สมการวัตถุประสงค์</u> : ต้องการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรแต่ละราย ให้ได้กำไรสูงสุด

$$MaxZ = \sum_{i=1}^{14}\sum_{j=1}^{14}\left[B_{ij}X_{ij}\right] \quad \text{.... (1)}$$

<u>ข้อจำกัดด้านพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร</u> : เมื่อมีการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้เกษตรกรแต่ละราย ต้องไม่เกินพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรมี

$$\sum_{i=1}^{14} Xi,1 \leq F1 \quad (2)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,2 \leq F2 \quad (3)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,3 \leq F3 \quad (4)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,4 \leq F4 \quad (5)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,5 \leq F5 \quad (6)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,6 \leq F6 \quad (7)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,7 \leq F7 \quad (8)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,8 \leq F8 \quad (9)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,9 \leq F9 \quad (10)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,10 \leq F10 \quad (11)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,11 \leq F11 \quad (12)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,12 \leq F12 \quad (13)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,13 \leq F13 \quad (14)$$
$$\sum_{i=1}^{14} Xi,14 \leq F14 \quad (15)$$

<u>ข้อจำกัดด้านพื้นที่คำสั่งซื้อ</u> : เป็นข้อกำจัดด้านคำสั่งซื้อจากโรงงานคัดบรรจุ สั่งซื้อ โดยผลผลิตรวมของพืชแต่ชนิด ต้องเท่ากับคำสั่งซื้อที่กำหนด

$$\sum_{j=1}^{14}(X1,j * I1) = D1 \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X2,j * I2) = D2 \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X3,j * I3) = D3 \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X4,j * I4) = D4 \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X5,j * I5) = D5 \quad (20)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X6,j * I6) = D6 \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X7,j * I7) = D7 \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X8,j * I8) = D8 \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X9,j * I9) = D9 \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X10,j * I10) = D10 \quad (25)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X11,j * I11) = D11 \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X12,j * I12) = D12 \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X13,j * I13) = D13 \quad (28)$$

$$\sum_{j=1}^{14}(X14,j * I14) = D14 \quad (29)$$

และ $X_{ij}\ ,\ B_{ij}\ \geq 0$ (30)

5. ผลการวิจัย

ข้อกำหนด กฎระเบียบของการปลูกผักส่งออกในตลาดสหภาพยุโรป

ข้อกำหนดและกฎระเบียบของการปลูกผักเพื่อส่งออกในสหภาพยุโรปนั้น มาจากการควบคุมการนำเข้าในสหภาพยุโรป และกฎระเบียบต่างๆของสหภาพยุโรป เนื่องจากการพบเจอปัญหาด้านสุขอนามัยพืชในสินค้าพืชผักส่งออกจากไทยไปสหภาพยุโรป กรมวิชาการเกษตรจึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการกำหนดมาตรการควบคุมพิเศษระบบบัญชีรายชื่อโรงคัดบรรจุ (Establishment List : EL) โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือน มีนาคม 2554 เป็นต้นมา โดยมาตรการดังกล่าวต้องมีความร่วมมือจาก 3 ฝ่ายด้วยกันคือ เกษตรกร ผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุ และกรมวิชาการเกษตรกร โดยต้องมีหลักการพื้นฐานการผลิตที่ดีตั้งแต่แปลงการผลิต และโรงคัดบรรจุครอบคลุมถึงการควบคุมความปลอดภัยอาหาร และการควบคุมศัตรูพืชให้เป็นไปตามมาตรฐาน

สหภาพยุโรป โดยการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องใน 3 ส่วนคือ เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และ โรงคัดบรรจุ ดังนี้

1. ข้อกำหนด กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกร

เกษตรกรที่สามารถปลูกผักเพื่อส่งออกไปยังสหภาพยุโรป เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดเนื่องจากต้องผลิตสินค้าที่ดี มีคุณภาพเพื่อส่งออก โดยมีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ที่สำคัญและครอบคลุมคือเกษตรกรต้องได้มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี หรือ GAP ซึ่งมาจากคำว่า Good Agriculture Practice โดยต้องประกอบด้วย 8 มาตรฐานตามที่กรวมวิชาการเกษตรกำหนด ซึ่งเกษตรกรต้องศึกษาเพิ่มเติมเรื่องสารเคมีที่ห้ามใช้ และสารเคมีที่ใช้ได้ตามปริมาณที่กำหนดเท่านั้น

2. ข้อกำหนด กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเกษตรกร

กลุ่มเกษตรกรนั้นถือเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยประสานงาน และดูแลเกษตรกรในกลุ่มให้สามารถผลิตผักได้มาตรฐานตามข้อกำหนด ดูแลเรื่องเอกสารที่ใช้แสดงแผนควบคุมการปลูก และสัญญาระหว่างกลุ่มเกษตรกรกับโรงคัดบรรจุเกี่ยวกับสัญญาซื้อขายต่างๆเพื่อเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรผู้รวบรวมผลผลิต ให้เห็นอย่างชัดเจน โดยมีรายละเอียดเอกสารดังนี้

2.1 แผนและผลการบันทึกการตรวจเยี่ยม/ตรวจติดตามแปลงเกษตรกรแต่ละรายพืช

2.2 การประเมินความเสี่ยงของพื้นที่เพาะปลูกและการจัดการน้ำที่ใช้ในแปลง

2.3 สารเคมี/ปุ๋ย/ฮอร์โมน ที่ใช้ในแปลงปลูก ต้องสอดคล้องกับรายการสารเคมีที่แนะนำให้ใช้

2.4 การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ที่สามารถระบุว่ามีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และศัตรูพืชที่จะติดไปกับพืช

2.5 การควบคุมความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ และสารเคมี โดยโรงคัดบรรจุจะเป็นผ่ายสุ่มตัวอย่างพืชเพื่อตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ และสารพิษตกค้างจากแปลงเกษตรกรครบทุกพืชตามที่โรงคัดบรรจุยื่นขอผ่านการพิจารณาเพื่อส่งออก

2.6 การจัดการศัตรูพืชในแปลงปลูก ต้องมีการสำรวจบันทึก และการจัดการศัตรูพืชในแปลงปลูกพืชแต่ละชนิด

2.7 สัญญาระหว่างกลุ่มเกษตรกรกับโรงคัดบรรจุ ที่สามารถเชื่อมโยงที่มาของแหล่งผลิตพืชได้

3. ข้อกำหนด กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับโรงงานคัดบรรจุ

โรงคัดบรรจุต้องเป็นผู้ดูแลและควบคุมทั้ง 3 ส่วน ให้สามารถผลิตสินค้าเพื่อส่งออกได้ซึ่งมาตรฐานเบื้อต้นของโรงงานคัดบรรจุต้องมีคือ การรับรองคุณภาพมาตรฐานโรงงานผลิตสินค้าพืชตามมาตรฐานหลักการปฏิบัติที่ดีในการผลิตสินค้าเกษตรด้านพืช (GMP) และระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิตจากกรม

วิชาการเกษตรหรือมาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรยอมรับได้ โดยโรงคัดบรรจุแต่ละแห่งต้องเข้าร่วมระบบมาตรการควบคุมพิเศษระบบบัญชีรายชื่อโรงคัดบรรจุ (Establishment List : EL) โดยต้องมีการยื่นเอกสารตามหลักเกณฑ์ แก่กรมวิชาการเกษตร

ผลการศึกษาด้านจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกพืชผักของแต่ละชนิดเพื่อผลตอบแทนสูงสุดโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น

เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เพื่อใช้ในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกเพื่อผลตอบแทนสูงสุด โดยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) สร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียด คือ การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด โดยสร้างแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นที่สร้างขึ้นเพื่อการศึกษาครั้งนี้ มีผักส่งออกที่ส่งออกทั้งหมด 14 ชนิด เกษตรกรที่อยู่ในโครงการทั้งหมด 14 คน มีข้อกำจัดรวมถึงเงื่อนไขทั้งหมด 29 ข้อจำกัด ภายใต้เงื่อนไข ด้านต้นทุนต่อไร่ ด้านผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่/ปี (กก.) ด้าน ราคาขายต่อกก. (บาท) ด้านความต้องการซื้อต่อปี (กก.) และต้นทุนค่าขนส่งของเกษตรกรแต่ละรายที่มีความแตกต่างกัน คำนวณจากการใช้โปรแกรม Excel โดยแบ่งผลลัพธ์เป็น 3 กรณี ดังต่อไปนี้

1. กรณีการสั่งซื้อและการผลิตปกติ คือมีคำสั่งซื้อที่แน่นอนต่อ 1 ปี เกษตรกรสามารถปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตามเป้าหมาย ผลการศึกษาดังรูปที่ 1 คือ กำไรสูงสุดเท่ากับ 13,3266,107.85 บาท โดยพื้นที่การผลิตถูกจัดสรรให้เกษตรกรครบเกือบทุกราย ยกเว้นรายที่ 5 พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 50 ไร่ ได้จัดสรรพื้นที่เท่ากับ 38.83 ไร่ พื้นที่เหลือไม่ได้ผลิตเท่ากับ 11.17 ไร่

ผลการศึกษากรณีที่ 1 ผลิตเท่ากับคำสั่งซื้อ

กำไร 13,266,107.85 บาท				F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	รวม	
พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร (ไร่)				20.0	3.0	2.0	2.0	50.0	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	2.0	25.0	20.0	145	
ชนิดผัก(ก)	ต้นทุนต่อไร่ (ข)	ราคาขาย (บาท/กก.) (ค)	ความต้องการซื้อต่อปี (กก.) (ง)	ตัวแปรตัดสินใจ (X_{ij})														รวม	ความสามารถในการผลิต
กระเพรา	45,500	35	21,200	4.4	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.44	21,200.00
โหระพา	45,500	35	15,600	1.7	0.4	-	-	-	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	4.76	15,600.00
มะเขือเปราะ	42,000	35	105,800	-	-	-	-	-	3.3	-	1.0	-	-	-	-	24.8	-	29.08	105,800.00
มะระจีนก	39,850	35	20,800	-	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.62	20,800.00
พริกชี้หนู	64,000	60	31,200	-	2.6	2.0	-	-	-	-	-	2.0	-	5.0	-	-	-	11.64	31,200.00
ถั่วฝักยาว	37,545	45	31,200	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.53	31,200.00
คะน้า	38,750	50	31,200	-	-	-	-	-	-	6.0	-	-	7.4	-	-	-	-	13.38	31,200.00
กุ้อช่าย	98,500	40	36,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	-	-	-	6.75	36,000.00
ชะอม	21,000	50	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	9.85	20,800.00
ผักบุ้งไทย	22,650	30	35,600	-	-	-	-	10.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.87	35,600.00
ผักบุ้งจีน	15,560	25	104,000	13.9	-	-	-	12.8	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-	28.68	104,000.00
ชะพลู	21,358	35	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-	5.6	6.65	20,800.00
ผักปลัง	16,850	30	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.6	6.63	20,800.00
กระเจี๊ยบเขียว	15,468	35	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	7.7	7.96	20,800.00
			รวม	20.0	3.0	2.0	2.0	38.8	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	2.0	25.0	20.0	157.83	
กำไรของเกษตรกรแต่ละราย				1,473,583	272,930	196,960	140,420	3,326,546	475,139	470,351	86,345	196,840	2,269,207	484,600	151,180	2,125,103	1,996,904		
จำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่เหลือของเกษตรกร				-	-	-	-	11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

รูปที่ 1 ผลการศึกษาในกรณีที่ 1

2. กรณี กำหนดคำสั่งซื้อขั้นต่ำ และคำสั่งซื้อแบบสูงสุดที่กลุ่มเกษตรกรรับได้ โดยกำหนดค่าคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ร้อยละ 10 ของคำสั่งซื้อเดิมของพืชทั้ง 14 ชนิด เพื่อเป็นการกำหนดความเสี่ยงหากมีการคาดเคลื่อนของผลผลิตของเกษตรกรรายอื่น หรือหากมีผลผลิตเกินกลุ่มเกษตรกรสามารถเพิ่มคำสั่งซื้อได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของคำสั่งซื้อเดิมในกรณีนี้ ใช้ผลการทดลองของ กรณีที่ 1 เพิ่มเป็นข้อกำจัดการจัดสรร กล่าวคือ การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก (X_{ij}^{2}) ต้อง มากกว่าหรือเท่ากับ (X_{ij}) เพื่อให้การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก ภายใต้คำสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นไม่กระทบกับเกษตรกรรายเดิมที่วางแผนการผลิตแล้ว ผลการศึกษาดังรูปที่ 2 คือ กำไรสูงสุดเท่ากับ 14,199,135.50 บาท โดยพื้นที่การผลิตถูกจัดสรรให้เกษตรกรครบทุกราย แต่ยังมีคำสั่งซื้อที่บวกเพิ่มร้อยละ 10 เหลือบางส่วนเท่ากับ 13,134.07 กิโลกรัม

ผลการศึกษากรณีที่ 2 เพิ่มคำสั่งซื้อร้อยละ 10

กำไร 14,199,135.50 บาท				F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	รวม		
				20.0	3.0	2.0	2.0	50.0	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	2.0	25.0	20.0	169		
ชนิดผัก(ตร)	สัดพุงตรไม่ (C)	ราคาขาย (บาท/กก.) (ตร)	ความต้องการซื้อขั้นต่ำ ส่งมี (กก.) (ตร)	ตัวแปรตัดสินใจ (X_{ij})														รวม	ความสามารถในการผลิต	ความต้องการซื้อส่งมี+10% (กก.) (ตร)
กระเพรา	45,500	35	21,200	4.4	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.44	21,200.00	23,320
โหระพา	45,500	35	15,600	1.7	0.4	-	-	-	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	4.76	15,600.00	17,160
มะเขือเปราะ	42,000	35	105,800	-	-	-	-	3.0	3.3	-	1.0	-	-	-	-	24.8	-	32.12	116,380.00	116,380
มะระขี้นก	39,850	35	20,800	-	-	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.18	22,880.00	22,880
พริกขี้หนู	64,000	60	31,200	-	2.6	2.0	-	1.2	-	-	-	2.0	-	5.0	-	-	-	12.88	34,320.00	34,320
ถั่วฝักยาว	37,545	45	31,200	-	-	-	-	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.48	34,320.00	34,320
คะน้า	38,750	50	31,200	-	-	-	-	-	-	6.0	-	-	7.4	-	-	-	-	13.38	31,200.00	34,320
ก้อซ่าย	98,500	40	36,000	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	6.7	-	-	-	-	7.45	39,600.00	39,600
ชะอม	21,000	50	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	9.85	20,800.00	22,880
ผักบุ้งไทย	22,650	30	36,600	-	-	-	-	12.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.96	39,160.00	39,160
ผักบุ้งจีน	15,560	25	104,000	13.9	-	-	-	15.7	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-	31.54	114,305.93	114,400
ชะพลู	21,358	35	20,800	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	1.0	-	-	-	5.6	7.37	22,880.00	22,880
ผักปลั่ง	16,850	30	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.6	6.63	20,800.00	22,880
กระเจี๊ยบเขียว	15,468	35	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	7.7	7.96	20,800.00	22,880
			รวม	20.0	3.0	2.0	2.0	50.0	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	2.0	25.0	20.0	169.00		
กำไรของเกษตรกรแต่ละราย				1,473,583	272,930	196,960	140,420	4,259,574	475,139	470,351	86,345	196,840	2,269,207	484,600	191,180	2,125,103	1,596,904			
จำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่เหลือของเกษตรกร				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

รูปที่ 2 ผลการศึกษาในกรณีที่ 2

3. กรณีเกษตรกรบางรายมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่การผลิต เพิ่มขึ้น หรือลดลง ซึ่งจะส่งผลในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่เปลี่ยนไปอย่างไร โดยเพิ่มข้อกำหนดเหมือนในกรรีที่ 2 คือ (X_{ij}^{3}) มากกว่าหรือเท่ากับ (X_{ij}) เพื่อให้การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูก ภายใต้คำสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นไม่กระทบกับเกษตรกรรายเดิมที่วางแผนการผลิตแล้ว โดยเกษตรกรรายที่ขอเพิ่มพื้นที่การผลิตคือ เกษตรกรรายที่ 20 และ 30 ของเพิ่มพื้นที่ จากเดิมรายละ 2 ไร่ เป็น 20 และ30 ไร่ ตามลำดับ ผลการศึกษาดังรูปที่ 3คือ กำไรสูงสุดเท่ากับ 14,580,399.93 บาท พื้นที่เพาะปลูกรวม 215 ไร่ จัดสรรพื้นที่เพาะปลูก ได้ทั้งหมด 173.87 ไร่ เต็มคำสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ซึ่งเกษตรกรรายที่ 4 , 5 และ 10 พื้นที่เพาะปลูกเหลือเท่ากับ 12.8 , 7.2 และ 21.1 ตามลำดับ

ผลการศึกษากรณีที่ 3 เกษตรกรรายที่ 4 และ 12 ขอเพิ่มพื้นที่ จากเดิมรายละ 2 ไร่ เป็น 20 และ 30 ไร่ ตามลำดับ

กำไร 14,580,399.93 บาท				F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	รวม		
				20.0	3.0	2.0	20.0	50.0	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	30.0	25.0	20.0	ไร่		
ชนิดผัก(c)	สัดส่วนต้นไม้ (c)	ราคาขาย (บาท/กก.) (p)	สัดส่วนต้นไม้ต่อไร่ (กก.) (a)	ตัวแปรตัดสินใจ (X_{ij})														รวม	ความสามารถในการผลิต	ความต้องการขั้นต่ำ+10% (กก.) (D)
กระเพรา	45,500	35	21,200	4.4	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.08	21,200.00	23,320
โหระพา	45,500	35	15,600	1.7	0.4	-	-	0.5	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	5.26	15,600.00	17,160
มะเขือเปราะ	42,000	35	105,800	-	-	-	3.0	-	3.3	-	1.0	-	-	-	-	24.8	-	32.04	116,380.00	116,380
มะระขี้นก	39,850	35	20,800	-	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	6.18	22,880.00	22,880
พริกขี้หนู	64,000	60	31,200	-	2.6	2.0	-	1.2	-	-	-	2.0	-	5.0	-	-	-	12.88	34,320.00	34,320
ถั่วฝักยาว	37,545	45	31,200	-	-	-	0.9	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.47	34,320.00	34,320
คะน้า	38,750	50	31,200	-	-	-	-	1.4	-	6.0	-	-	7.4	-	-	-	-	14.77	31,200.00	34,320
กุ้ยช่าย	98,500	40	36,000	-	-	-	0.7	-	-	-	0.0	-	6.7	-	-	0.0	-	7.45	39,600.00	39,600
ชะอม	21,000	50	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.9	-	1.0	-	-	10.88	20,800.00	22,880
ผักบุ้งไทย	22,650	30	35,600	-	-	-	-	10.9	-	-	-	-	-	-	1.1	-	-	11.95	39,160.00	39,160
ผักบุ้งจีน	15,560	25	104,000	13.9	-	-	-	12.8	-	-	-	-	-	-	4.9	-	-	31.53	114,305.93	114,400
ชะพลู	21,358	35	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	0.7	-	5.6	7.33	22,880.00	22,880
ผักปลั่ง	16,850	30	20,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	6.6	7.32	20,800.00	22,880
กระเทียนเขียว	15,468	35	20,800	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	0.2	7.7	8.77	20,800.00	22,880
			รวม	20.0	3.0	2.0	7.2	42.8	6.0	6.0	1.0	2.0	25.0	5.0	8.9	25.0	20.0	173.87		
กำไรของเกษตรกรแต่ละราย				1,473,583	272,930	196,960	611,658	3,629,232	475,139	470,351	86,349	196,840	2,289,207	484,600	691,548	2,125,103	1,596,904			
จำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่เหลือของเกษตรกร				-	-	-	12.8	7.2	-	-	-	-	-	-	21.1	-	-			

รูปที่ 3 ผลการศึกษาในกรณีที่ 3

สรุปและอภิปรายผล

ข้อกำหนด และกฎระเบียบของการปลูกผักส่งออกในตลาดสหภาพยุโรป ในประเทศไทยมีการควบคุมและดูแลโดยกรมวิชาการเกษตรกร โดยอาศัยความร่วมมือของ 3 ฝ่าย คือเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกร โรงคัดบรรจุ และกรมวิชาการเกษตรกร ในปัจจุบันเกษตรกรยังไม่มีความรู้ความเข้าในระเบียบต่างๆมาก ต้องอาศัยกลุ่มเกษตรกรในการเชื่อมโยง และทำความเข้าใจระหว่างเกษตรกรกับโรงคัดบรรจุ และ กรมวิชาการเกษตรกร โดยกลุ่มเกษตรกรถือเป็นส่วนสำคัญเพื่อให้การสื่อสารระหว่างการเกษตรกรรายย่อย สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดและกฎระเบียบต่างๆได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยโรงคัดบรรจุในการตรวจสอบ และดูแลเกษตรกร รวมถึงส่งเสริมการเพาะปลูกได้ ข้อกำหนดที่สำคัญของเกษตรกร คือมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) 8 ข้อ ซึ่งหากเกษตรกรสามารถทำได้ตามมาตรฐานนี้การปลูกผักและการควบคุมพืชในแปลงนั้นสามารถทำได้ง่ายขึ้น ในส่วนของกลุ่มเกษตรกรทำหน้าที่เชื่อมโยง และช่วยเหลือ แนะนำเกษตรกรเบื้องต้น รวมถึงการจัดการด้านเอกสารและโรงงานคัดบรรจุ ต้องดำเนินการตาม มาตรฐาน HACCP และ GMP รวมถึงมาตรฐานการควบคุมพืชเพื่อส่งออกไปยังสหภาพยุโรปที่ กรมวิชาการเกษตรออกระเบียบมา

การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกโดยวิธี Linear Programming สามารถช่วยจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้เกษตรกรแต่ละราย ได้มีโอกาสเท่าเทียมกันในการผลิต ภายใต้ข้อกำจัด ด้านต้นทุนของเกษตรกรแต่ละรายที่แตกต่างกัน ด้านต้นทุนการเช่าที่ ต้นทุนของการจ้างงานเพราะในแต่ละครัวเรือนมีแรงงานที่ช่วยเหลือการเพาะปลูกต่างกัน สามารถช่วยในการวางแผนเพื่อจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพ ในรูปแบบทุกคนได้ประโยชน์ร่วมกัน ทั้งด้านเกษตรกรรายย่อยในชุมชน และเกษตรกรรายใหญ่ ที่เข้ากลุ่มเกษตรกรนาหมอนโดยเล็งเห็นประโยชน์ของส่วนรวมในกลุ่มเกษตรกร

เป็นหลัก ต่างจากวิธีเดิม ที่เกษตรกรรายใหญ่จะมีโอกาส เลือกแต่มีอำนาจต่อรองมากกว่าเกษตรกรรายย่อย ซึ่งวิธีเดิม จะไม่สามารถช่วยเหลือในภาคของชุมชน และกลุ่มเกษตรกรได้ เนื่องจากคนในชุมชนของกลุ่มต้องพัฒนาศักยภาพให้มีรายได้เพิ่มขึ้นด้วย ในกรณีที่ 1 ซึ่งเล็งเห็นว่า พื้นที่เพาะปลูกเกษตรกรเหลือ กลุ่มเกษตรกรสามารถให้เป็นเครื่องมือในการ เลือกหาคำสั่งซื้อว่าควรปลูกพืชชนิดไหน โดยการเพิ่มคำสั่งซื้อลงไป แล้วหาผลลัพธ์เพื่อผลประโยชน์สูงสุด สามารถไปต่อรองกับ โรงคัดบรรจุ เพื่อเพิ่มคำสั่งซื้อในพืชที่ จะได้ผลตอบแทนสูงสุด คือ ในกรณีที่ 2 สามารถนำไปปรับใช้ได้เหมือน ในกรณีที่ 3 เมื่อเกษตรกรมีพื้นที่การผลิต การวางแผนการเพาะปลูกถือเป็นเรื่องสำคัญในปัจจุบัน เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ และกลุ่มเกษตรกรไม่มีเครื่องมือ ความรู้ความสามารถ ในการจัดสรรพื้นที่เพื่อผลตอบแทนสูงสุด เพียงแต่เป็นการคาดคะเนจากประสบการณ์ ซึ่งในด้านชุมชน ที่ตนเองอยู่ไม่ได้ประโยชน์เป็นหลัก แต่เป็นเกษตรกรรายใหญ่ที่ได้ประโยชน์ เพื่อให้ทุกฝ่ายได้ประโยชน์เท่าๆกัน การวางแผนตั้งแต่เริ่มต้น โดยการจัดสรรพื้นที่การผลิตอย่างชัดเจน จะช่วยให้ชุมชน กลุ่มเกษตรกร และเกษตรกรที่เข้าร่วม สามารถจัดการแปลง และประมาณรายได้ค่าใช้จ่ายของตน ได้อย่างมีระบบมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยวางแผนพื้นที่ปลูกเพื่อไม่ให้เกษตรกรต้องเช่าพื้นที่มากจนเกิน ความต้องการของตลาด หรือเกินกำลังการผลิตของตนเองอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ปัจจุบันเกษตรกรยังไม่เล็งเห็นความสำคัญของการเข้าสู่มาตรฐานการเพาะปลูกที่ดี ดังนั้นควรต้องเร่งมีการให้ความรู้ความเข้าใจ การส่วนงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกษตรกรในประเทศไทย ควรจำเป็นต้องมีมาตรฐาน เช่น GAP เป็นมาตรฐานเบื้องต้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ในอนาคตได้ง่ายยิ่งขึ้น

2. การให้ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรในการจัดเก็บข้อมูล ต้นทุน รายได้ ค่าใช้จ่าย ผลผลิตต่อไร่ในแต่ละรอบการผลิตของเกษตรกรเพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูลในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกได้แม่นยำมากขึ้น และสามารถใช้เป็นมาตรฐานการผลิตของพืชชนิดต่างๆได้

3. การแนะนำเกษตรกรในการเลือกเพาะปลูกพืช และการใช้พื้นที่การเกษตรกรให้เต็มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่ใกล้ชิดเกษตรกรในพื้นที่ เช่นเกษตรอำเภอ เกษตรกรตำบล เข้าไปดูแลให้ความรู้แก่เกษตรกรอย่างจริงจัง เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาเกษตรกรอย่างยั่งยืน เนื่องจากนโยบายภาครัฐในภาพกว้างนั้นไม่สามารถนำมาปฏิบัติใช้ได้จริงในทุกพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้เพราะได้รับความเมตตากรุณาอย่างสูง และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลเกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.อธิศานต์ วายุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำและตรวจปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งยังสละเวลาให้ความช่วยเหลืออย่างจริงจังตลอดมา จนสามารถทำให้การงานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลงได้เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบระลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดูสั่งสอนให้เป็นผู้มีความมานะ พากเพียร ในการศึกษาแสวงหาความรู้ใส่ตัว ตลอดจนให้รู้จักมีความกตัญญูกตเวทีต่อ ผู้มีพระคุณ สุดท้ายนี้ ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษา เรื่อง การจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกสำหรับพืชส่งออกสหภาพยุโรปเพื่อผลตอบแทนสูงสุดโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น: กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกรนาหมอน อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในพัฒนาปรับปรุงและควบคุมคุณภาพมาตรฐานการส่งออกผักสดไทยทั้งระบบ และเป็นแนวทางในการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกให้เหมาะสมแก่เกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรได้ผลตอบแทนสูงสุด สามารถเพิ่มการผลิต และเพิ่มคำสั่งซื้อ ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งมอบเข้าสู่ตลาดส่งออกในสหภาพยุโรป

เอกสารอ้างอิง

Anjeli Garg , Shiva Raj Singh. (2015). Optimization under uncertainty in Agricultural production planning. Department of Mathematics, Banaras Hindu University.

Heyer, J. (1972). An Analysis of Peasant Farm Production Under Conditions of Uncertainty. Journal of Agricultural Economics.

N.A.Sofi , Aquil Ahmed. (2015). Decision Making in Agriculture : A Linear Programming Approach. Florida,USA: Modern Scientific Press Company.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2552). ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การกำหนดพืชเป็นพืชควบคุมเฉพาะ.

พลกฤช ตันติญานุกูลการ. (2555). การวางแผนการผลิตทางการเกษตรโดยใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น ตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร. คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม.

สิรินาฏ พรศิริประทาน. (2555). การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป. สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา.

เสริมสุข สลักเพ็ชร์ และคณะ. (2554). การจัดการผักผลไม้สดเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (สวป.).

แนวทางการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง : กรณีศึกษา โครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

ACCOMODATION DEVELOPMENT GUIDELINE FOR AREA ACCOMODATION AROUND ROYAL PROJECT : A CASE STUDY FOR TEEN TOK ROYAL PROJECT, MAE-ONN, CHIANGMAI

ปัญชลิกา อะกะปัน(Panchalika Akapan)* ดำรงศักดิ์ รินชุมภู(Damrongsak Rinchumphu)
มานัส ศรีวณิช(Manat Srivanit) สิทธิชัย นาคสุขสกุล(Sittichai Naksuksakul)
กีรติ ศตะสุข(Keerati Satasook)
สาขาวิชานวัตกรรมอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
*Corresponding author. E-mail: internities@gmail.com, damrongsak@ap.tu.ac.th,
manat@ap.tu.ac.th,s_naksuksakul@hotmail.com, satasook@gmail.com

บทคัดย่อ

จากแผนพัฒนาโครงการหลวงที่มุ่งเน้นการพัฒนาแบบยั่งยืน มีผลให้การพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวงตีนตกพัฒนาตามแนวทางการพัฒนานี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อพัฒนาที่พักในพื้นทีโดยรอบโครงการหลวงตีนตกที่สอดคล้องกับแนวทางการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน และเพื่อกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันระหว่างทฤษฎีทางการตลาดและการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงที่มีผลต่อการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการวิเคราะห์เนื้อหาจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า องค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวงที่สอดคล้องกับการพัฒนาแบบยั่นยืน คือ ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมท้องถิ่นซึ่งสัมพันธ์กับหลักการตลาดด้านผลิตภัณฑ์และด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชนซึ่งสัมพันธ์กับหลักการตลาดด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านกระบวนการ และด้านบุคคลากร และจากการประเมินผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าที่ตั้งที่พักโครงการใหม่ไม่ควรอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านแม่กำปอง

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน

Abstract

According to the Royal Project emphasizing on sustainable development, the tourism in the areas surrounding Teen Tok Royal Project follows the same direction. This research aims to study the relation between marketing's mix of accommodation development and sustainable tourism principles by focus on the area around the Teen Tok Royal Project as case study. This research employs qualitative methods using Geographic Information System data (GIS), content analysis from literature review. The research found that important components of accommodation development around the Royal Project are local compliance factor which relates to P-Product and P-Physical environment in marketing mix (7P's) principle, and community participation factor which relates to P-Price, P-Place, P-Promotion, P-Process, and P-People in the marketing mix(7P's) principle. Furthermore, the research found that new accommodation projects should not be located in Mae-khumpong area by GIS data analysis

Keywords: sustainable tourism, local surrounding compliance, local community participation

บทนำ

พื้นที่พัฒนามูลนิธิโครงการหลวงทั้งที่เป็นสถานีเกษตรหลวงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงรวมทั้งสิ้น 38 แห่งกระจายในเขตพื้นที่ 5 จังหวัดในภาคเหนือตอนบนมีสภาพภูมิประเทศที่สวยงาม สภาพอากาศที่เย็นสบาย วัฒนธรรมประเพณีและวิถีชีวิตของผู้คนในท้องถิ่นมีเอกลักษณ์ที่น่าสนใจ มีการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทำให้มีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมเยียนอย่างต่อเนื่อง

จากรายงานสรุปฉบับผู้บริหาร โครงการสำรวจข้อมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงลึก (2556) สรุปผลการวิเคราะห์ช่วงเวลา 1 มกราคม-31 ธันวาคม 2556 ว่ารูปแบบที่พักที่นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติจำนวนร้อยละ83.1 นิยมเลือกใช้ คือ โรงแรมหรือรีสอร์ทในช่วงเวลาระหว่างเดินทางในประเทศโครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ซึ่งเป็นหนึ่งในสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นที่นิยมและมีสิ่งอำนวยความสะดวกครบครัน และเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์และอุปทานของธุรกิจท่องเที่ยวแล้วนั้น พื้นที่นี้มีอุปทานการท่องเที่ยวที่สามารถพัฒนาได้และยังคงควบคุมอยู่ในสมดุลของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงได้ในอนาคตได้ไทย จึงศึกษาวิจัย หัวข้อ แนวทางการพัฒนารีสอร์ทในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง กรณีศึกษาโครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ โดยให้ความสำคัญกับทฤษฎีส่วนประสม

ทางการตลาดการท่องเที่ยวและการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง และศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อพัฒนาที่พักในพื้นทีโดยรอบโครงการหลวงตีนตกที่สอดคล้องกับแนวทางการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง

2) เพื่อศึกษาลักษณะการดำเนินกิจการที่พักภายในพื้นที่หมู่บ้านแม่กำปองและหมู่บ้านธารทอง ทางด้านส่วนประสมทางการตลาดการท่องเที่ยวและการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง : กรณีศึกษา โครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เก็บข้อมูลโดยการลงพื้นที่สำรวจในพื้นที่หมู่บ้านธารทองและหมู่บ้านแม่กำปอง แล้วนำมาลงพิกัด GPS เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นการสำรวจปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในมิติของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน จึงนำข้อมูลจากการสำรวจไปศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยจำแนกรูปแบบของลักษณะอาคาร

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) การวิเคราะห์เนื้อหาจากการทบทวนวรรณกรรม โดยศึกษาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงโดยเน้นศึกษาในปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด

ขอบเขตงานวิจัย

1) ขอบเขตด้านเนื้อหาศึกษาทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด และการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง

2) ขอบเขตด้านพื้นที่ พื้นที่หมู่บ้านแม่กำปอง และหมู่บ้านธารทอง

ผลการวิจัย

การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง จิระวัฒน์ อนุวิชชานนท์ (2554) ได้สรุปความหมายของการท่องเที่ยวไว้ว่าหมายถึง การเดินทางเพื่อความเพลิดเพลินใจ เยี่ยมเยียนญาติหรือคนรู้จัก รวมถึงการประชุมแต่ไม่ใช่เพื่อการประกอบอาชีพเป็นหลักเป็นฐานหรืออาศัยถาวร

องค์การการท่องเที่ยวโลก(WTO) ได้กำหนดลักษณะการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ว่า การท่องเที่ยวแบบยั่งยืนจะนำไปสู่การจัดการทรัพยากรทั้งหมดด้วยวิถีทางที่จะตอบสนองทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสุนทรียะ ในขณะเดียวกันก็ยังคงไว้ซึ่งวัฒนธรรมและระบบนิเวศ ในการประชุม Globe’90 ในประเทศแคนาดาจึงได้กำหนดคำจำกัดความ การท่องเที่ยวแบบยั่งยืน ไว้ว่าหมายถึง การท่องเที่ยวที่มีการจัดการทรัพยากรที่ตอบสนองความจำเป็นทางเศรษฐกิจ สังคม และความสุนทรียะ อีกทั้งยังคงรักษาเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและระบบนิเวศน์

องค์การการท่องเที่ยวโลก(WTO) ได้กำหนดหลักการจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนไว้ 7 ประการ ดังนี้

1) การจัดการการท่องเที่ยวต้องอยู่ภายใต้ขีดความสามารถการรองรับได้(Carrying Capacity) ทางด้านเศรษฐกิจ จิตวิทยา สิ่งแวดล้อม และสังคม

2) ต้องตระหนักถึงความต้องการของชุมชนและท้องถิ่น เปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมและกระจายประโยชน์สู่ท้องถิ่นอย่างเป็นธรรม (Local Needs/Participation Benefit)

3) กิจกรรมที่เกี่ยงข้องกับการท่องเที่ยวต้องให้ประสบการณ์ที่มีคุณค่าต่อผู้มาเยือน (Quality Experience)

4) ผู้มาเยือน หรือนักท่องเที่ยวได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรการท่องเที่ยวและผู้คนท้องถิ่น (Learning and Understanding) ทรัพยากรการท่องเที่ยว คือ สินค้าทางการท่องเที่ยวที่เสนอขายพร้อมบริการที่ดีให้แก่ลูกค้า (นักท่องเที่ยว) โดยทรัพยากรท่องเที่ยวนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ทรัพยากรการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และทรัพยากรการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม

5) เน้นการออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกที่สะท้อนหรือกลมกลืนกับธรรมชาติ หรือสถาปัตยกรรมท้องถิ่น และใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น (Nature and Local Architecture)

6) ผสมผสานการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนสู่แผนการพัฒนาระดับท้องถิ่น ภูมิภาค และระดับประเทศ (Integrated Development)

7) พัฒนาฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและตัดสินใจ (Data-Base)

การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน หมายถึง การท่องเที่ยวที่ตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวและผู้เป็นเจ้าของแหล่งท่องเที่ยว โดยเน้นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้สามารถรักษาความมั่นคงของระบบนิเวศตลอดจนวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของชุมชนเพื่อประโยชน์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดย

มีหลัก 5 ประการ คือ การอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยว การวางแผนและจัดการในการพัฒนาการท่องเที่ยว การรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในแหล่งท่องเที่ยว การรักษาระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว และการจัดการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยวให้กระจายในทุกภาคส่วน(นิตยา งามยิ่งยง, 2560)

การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง (Tourism and Sufficiency Economy) หมายถึง ธุรกิจการท่องเที่ยวที่ผสมผสานกิจกรรมการท่องเที่ยวที่มุ่งเน้นความรู้ทางด้านเกษตรกรรม วัฒนธรรมท้องถิ่น และเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (ชูสิทธิ์ ชูชาติ, 2542) มีหลักการสำคัญ ดังนี้

1) นักท่องเที่ยวจะต้องได้ความรู้จากการท่องเที่ยวพร้อมทั้งความเพลิดเพลิน

2) ชุมชนได้รับประโยชน์จากการท่องเที่ยวและมีส่วนร่วมในการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยว

3) การคำนึงถึงศักยภาพในการรองรับนักท่องเที่ยว (Carrying Capacity)

4) การท่องเที่ยวมีส่วนในการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น

5) มีการอบรมให้เข้าใจความสำคัญของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง

6) มีการสร้างกฎ กติกา

7) การดำเนินธุรกิจท่องเที่ยวต้องยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงทั้งผู้ประกอบการ นักท่องเที่ยว ชุมชนในท้องถิ่น

จากพระราชดำรัสพระราชทานให้แก่บุคคลต่าง ๆ ที่เข้าเฝ้าฯถวายชัยมงคล เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย สวนจิตรลดาฯ พระราชวังดุสิต ในวันพฤหัสบดีที่ 4 ธันวาคม 2540 ว่า “ความจริงเคยพูดเสมอในที่ประชุมอย่างนี้ว่า การเป็นเสือนั้นไม่สำคัญ สำคัญอยู่ที่เรามีเศรษฐกิจแบบพอมีพอกิน แบบพอมีพอกินนั้นหมายความว่า อุ้มชูตัวเองได้ให้มีพอเพียงกับตัวเอง อันนี้ก็เคยบอกว่าความพอเพียงนี้ไม่ได้หมายความว่า ทุกครอบครัวจะต้องผลิตอาหารของตัวและต้องทอผ้าใส่เองอย่างนั้นมันเกินไป แต่ว่าในหมู่บ้านหรือในอำเภอ จะต้องมีความพอเพียงพอสมควร บางสิ่งบางอย่างที่ผลิตได้มากกว่าความต้องการก็ขายได้ แต่ขายในที่ไม่ห่างไกลเท่าไหร่ไม่ต้องเสียค่าขนส่งมากนัก”(www.amarin.com/royalspeech/speech40.htm.,2561) หลักปรัชญานี้สามารถสรุปออกมาเป็นคุณสมบัติ 3ห่วง 2 เงื่อนไข ดังภาพที่ 1

2 เงื่อนไข	
ความรู้	คุณธรรม

ภาพ 1 แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง จึงสรุปดังตารางที่ 1

ตาราง 1 แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง

	การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน		**การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง**
	องค์การการท่องเที่ยวโลก (WTO)	**นิตยา งามยิ่งยง**	**ชูสิทธิ์ ชูชาติ**
ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ	เน้นการออกแบบที่กลมกลืนกับธรรมชาติ หรือสถาปัตยกรรมท้องถิ่น และใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น		การอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น
ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน	กิจกรรมที่เกี่ยงข้องกับการท่องเที่ยวต้องให้ประสบการณ์ที่มีคุณค่าต่อผู้มาเยือน		ความรู้จากการท่องเที่ยว
	- ตระหนักถึงความต้องการของชุมชนและท้องถิ่น เปิดโอกาสให้	- การวางแผนและจัดการในการพัฒนาการ	ชุมชนได้รับประโยชน์จากการท่องเที่ยว และวางแผนร่วมกัน

	มีส่วนร่วมและกระจายประโยชน์สู่ท้องถิ่นอย่างเป็นธรรม - พัฒนาฐานข้อมูล	ท่องเที่ยว - การรักษาระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว - การจัดการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยวให้กระจายในทุกภาคส่วน	
	Carrying Capacity	- การอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยว - การรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในแหล่งท่องเที่ยว	Carrying Capacity
			เข้าใจความสำคัญของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง
	ผสมผสานการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนสู่แผนการพัฒนาระดับท้องถิ่น ภูมิภาค และระดับประเทศ		มีการสร้างกฎ กติกา
			ยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาดและบริการการท่องเที่ยว (จิระวัฒน์ อนุวิชชานนท์, 2554) ได้แก่

1) ผลิตภัณฑ์ (Product) คือ แนวคิดโดยรวมของวัตถุและกระบวนการซึ่งให้แก่ลูกค้า ซึ่งหมายถึงสินค้าและบริกา
2) ราคา (Price) คือ การกำหนดช่วงราคา
3) การจัดจำหน่าย (Place) คือ ความสะดวกสบายที่ผู้บริโภคจะเข้าถึงช่องทางการซื้อและรับรับบริการ และความพร้อมที่จะให้บริการแก่ลูกค้า

4) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) คือ กิจกรรมการสื่อสารและออกแบบให้จูงใจผู้บริโภค
5) คน หรือ พนักงาน (People)) คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับบุคคลทั้งหมดที่มีส่วนร่วมในการบริการ คือ พนักงานรวมถึงลูกค้าที่อยู่ในบรรยากาศการบริการนั้น ๆ ด้วย (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 2561)
6) กระบวนการ (Process) คือ ขั้นตอนหรือกระบวนการในการให้บริการ รวมถึงวิธีการทำงานซึ่งเกี่ยวข้องกับการผลิตและนำเสนอบริการให้แก่ลูกค้า (ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา, 2557)
7) สภาพแวดล้อมโดยรอบ (Physical Evidence) คือ สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับการให้บริการและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จับต้องได้

ในงานวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาในส่วนของปัจจัยความสอดคล้องของสภาพแวดล้อม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพ (Place) และสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Physical Evidence) ซึ่งอาคารที่เหมาะสม คือ เรือนไทยพื้นถิ่นล้านนา มีลักษณะเป็นเรือนไม้ใต้ถุนสูงเพื่อเป็นพื้นที่เอนกประสงค์ของผู้พักอาศัยและอาจจะแบ่งพื้นที่เป็นเรือนแบบร้านค้าได้ และไม่มีการประดับตกแต่งมากมาย (สืบพงศ์ จรรย์สืบศรี, 2558) ดังรูป 2 ในหมู่บ้านแม่กำปองมีที่พักจำนวนมากและโดยส่วนมากมีลักษณะเป็นเรือนไทยพื้นถิ่นล้านนา จัดวางอาคารตามภูมิประเทศ และจัดภูมิทัศน์ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมโดยรอบและตกแต่งสวนโดยใช้ผักสวนครัวตามแบบล้านนา ดังรูป 3

ภาพ 2 ลักษณะเรือนไทยพื้นถิ่นล้านนา

ภาพ 3 ลักษณะของอาคารโดยทั่วไปในหมู่บ้านแม่กำปอง

การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียง มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประเด็น คือ ความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและการมีส่วนร่วมของชุมชน

ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ สามารถนำมาปฏิบัติได้ในหลายรูปแบบ เช่น การสร้างด้วยพื้นฐานของสถาปัตยกรรมท้องถิ่น การใช้วัสดุในท้องถิ่นให้กลมกลืนกับธรรมชาติและวัฒนธรรมเพื่อให้เกิดการสร้างงานสร้างรายได้แก่ท้องถิ่น รวมถึงการสร้างโดยใช้พื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่น(ชูสิทธิ์ ชูชาติ, 2553)

ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน ชุมชนเข้ามามีบทบาทในการกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ เช่น ชาวบ้านควรมีการจัดทำธุรกิจการท่องเที่ยวขนาดเล็กบนพื้นฐานของวัฒนธรรมและศิลปะท้องถิ่น(ชูสิทธิ์ ชูชาติ, 2553)

ความสัมพันธ์ระหว่างการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงกับส่วนประสมทางการตลาดได้ดังตารางที่ 2

ตาราง2 ความสัมพันธ์ระหว่างการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงกับส่วนประสมทางการตลาด

ส่วนประสมการตลาด / **หลักสำคัญของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน**	**ผลิตภัณฑ์**	**ราคา**	**การจัดจำหน่าย**	**การส่งเสริมการตลาด**	**คน/พนักงาน**	**กระบวนการ**	**สภาพแวดล้อมโดยรอบ**
<u>ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ</u>							
● การอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยว	●						●
● การท่องเที่ยวมีส่วนในการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น	●						●
<u>ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน</u>							
● การสร้างกฎ กติกา	●					●	
● การดำเนินธุรกิจท่องเที่ยวต้องยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	●	●			●	●	
● การจัดการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยว		●	●	●	●	●	
● การให้ความรู้พร้อมทั้งความเพลิดเพลิน					●	●	●

(ผู้วิจัย, 2561)

จากตารางที่ 2 พบว่าโดยหลักการแล้ว ส่วนประสมทางการตลาดการบริการ(7 P's) ในการพัฒนาที่พักให้สอดคล้องกับหลักการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงนั้น แบ่งเป็น 2 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1) ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในมิติของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน มีความสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์ (Product) และสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Physical Evidence) ในมิติของส่วนประสมการตลาดการบริการ คือ ลักษณะของอาคารที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถจัดหาได้ง่ายในท้องถิ่น และสอดคล้องสภาพแวดล้อมภายในท้องถิ่น เพื่อรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการท่องเที่ยว และยังแสดงออกถึงการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมท้องถิ่นอีกด้วย
2) ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชนในมิติของการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ได้แก่ การวางแผนการจัดการในการพัฒนาการท่องเที่ยว การรักษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว และการวาง

แผนการจัดการที่เกิดจากการท่องเที่ยวให้กระจายในทุกภาคส่วน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) การส่งเสริมการตลาด (Promotion) คนหรือพนักงาน (People) และกระบวนการ (Process) ในมิติของส่วนประสมทางการตลาดการบริการ ดังนั้นในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องวางแผนร่วมกันของคนในชุมชนอย่างบูรณาการเพื่อเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยแท้จริง เช่น การกำหนดมาตรฐานของราคาเพื่อสร้างความพึงพอใจกับทั้งนักท่องเที่ยวและชาวบ้าน รูปแบบของบริการซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพนักงานและการอบรมพนักงานที่เป็นคนท้องถิ่น เป็นต้น

จากการลงพื้นที่สำรวจเพื่อศึกษาศักยภาพในการสร้างความสอดคล้องของส่วนประสมการตลาดการพัฒนาที่พักกับการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงในหมู่บ้านแม่กำปองและหมู่บ้านธารทอง เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2561 โดยใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist) เมื่อนำข้อมูลด้านรูปแบบอาคารและตำแหน่งที่ตั้งมาวิเคราะห์การกระจายตัวของธุรกิจที่พักในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูล พบว่า ลักษณะของอาคารในพื้นที่โดยส่วนมากเป็นแบบเรือนไทยพื้นถิ่นล้านนา โดยวางอาคารเรียงรายอยู่ตามถนนหลักของหมู่บ้านและมีจำนวนมากในหมู่บ้านแม่กำปองและบางส่วนในหมู่บ้านธารทอง ดังรูปที่ 4 โดยทั่วไปแล้วของสภาพแวดล้อมในชุมชนนั้นในหมู่บ้านธารทองจะไม่แออัด มีพื้นที่ว่างมากพอที่จะเปิดโอกาสให้มีการสร้างที่พักเพิ่มได้อีกด้วย

รูปที่ 4 การกระจายตัวของที่พักตามลักษณะของอาคาร

จากการลงพื้นที่สำรวจเพื่อศึกษาลักษณะการดำเนินกิจการที่พักในพื้นที่หมู่บ้านแม่กำปองและหมู่บ้านธารทองพบว่าในหมู่บ้านแม่กำปองมีที่พักจำนวนมากและมีข้อตกลงภายในชุมชนที่ไม่อนุญาตให้ทำการก่อสร้างอาคารที่พักเพิ่ม และไม่อนุญาตให้เอกชนเข้ามาลงทุนเพิ่มเว้นแต่ชาวบ้านที่เป็นเจ้าของบ้านที่มีอยู่แล้วเดิมนั้นจะดำเนินการเอง การกำหนดราคาร่วมกันนั้นถือเป็นการกำหนดร่วมกันในชุมชน มาตรฐานราคาห้องพักนี้จึงถือเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการกำหนดลักษณะ

ของอาคารที่พักและขอบเขตการลงทุนให้อยู่ในขอบเขตของการก่อสร้างที่เรียบง่าย ใช้วัสดุและช่างภายในท้องถิ่น นอกจากนั้นยังเป็นการสนับสนุนให้ชาวบ้านดำเนินกิจการไปอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและไม่ทิ้งอาชีพดั้งเดิมแม้จะมีนักท่องเที่ยวเข้ามาจำนวนมาก ส่วนหมู่บ้านธารทองนั้นยังไม่มีนโยบายที่เกี่ยวกับการจัดการใดๆที่สนับสนุนการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน แต่ในพื้นที่ดังกล่าวมีการพัฒนาที่พักจำนวนไม่มาก ไม่มีรูปแบบของอาคารที่แสดงลักษณะเฉพาะเหมือนในหมู่บ้านแม่กำปองแต่เลือกใช้วัสดุที่หาง่ายภายในท้องถิ่นและวางตัวให้กลมกลืนกับธรรมชาติ

จึงสรุปลักษณะการดำเนินกิจการที่มีความสอดคล้องของส่วนประสมการตลาดการพัฒนาที่พักกับการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงในหมู่บ้านแม่กำปองและหมู่บ้านธารทอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางส่วนประสมทางการตลาดของที่พักในพื้นที่หมู่บ้านแม่กำปองและหมู่บ้านธารทอง

ส่วนประสมทางการตลาด	ผลิตภัณฑ์	ราคา	ช่องทางการจำหน่าย	การส่งเสริมการขาย	คนพนักงาน	กระบวนการ	สภาพแวดล้อมโดยรอบ
หมู่บ้านแม่กำปอง							
ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ							
- การอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยว	ใช้วัสดุในท้องถิ่น						การวางอาคารกลมกลืนกับธรรมชาติ
- การท่องเที่ยวมีส่วนในการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น	เรือนพื้นบ้านล้านนา						อาหารพื้นบ้าน
ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน							
- การสร้างกฎ กติกา	ควบคุมจำนวนที่พัก					วางแผนร่วมกัน	
- การดำเนินธุรกิจท่องเที่ยวต้องยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	สิ่งอำนวยความสะดวกที่สอดคล้องกับวิถีชุมชน	การกำหนดราคามาตรฐาน			จ้างคนในชุมชน	การทำธุรกิจที่พักขนาดเล็ก	
- การจัดการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยว		การกำหนดราคามาตรฐาน	ซื้อผ่านผู้นำชุมชน	ยังไม่มี	จ้างคนในชุมชน	ยังไม่มี	
- การให้ความรู้พร้อมทั้งความเพลิดเพลิน					การแสดงออกที่บ่งบอกถึงวัฒนธรรม	การคำนึงถึงภูมิปัญญาท้องถิ่น	จัดแสดงนิทรรศการ
หมู่บ้านธารทอง							
ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ							
- การอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยว	ใช้วัสดุในท้องถิ่น						การวางอาคารกลมกลืนกับธรรมชาติ
- การท่องเที่ยวมีส่วนในการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น	ยังไม่มี						
ปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน	ยังไม่มี	ยังไม่มี	ยังไม่มี	ยังไม่มี	ยังไม่มี	ยังไม่มี	ยังไม่มี

จากการวิเคราะห์ลักษณะอาคารที่พักทั้งสองหมู่บ้านโดยให้ความสำคัญกับปัจจัยความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุ การจัดวางอาคาร การคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ และลักษณะของอาคารที่บ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของวัฒนธรรมพื้นถิ่น พบว่าร้อยละ 76 ของที่พักให้ความสำคัญกับปัจจัยความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมนี้และพยายามรักษาสภาพแวดล้อมนี้เพื่อเป็นการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมที่ดีของแหล่งท่องเที่ยวสืบต่อไป

สรุปและอภิปรายผล

หากนักลงทุนต้องการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวงตีนตก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ที่มุ่งเน้นการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในมิติเศรษฐกิจพอเพียงนั้นมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน

ปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาตินั้นจะต้องนำไปใช้กับหลักการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ (Product) และด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Evidence) สำหรับการเลือกที่ตั้งใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับปัจจัยดังกล่าวควรอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านธารทอง เนื่องจากหมู่บ้านแม่กำปองไม่อนุญาตให้พัฒนาที่พักเพิ่ม และหมู่บ้านธารทองอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับหมู่บ้านแม่กำปองซึ่งมีบริบทของสภาพแวดล้อมเดียวกันจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้ประสบความสำเร็จได้ในแนวทางเดียวกัน

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการคือปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งสัมพันธ์กับหลักการตลาดด้านราคา (Price) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย(Place) ด้านการส่งเสริมการตลาด(Promotion) ด้านกระบวนการ (Process) และด้านบุคลากร(People) ในหมู่บ้านแม่กำปองมีศักยภาพทางด้านนี้อยู่แล้วเนื่องจากอยู่ในโครงการการท่องเที่ยวโดยชุมชน (http://www.cbti.or.th,2561) แต่เนื่องจากหมู่บ้านแม่กำปองไม่อนุญาตให้พัฒนาที่พักเพิ่ม ดังนั้นการพัฒนาที่พักในแนวทางนี้จึงสามารถศึกษาแนวทางการพัฒนาปัจจัยการมีส่วนร่วมของชุมชนโดยมีหมู่บ้านแม่กำปองเป็นกรณีศึกษาได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนการตลาดการพัฒนาที่พักในพื้นที่โดยรอบโครงการหลวง แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นปัจจัยความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมโดยรอบผู้ประกอบการจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยความมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อนำไปวางแผนการตลาดสำหรับการพัฒนาที่พักได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

ชูสิทธิ์ ชูชาติ. (2542). โครงการหลวง:พระราชกรณียกิจนวมินทร์มหาราชา เพื่อปวงประชาราษฎร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่:มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ชูสิทธิ์ ชูชาติ. (2553). คู่มือการท่องเที่ยวในมิติเศรษฐกิจพอเพียง(พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. ส่วนประสมการตลาด(Marketing Mix). สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2561 จาก http://academic.udru.ac.th/~samawan/content/02maketingMix.pdf

www.amarin.com/royalspeech/speech40.htm.,2561

ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา. (2557). การตลาดบริการ:แนวคิดและกลยุทธ์(พิมพ์ครั้งที่ 4 ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สืบพงศ์ จรรย์สืบศรี. (2558). เอกสารประกอบการบรรยาย วิชาสถาปัตยกรรมไทยพื้นถิ่น. มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา. https://issuu.com/suebpongchans/docs/vernarchbook58(2561).

สันติ กีระนันท์. (2560). วิเคราะห์เศรษฐกิจพอเพียงในบริบทตลาดทุน (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัท อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน) http://www.cbti.or.th

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา

Factors Affecting Tourists'Decision to Visit Takian Tia Community in Pattaya City

ณิชกานต์ สำราญวานิช(Nitchakarn Sumranwanich)*
ศรีอร สมบูรณ์ทรัพย์(Srion-Somboonsap) พัฒน์ พัฒนรังสรรค์(Pat Pattanarangsan)
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
*Corresponding author. E-mail: nailtop@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไป พฤติกรรมนักท่องเที่ยว ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และ ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่าง คือผู้ที่มาท่องเที่ยวและมาเยือน ศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ตำบลตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา ทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ตั้งแต่เดือน เมษายน 2561 ถึง พฤษภาคม 2561 เป็นระยะเวลาเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 เดือน จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองโลจิตที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ศูนย์การเรียนรู้ ชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยาได้แก่ เพศ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนโดยประมาณของนักท่องเที่ยว รูปแบบการท่องเที่ยว ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว รวมทั้ง ปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้าน กระบวนการบริการ ด้านราคา ด้านสถานที่ และด้านบุคลากร

คำสำคัญ : ศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย การตัดสินใจ นักท่องเที่ยว

Abstract

The purpose of this study was to investigate the factors influencing the decision of tourists visiting Takian Tia community in Pattaya city. By collecting data from the questionnaire. Sample is the tourist Hundreds of home learning centers Tambon Takian in the Pattaya area from April 2018 to May 2018, 400 samples were used by accidental sampling and analyzed by Lloyd's model. At the statistical significance level of 0.10, the results showed that factors affecting the decision of visiting tourists. The Takian Tia Community Learning Center in Pattaya City is the sex

and average monthly income of tourists. Travel form Travel expenses including marketing mix factors. Process, Price of services. Place and Personnel
Keywords: learning center Takian Tia Community Decision Tourists

บทนำ

เมืองพัทยา เป็นสถานที่ท่องเที่ยวยอดนิยมทั้งของคนไทยและชาวต่างชาติมาอย่างยาวนาน เพราะพัทยามีครบทุกอย่างที่นักท่องเที่ยวต้องการ มีสถานที่น่าสนใจมากมาย โดยเป็นสถานที่ท่องเที่ยวซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้ประทับใจ และเก็บความทรงจำที่ดีต่อการมาเที่ยวพัทยาอีกมากมายหลายแห่ง รวมไปถึงสถานบันเทิงยามราตรีที่ทำให้พัทยากลายเป็นเมืองท่องเที่ยวอย่างสมบูรณ์แบบ นักท่องเที่ยวจึงสามารถใช้เวลาพักผ่อนอยู่ที่พัทยาได้อย่างมีความสุขและสะดวกสบายในทุกๆ ด้าน (ที่มา: อเมซิ่ง ไทยแลนด์ออนไลน์, https://thai.tourismthailand.org) เพราะเหตุนี้ เมืองพัทยาถือจึงได้รับเลือกให้เป็น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นแบบพิเศษ เป็นการบริหารราชการส่วนท้องถิ่นรูปแบบพิเศษที่จัดตั้งตามพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการเมืองพัทยา พ.ศ. 2521 สถานที่ที่ได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ โดยส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งท่องเที่ยว ประเภท แหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติและ แหล่งท่องเที่ยวเพื่อนันทนาการที่มนุษย์นั้นจัดสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง (ที่มา: อเมซิ่ง ไทยแลนด์ออนไลน์, https://thai.tourismthailand.org) อย่างไรก็ตามแม้การท่องเที่ยวในเมืองพัทยาจะมีนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวอย่างต่อเนื่อง แต่หากมีการท่องเที่ยวซ้ำในนักท่องเที่ยวกลุ่มเดิมนั้นและเพิ่มการแนะนำให้เกิดการท่องเที่ยวในเมืองพัทยาเพิ่มมากยิ่งขึ้น ก็จะทำให้การท่องเที่ยวของเมืองพัทยามีแนวทางที่ดีขึ้นและสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้เรื่อยๆ เมืองพัทยาจึงมีความต้องการพยายามประชาสัมพันธ์สถานที่ท้องถิ่นที่มีอยู่แล้วในเมืองพัทยา เน้นวิถีชีวิตท้องถิ่นให้น่าสนใจมากขึ้น และเมืองพัทยานั้น ยังมีสถานที่ท่องเที่ยวประเภทอื่นๆอีกเป็นจำนวนมาก ที่ยังไม่ได้รับการสนับสนุนจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้สถานที่ท่องเที่ยวบางแห่งที่มีความน่าสนใจและสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ แต่ยังไม่รู้จักและไม่ได้รับความสนใจ และสถานที่ท่องเที่ยวประเภทแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ควรค่าแก่การรักษาและถ่ายทอดออกมาให้นักท่องเที่ยวต่างๆ ทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติได้เดินทางมาท่องเที่ยว ซึ่งเมืองพัทยาก็มีแหล่งท่องเที่ยวประเภทนี้อยู่เช่นกัน คือ ชุมชนตะเคียนเตี้ย ที่ตั้งอยู่ในอำเภอบางละมุง ของเขตเมืองพัทยาที่อยู่ในการปกครองของสำนักงานพื้นที่พิเศษเมืองพัทยาและพื้นที่เชื่องโยง (อพท.3) คือ แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีการถ่ายทอดวัฒนธรรมและวิถีชุมชนดั่งเดิมที่มีอยู่แล้วมาเป็นเวลานาน มีวัฒนธรรมที่มีอยู่จริงและ มีกิจกรรมที่น่าสนใจต่างๆให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้เป็นจำนวนมาก(ที่มา: อพท. Dasta Travel) อีกทั้งยังมีที่พักเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวแต่มีจำนวนยังไม่มากพอ โดยภาพรวมของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน

พัทยานั้นยังไม่รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวแห่งนี้และยังไม่มีการไม่มีการพัฒนาในส่วนต่างๆให้เกิดความน่าสนใจและอำนวยความสะดวกให้แก่นักท่องเที่ยวมากเท่าที่ควร หากสถานทีท่องเที่ยวแห่งนี้ติดอันดับสถานที่ท่องเที่ยวของเมืองพัทยา จะสามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวและสร้างภาพลักษณ์การท่องเที่ยวในเชิงบวกให้กับเมืองพัทยาได้เป็นอย่างดีอีกด้วย จึงมีความสำคัญในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจมากท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวในศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเมืองพัทยา ซึ่งการศึกษานี้จะนำทฤษฎีด้านการตลาด ทฤษฎีการตัดสินใจ และทฤษฎีแบบจำลองโลจิตเข้ามาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ และศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย (ปี)	ปัจจัยส่วนบุคคล	พฤติกรรของนักท่องเที่ยว	ส่วนประสมการตลาด
สุพรรณี ปราศราคิน (2549)		✓	✓
นภาวรรณ รุ่งจำรัส (2552)		✓	✓
พรทิพย์ บุญเที่ยงธรรม (2555)	✓	✓	✓
สมพงษ์ อัศวริยธิปัติ (2558)	✓	✓	✓
พัฒนะ ธนกฤตพุฒิเมธ (2558)	✓	✓	✓

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของบ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวบ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา
3. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อความต้องการมาท่องเที่ยวบ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา
4. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจมาท่องเที่ยวของ บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมในการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เลือกมาท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ในเขตเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี มีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่การศึกษา

การศึกษาเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวที่ครอบคลุมพื้นที่บ้านร้อยเสา ในชุมชนตะเคียนเตี้ย

2. ขอบเขตด้านเวลา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิ โดยเก็บข้อมูลในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2018 เป็นระยะเวลา 4 เดือน

3. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลทั่วไปของนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติ อาทิ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ภูมิลำเนา เป็นต้น โดยมุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการของนักท่องเที่ยวที่เลือกเข้ามาท่องเที่ยวบ้านร้อยเสาในชุมชนตะเคียนเตี้ย อาทิ ระยะเวลาที่มาท่องเที่ยว สถานที่ที่สนใจเข้ามาท่องเที่ยว บุคคลที่มาด้วย ลักษณะการท่องเที่ยวของนักท่องเทียว รวมถึงพฤติกรรมการวางแผนการใช้เงินระหว่างการท่องเที่ยว ฯลฯ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ ประชากรนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติที่เข้ามาเยือนและท่องเที่ยว บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย

2. กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการหาขนาดประชากรแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เพื่อสุ่มตัวอย่างประชากร จำนวนทั้งหมด 400 ตัวอย่าง ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามนั้น เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เข้ามาท่องเที่ยวใน “บ้านร้อยเสา” ชุมชนตะเคียนเตี้ย เฉลี่ยระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่เดือน เมษายน 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2561 โดยในการศึกษาครั้งนี้ทำการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นกลุ่มตัวอย่างให้มีค่าเท่ากับร้อยละ 90 ใช้การคำนวณขนาดตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากร (สุภาพร กัลยาบุตร, 2549)

จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

สูตร $n = \frac{Z2}{4E2}$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง หรือกลุ่มตัวอย่าง

E คือ ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า

Z คือ ค่าปกติมาตรฐานที่ได้จากตารางแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

แทนค่าในสูตร

$$n = \frac{(1.96)2}{4(0.05)2}$$

$$= 384.16$$

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเพื่อง่ายต่อการคำนวณ จึงกำหนดตัวอย่างประชากรจำนวน 400 ตัวอย่าง

สำหรับการศึกษาวัตถุประสงค์ในข้อที่ 3 ที่สามารถอธิบายถึงการวัดระดับความสำคัญของส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจมาท่องเที่ยว บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย โดยได้ให้ระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามทฤษฎีแนวคิดของไลเคิร์ท (Likert Rating Scale) จากค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในระดับความสำคัญ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย หรือน้อยที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งระดับการให้คะแนน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึง	ให้ความสำคัญมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึง	ให้ความสำคัญมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึง	ให้ความสำคัญปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึง	ให้ความสำคัญน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึง	ให้ความสำคัญน้อยที่สุด

กรอบแนวความคิด

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมของนักท่องเที่ยว และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดเป็นตัวแปรที่มักถูกนำมาศึกษา ดังนี้

ตัวแปรอิสระ

1.ลักษณะส่วนบุคคลของนักท่องเที่ยว
อายุ, รายได้, เพศ, การศึกษา, สถานภาพสมรส
2.ปัจจัยด้านพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว
งบประมาณ พฤติกรรม วัตถุประสงค์ ความสนใจของนักท่องเที่ยว ลักษณะผู้ที่มาท่องเที่ยวด้วย
3. ปัจจัยด้านส่วนประสมการตลาด
ทำเลที่ตั้ง การให้ข้อมูลประชาสัมพันธ์ ราคา ช่องทางการเดินทางมายังชุมชนตะเคียนเตี้ย การส่งเสริมการท่องเที่ยว ชุมชนตะเคียนเตี้ย ลักษณะทางกายภาพและการนำเสนรูปแบบการให้บริการ กระบวนการดำเนินการกิจกรรมต่างๆ

→

ตัวแปรตาม

ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของ ชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา

การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวในการมาเยือนชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา ด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิต ซึ่งตั้งสมมุติฐานในการศึกษาดังนี้

H_0 คือ ปัจจัยด้านลักษณะบุคคล พฤติกรรมด้านพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ด้านส่วนประสมทางการตลาด ของนักท่องเที่ยวไม่มีผลต่อการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา

H_1 คือ คือ ปัจจัยด้านลักษณะบุคคล พฤติกรรมด้านพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ด้านส่วนประสมทางการตลาด ของนักท่องเที่ยวมีผลต่อการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวชุมชน ตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา

โดยกำหนดแบบจำลองโลจิสต์เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

$$\ln\left(\frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)}\right) = \beta_0 + \sum_j \beta_{1j}\text{gender}_j + \sum_k \beta_{2k}\text{status}_k + \sum_l \beta_{3l}\text{income}_l$$
$$+ \sum_m \beta_{4m}\text{job}_m + \sum_n \beta_{5n}\text{format}_l + \sum_o \beta_{6o}\text{night}_o + \sum_p \beta_{7p}\text{people}_p + \sum_q \beta_{8q}\text{pay}_q$$
$$+ \sum_u \beta_{9u}\text{place2}_u + \sum_u \beta_{10v}\text{place4}_v + \sum_v \beta_{11x}\text{price1}_x + \sum_y \beta_{12y}\text{price2}_y$$
$$+ \sum_v \beta_{13z}\text{price3}_z + \sum_a \beta_{14ax}\text{peo3}_a + \sum_b \beta_{15b}\text{present3}_b + \sum_c \beta_{16c}\text{process2}_c$$
$$+ \sum_c \beta_{17c}\text{process3}_c + + \sum_d \beta_{18q}\text{product3}_q + U$$

ตารางที่ 2 คำอธิบายตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปร	ความหมาย	หมายเหตุ
Y	การตัดสินใจมากเที่ยวซ้ำของศูนย์การเรียนรู้ บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย	1 = เลือกกลับมาเที่ยวซ้ำ 0 = ไม่เลือกกลับมาเที่ยวซ้ำ
P	Prob (Y=1) ความน่าจะเป็นของการตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำของศูนย์การเรียนรู้ บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย	
gender	เพศ	1 = เพศชาย 2 = เพศหญิง
Status	สถานภาพ	1 =โสด

ตัวแปร	ความหมาย	หมายเหตุ
		2 = สมรส 3 = หย่าร้าง
Income	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	1 = ต่ำกว่า 15,000 บาท 2 = 15,001-30,000 บาท 3 = 30,001-45,000 บาท 4 = 45,001-60,000 บาท
Job	อาชีพ	1 = นักศึกษา / พ่อบ้าน แม่บ้าน 2 = พนักงานเอกชน 3= รับราชการ / วิสาหกิจ
format	รูปแบบการท่องเที่ยว	1 = จัดโปรแกรมด้วยตนเอง 2 = บริษัทนำเที่ยว 3 = ทางผ่านในการเดินทาง 4 = หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
night	ความต้องการค้างคืน	1 = ค้าง / 0 = ไม่ค้าง
people	บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการท่องเที่ยว	1 = ครอบครัว 2 = เพื่อน 3 = คู่รัก 4 = ตัดสินใจด้วยตัวเอง
pay	ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว	1 = น้อยกว่า 3,000 บาท 2 = 3,001-4,000 บาท 3 = 4,001-5,000 บาท 4 = มากกว่า 5,000 บาท
product3	สถานที่มีเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่น	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
price1	ราคาที่พักมีความเหมาะสมและเป็นทีพึงพอใจ	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
price2	ราคาสินค้า ของฝาก ของที่ระลึกมีความเหมาะสม	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5

ตัวแปร	ความหมาย	หมายเหตุ
price3	ราคากิจกรรมต่างๆมีความเหมาะสม	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
peo3	บุคลากรให้ความรู้เกี่ยวกับศูนย์การเรียนรู้ได้เข้าใจง่าย	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
present3	มีการรักษาความสะอาดในทุกๆจุดของสถานที่ท่องเที่ยว	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
process2	มีสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
process3	กิจกรรมมีความหลากหลายสนุกสนานและเพลิดเพลิน	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
place2	สถานที่จอดรถมีเพียงพอต่อความต้องการ	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5
place4	การคมนาคมเข้าถึงสะดวก	ตามคะแนนความคิดเห็น 1-5

ผลการวิจัย

ศูนย์การเรียนรู้ “บ้านร้อยเสา” เป็นลานวัฒนธรรม ตั้งอยู่ในชุมชนตะเคียนเตี้ย เขตเมืองพัทยา ปัจจุบันมีการทำสวนเกษตรหลากหลายมากขึ้น แต่สวนมะพร้าวยังถือเป็นอาชีพหลักของชุมชน และเพื่อให้ชุมชนตะเคียนเตี้ยมีความแข็งแกร่ง และนำรายได้เข้าสู่ชุมชนได้มากขึ้น “คุณวันดี สิงห์ทอง” ผู้ดูแลศูนย์การเรียนรู้ บ้านร้อยเสา ณ ปัจจุบัน จึงได้ริเริ่มแนวคิดในการสร้างชุมชนให้เข้มแข็งด้วยการดึงคนภายนอกให้เข้ามาเรียนรู้ประเพณีวัฒนธรรม วิถีชีวิตพอเพียง ที่ครอบครัวของคุณยายทรัพย์ ประกอบธรรม ได้อุทิศบ้านและพื้นที่ 6 ไร่ ให้เป็นลานวัฒนธรรมและศูนย์การเรียนรู้ รวมถึงพื้นที่สำหรับกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้เกิดเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น ภายในมีการจัดพิพิธภัณฑ์เพื่อการเรียนรู้วิถีชีวิตของชุมชนและมีกิจกรรมต่างๆมากมายให้ผู้ที่มาท่องเที่ยวได้เรียนรู้ เช่น กิจกรรมเพื่อสุขภาพ คือ กัวซารักษาโรค ซึ่งเป็นภูมิปัญญาแพทย์พื้นบ้าน ที่ตกทอดมาตั้งแต่โบราณอีกหนึ่งอย่างของชาวจีน สถานที่แห่งนี้ได้รวบรวมมรดกทางวัฒนธรรมของชุมชน ข้าวของเครื่องใช้สมัยโบราณ ตำรายารักษาโรค ตำราโหราศาสตร์ ปีนักษัตรไทย การดูฤกษ์ยาม ครกบดยา ภาชนะทองเหลืองสลักลาย และพระเครื่อง เป็นต้น ซึ่งของทุกชิ้นมีเรื่องราวมากด้วยคุณค่า ผู้ที่เดินทางมาเยี่ยมเยือนยังมีโอกาสได้เรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมากมายกับกิจกรรมหลากหลาย เช่น การปลูกผักสวนครัวและสวนสมุนไพร, การทำน้ำหมักชีวภาพ จากใบไม้และเศษซากผักที่เหลือใช้, งาน

หัตถกรรมพื้นบ้าน การทำพวงมโหตร คือ เครื่องแขวนที่ใช้ตกแต่งวัดและบ้านเรือน ในเทศกาลหรืองานมงคล ทำจากกระดาษว่าวหรือกระดาษสี ซึ่งถือเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างหนึ่งที่สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น, การพับใบเตย, การทำอาหารท้องถิ่นของชุมชนตะเคียนเตี้ย เช่น แกงไก่กะลา น้ำสมุนไพร ขนมทองพับ ท๊อฟฟี่โบราณ และกิจกรรมใหม่ล่าสุดคือการปั่นจักรยานชมสวนที่มีความสนุกตามวิถีชาวบ้าน โดยการปั่นชมสวนมะพร้าว พร้อมทั้งมีกิจกรรมให้เก็บลูกมะพร้าวเพื่อมารับประทานสดๆกันอีกด้วย กิจกรรมทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นนั้นอยู่ในแพ็คเกจกิจกรรมในราคาเพียงท่านละ 850 บาท และศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ยังมีที่ทำการทดลองทำที่พักแบบโฮมสเตย์ไว้รองรับผู้มาเยือนเพียงคืนละ 400 บาทเท่านั้น พร้อมอาหารเช้าพื้นบ้าน เป็นโฮมสเตย์เล็กๆที่รองรับผู้มาเยือน จำนวน 4 ห้อง ได้สูงสุดเพียง 16 คน เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวที่ต้องการเข้ามาเที่ยวแบบพักค้างแรม ซึ่งหากเดินทางมาเป็นหมู่คณะ สามารถติดต่อสอบถามราคาพิเศษกับคุณวันดี ผู้ดูแลศูนย์การเรียนรู้ร้อยเสา ได้โดยตรง

การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ศูนย์การเรียนรู้ ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาข้อที่ 2 ซึ่งได้แก่ วัตถุประสงค์ของการท่องเที่ยว บุคคลที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการตัดสินใจ บุคคลที่เดินทางมาด้วย รูปแบบการเดินทางท่องเที่ยว การค้างคืน ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการท่องเที่ยว สัดส่วนของการค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว การเคยเดินทางมาท่องเที่ยว รูปแบบสื่อ และกิจกรรมที่สนใจโดยใช้สถิติความถี่และร้อยละ (ตารางที่ 3-9) ดังนี้

ตารางที่ 3 วัตถุประสงค์การท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่าง

วัตถุประสงค์ของการท่องเที่ยว	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพื่อพักผ่อน	175	43.80
เพื่อการเรียนรู้	241	60.30
เพื่อความบันเทิง	162	40.50
เพื่อศึกษาวัฒนธรรม	211	52.80
ตามคำเชิญชวน	18	4.50
อื่นๆ (เพื่อชวนมา)	1	0.30

หมายเหตุ : * สามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 4 บุคคลที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการตัดสินใจท่องเที่ยวของกลุ่มตัวอย่าง (n=400)

บุคคลที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการตัดสินใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ครอบครัว	170	42.50
เพื่อน	216	54.00
คู่รัก	8	2.00
ตัดสินใจด้วยตนเอง	6	0.50
รวม	400	100.0

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 5 รูปแบบการเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่าง (n=400)

รูปแบบการเดินทางท่องเที่ยว	จำนวน (คน)	ร้อยละ
จัดโปรแกรมด้วยตนเอง	148	37.00
บริษัทนำเที่ยว	113	28.30
ทางผ่านในการเดินทาง	86	21.40
หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	53	13.30
รวม	400	100.0

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 6 ความต้องการค้างคืนของนักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่าง (n=400)

การค้างคืน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่ค้าง (เที่ยวภายในวันเดียว)	112	30. 50
ค้าง	278	69.50
รวม	400	100.0

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 7 สัดส่วนของการค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 3 อันดับแรกของกลุ่มตัวอย่าง (n=400)

สัดส่วนของการค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว	จำนวน (คะแนน)	ร้อยละ
อันดับที่ 1 ค่ากิจกรรมต่างๆ	1,126	55.00
อันดับที่ 2 ค่าอาหาร	485	23.70
อันดับที่ 3 ค่าที่พัก	436	21.30

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่าง (n=400)

ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการท่องเที่ยว	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่เกิน 3,000 บาท	210	52.50
3,001-4,000 บาท	180	45.00
4,001- 5,000 บาท	6	1.50
มากกว่า 5,000 บาท	4	1.00
รวม	400	100.0

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

ตารางที่ 9 กิจกรรมที่สนใจมากที่สุด 3 อันดับแรก ของกลุ่มตัวอย่าง

สัดส่วนของการค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว	จำนวน (คะแนน)	ร้อยละ
อันดับที่ 1 กัวซา	476	36.40
อันดับที่ 2 พิพิธภัณฑ์	462	35.30
อันดับที่ 3 การเรียนรู้น้ำหมักชีวภาพ	369	28.30

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

จากการศึกษาปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวในการมาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตพัทยา ของหกลุ่มตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาข้อที่ 3 โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และระดับความสำคัญ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 สรุประดับความสำคัญของส่วนประสมทางการตลาด (n=400)

ส่วนประสมทางการตลาด	ค่าเฉลี่ย	รัดบความสำคัญ
ด้านสถานที่	4.49	มากที่สุด
ด้านกระบวนการให้ความสะดวก	4.01	มาก
ด้านราคา	4.48	มาก
ด้านบริการ	4.52	มากที่สุด
ด้านบุคลากร	4.64	มากที่สุด
ด้านส่งเสริมการท่องเที่ยว	3.64	ปานกลาง
ด้านการนำเสนอ	4.58	มากที่สุด

ที่มา : จากการศึกษาและสำรวจ

จากตารางที่ 10 แสดงในส่วนของการตลาดที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวในการมาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตพัทยา ปัจจัยที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ ปัจจัยด้านบุคลากร มีค่าเฉลี่ย 4.64 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านกายภาพและการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ย 4.58 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านบริการ มีค่าเฉลี่ย 4.52 รองลงมาเป็นด้านสถานที่ มีค่าเฉลี่ย 4.49 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านราคา มีค่าเฉลี่ย 4.48 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านกระบวนการให้ความสะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.01 และอันดับสุดท้ายเป็นปัจจัยด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยวการให้ข้อมูลประชาสัมพันธ์ มีค่าเฉลี่ย 3.64

(หมายเหตุ: เนื่องจากทางชุมชนยังไม่มีการจัดโปรโมชั่นของราคาด้านค่านักท่องเที่ยว จึงยังไม่มีการส่งเสริมการตลาดในส่วนของโปรโมชั่น แต่จะมีเป็นการส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวในบางส่วนแทน)

จากผลการวิจัยแบบจำลองโลจิต พบว่า ค่า LR chi2(25) = 66.3249 และ ค่า Prob > chi2 = 0.0001 อธิบายได้ว่าแบบจำลองนี้สามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวในการมาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 นั่นคือ สามารถใช้แบบจำลองนี้ประมาณการหรือพยากรณ์ความน่าจะเป็นของผู้ตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำและไม่กลับมาเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ย เมื่อพิจารณา Overall Percentage Correct เท่ากับ 85.70 อธิบายได้ว่าแบบจำลองนี้สามารถพยากรณ์ การตัดสินใจการกลับหรือไม่กลับมาเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ยได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 85.70 โดยปัจจัยที่มีผลต่อการกลับมาท่องเที่ยวศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ย ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 ได้แก่ เพศ สถานภาพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนโดยประมาณของนักท่องเที่ยว รูปแบบการท่องเที่ยว ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว รวมทั้งปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านกระบวนการให้ความสะดวก ราคา ด้านการบริการ และด้านบุคลากร ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิต

ตัวแปร	**b**	**S_b**	**Z-stat**	**P-Value**	**Marginal Effect**
ค่าคงที่	1.548	1.32	1.38	0.000	-
เพศ	(Base Group = ชาย)				
หญิง	-0.072	0.078	-0.92	0.023	-0.72
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน					
15,001-30,000 บาท	-0.345	1.985	-0.46	0.351	-0.920
30,001-45,000 บาท	-0.971	5.301	-0.18	0.279	-0.980
45,001-60,000 บาท	-1.160	3.751	-0.26	0.051	-0.986

ตัวแปร	b	S_b	Z-stat	P-Value	Marginal Effect
สถานภาพ	(Base Group = โสด)				
สมรส	-0.580	0.076	-0.88	0.117	-0.067
หย่าร้าง	-	-	-	-	-
อาชีพ	(Base Group = นักศึกษา / พ่อบ้าน-แม่บ้าน)				
พนักงานเอกชน	0.300	0.047	0.64	0.449	0.030
รับราชการ / รัฐวิสาหกิจ	0.578	0.066	0.84	0.140	0.055
รูปแบบการท่องเที่ยว	(Base Group = จัดโปรแกรมด้วยตัวเอง)				
บริษัทนำเที่ยว	0.702	0.379	1.85	0.086	0.067
ทางผ่านในการเดินทาง	0.735	0.422	1.84	0.090	0.067
หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	1.25	0.566	2.21	0.034	0.095
ความต้องการค้างคืน	(Base Group = ไม่ค้าง)				
ค้าง	0.502	0.067	0.86	0.149	-0.888
บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการท่องเที่ยว	(Base Group = ครอบครัว)				
เพื่อน	-0.529	0.305	-0.35	0.690	-0.012
คู่รัก	-0.116	0.161	-0.42	0.067	-0.068
ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว	(Base Group = น้อยกว่า 3,000 บาท)				
3,001-4,000 บาท	0.539	0.064	0.88	0.074	0.056
4,001-5,000 บาท	0.143	0.112	0.13	0.893	0.014
สถานที่มีเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่น	-0.25	0.041	-0.64	0.552	-0.026
ปัจจัยด้านราคา					
ราคาที่พักมีความเหมาะสมและ	-0.000	0.033	-0.000	0.999	-0.000
ราคาสินค้า มีความเหมาะสม	-0.566	0.068	-0.88	0.030	-0.060
ราคากิจกรรมมีความเหมาะสม	-0363	0.050	-0.77	0.312	-0.038
ปัจจัยด้านบุคคล					

บุคลากรให้ความรู้เกี่ยวกับศูนย์การเรียนรู้ได้เข้าใจง่าย	0.489	0.060	0.86	0.172	0.052
ปัจจัยด้านกระบวนการบริการ					
มีสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว	0.623	0.302	0.91	0.043	0.066
กิจกรรมมีความหลากหลายสนุกสนานและเพลิดเพลิน	-0.002	0.053	-0.01	0.995	-0.000
ปัจจัยด้านสถานที่					
สถานที่จอดรถมีเพียงพอ	-0.173	0.175	-0.99	0.000	-0.173
การคมนาคมเข้าถึงสะดวก	0.187	0.190	-0.98	0.000	0.187
การนำเสนอ					
มีการรักษาความสะอาดทุกๆจุด	0.001	0.033	0.04	0.999	0.001

สรุปและอภิปรายผล

ปัจจัยส่วนบุคคลของนักท่องเที่ยวสามารถอธิบายการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ได้แก่ ตัวแปรด้านบุคคล ได้แก่ เพศหญิงที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำน้อยกว่าผู้ชาย ร้อยละ 52.5 และ 47.5 ตามลำดับ โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ นภาวรรณ รุ่งจำรัส (2552) สมพงษ์ อัศวริยธิปัติ และ พัฒนะ ธนกฤตพุฒิเมธ (2558) สถานภาพไม่มีอิทธิพลในการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุพรรณี ปราศราคิน (2549) รวมถึง รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 45,001-60,000 บาท ที่มีผลต่อการตัดสินใจมาเที่ยวซ้ำน้อยกว่านักท่องเที่ยวที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 15,000 บาท ร้อยละ 0.8 และ 4.5 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ นภาวรรณ รุ่งจำรัส (2552) สมพงษ์ อัศวริยธิปัติ และ พัฒนะ ธนกฤตพุฒิเมธ (2558) ส่วนอาชีพนั้นไม่มีผลต่อการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยว สอดคล้องกับการศึกษาของ สุพรรณี ปราศราคิน (2549) สมพงษ์ อัศวริยธิปัติ และ พัฒนะ ธนกฤตพุฒิเมธ (2558) ตัวแปรด้านพฤติกรรมนั้นสามารถอธิบายได้ว่า รูปแบบการท่องเที่ยวนั้น มีผลต่อการกลับมาเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบการท่องเที่ยวที่จัดขึ้นเอง บริษัทนำเที่ยว เป็นทางผ่านการเดินทาง และ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 37.5 28.2 21.5 และ 13.3 ตามลำดับ ความต้องการค้างคืนนั้นไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยว ตัวแปรผู้มีอิทธิพลในการตัดสินใจมาท่องเที่ยวนั้น คู่รักมี

อิทธิพลในการตัดตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำน้อยกว่า ครอบครัว ร้อยละ 2.0 42.5 ตามลำดับ ด้านค่าใช้จ่ายนั้น นักท่องเที่ยวที่มีค่าใช้จ่ายระหว่าง 3,000-4,000 มีอิทธิพลต่อการมาเที่ยวซ้ำมากกว่านักท่องเที่ยวที่มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวน้อยกกว่า3.000 บาท ร้อยละ 45.0 52.5 ตามลำดับ ในด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของ ชุมชนตะเคียนเตี้ย สามารถอธิบายการตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำของชุมชนตะเคียนเตี้ย เขตเมืองพัทยา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ได้แก่ ด้านสถานที่ โดย สถานที่จอดรถเพียงพอจะทำให้ความต้องการกลับมาท่องเที่ยวน้อยลง เนื่องจากหากนำพื้นที่ในส่วนอื่นๆมาจัดสรรเป็นที่จอดรถให้เพียงพอนั้น จะเสียโอกาสในการนำพื้นที่ตรงนั้นไปทำกิจกรรมต่างๆที่น่าสนใจเพิ่มมากขึ้น และการคมนาคมที่สะดวกเข้าถึงง่ายนั้น จะทำให้นักท่องเที่ยวตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ เนื่องจากมีการเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวที่สะดวกและง่ายดาย สามารถเข้าถึงได้ง่าย ส่วนด้าน ราคาสินค้า ของฝาก และของที่ระลึกที่มีความหลากหลายและเหมาะสมนั้น จะทำให้นักท่องเที่ยวตัดสินใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำเนื่องจาก สามารถเลือกซื้อสินค้าได้หลากหลายตามความต้องการ ซึ่งปัจจัยทั้งสองส่วนนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิพย์ บุญเที่ยงธรรม (2555) การอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยวในด้านต่างๆ เช่น ห้องน้ำ ร้านอาการ ที่จอดรถ เป็นต้น ล้วนมีผลต่อการกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวทั้งสิ้น เนื่องจากหากมีความสะดวกด้านต่างๆให้กับนักท่องเที่ยว จะมีความพึงพอใจและประทับใจกับสถานที่นั้นๆที่ได้ไปท่องเที่ยวและมีความต้องการอยากกลับมาท่องเที่ยวซ้ำอีก โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิพย์ บุญเที่ยงธรรม (2555) ส่วนปัจจัยส่วนประสมทางด้านการตลาด สถานที่ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลัก บุคลากร และการนำเสนอนั้น ไม่สามารถอธิบายการตัดสินใจกลับมาเที่ยวซ้ำ ชุมชนตะเตียนเตี้ย ของนักเที่ยวเที่ยวที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ชุมชนตะเคียนเตี้ย ในเขตเมืองพัทยา สามารถสรุปข้อเสนอแนะ ได้ ดังนี้

1.ทางชุมชนควรส่งเสริมพัฒนาศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ยในเขตเมืองพัทยา ให้กลายเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและวิถีชีวิตเพื่อเป็นแบบอย่างให้กับชุมชนอื่นๆมาศึกษาหาความรู้และนำไปประยุกต์ใช้กับชุมชนของอื่นๆได้อีกด้วย

2.จากการศึกษาพบว่าที่จอดรถเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ แต่หากนำพื้นที่ที่มีการใช้สอยประโยชน์มาทำที่จอดรถจะได้ให้เสียโอกาสในการจัดสรรพื้นที่ตรงนั้นเพื่อการจัดกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นควรส่งเสริมพื้นที่ใหม่ด้านการอำนวยความสะดวกที่จอดรถ หรือหากที่จอดรถอยู่ไกลจากตัวสถานที่ควรมีรถเล็กๆ หรือรถโดยสาร เพื่ออำนวยความสะดวกจากที่จอดรถมายังศูนย์การเรียนรู้ชุมชนร้อยเสา

3. จากการศึกษาพบว่าราคาสินค้า ของฝาก และของที่ระลึก มีความสำคัญ ทางผู้เกี่ยวข้องควรจะผลักดันผลิตภัณฑ์ของชุมชนให้มีความน่าสนใจและมีราคาที่เหมาะสม หรือจัดทำเป็นแพ็คเกจโปรโมชั่นต่างๆ เพื่อเพิ่มความสนใจให้แก่นักท่องเที่ยว

4. รูปแบบการท่องเที่ยวมีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว ดังนั้น จึงควรจัดรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงบูรณาการ คือ การท่องเที่ยวที่ผสมผสานความรู้ต่างๆของชุมชนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ให้แก่นักท่องเที่ยว ทำให้เกิดประสบการณ์และความพึงพอใจที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความสนับสนุนอย่างดีของ รองศาสตราจารย์ศรีอร สมบูรณ์ทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. พัฒน์ พัฒนรังสรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อมูลร่วมถึงข้อเสนอแนะต่างๆเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้บ้านร้อยเสา ชุมชนตะเคียนเตี้ยที่ได้ให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่โครงการปริญญาโท ภาคพิเศษ คณะเศรษฐศาสตร์ ศรีราชา ที่คอยอำนวยความสะดวกและติดตามงานมาโดยตลอด รวมถึงขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่างๆ ทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัยครั้งที่ 4 เป็นอย่างสูงที่ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้นำเสนอผลงานวิชาการในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ทรงและอาจารย์ที่ร่วมตรวจสอบและให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่างๆเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขบทความวิจัยในครั้งนี้

ณิชกานต์ สำราญวานิช
นิสิตปริญญาโท คณะเศรษฐศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

เอกสารอ้างอิง

คมสัน สุริยะ, **ทฤษฎีแบบจำลองโลจิต**
(Online)http://www.tourismlogistics.com/pdf/1_basic_logit_model.pdf., 10 กุมภาพันธ์ 2561

ค็อตเล่อร์ ฟิลลิป , **ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (Service Marketing Mix)** (Online) http://thesisavenue.blogspot.com/2008/09/marketing-mix-7ps.html, 17 กุมภาพันธ์ 2561

นภาวรรณ รุ่งจำรัส (2552), **พฤติกรรมและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศในการเดินทางมาท่องเที่ยวเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง**

ปรัชญา ปิยะรังสี, 2554 **ทฤษฎี 7 O's Model** (Online) www.research-system.siam.edu/images/...on.../บทท_2.pdf., 10 กุมภาพันธ์ 2561

พฤติกรรมผู้บริโภค (online) http://surat-mlw6.blogspot.com/2015/07/bus-7097-comprehensive-current-Issues-in-marketing-7Os-model.html, 22 พฤษภาคม 2561

พรทิพย์ บุญเที่ยงธรรม, 2555. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ การตัดสินใจท่องเที่ยว ความคาดหวัง ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาเที่ยวตลาดนำในเขตตลิ่งชันจังหวักรุงเทพมหานคร** (Online) http://www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/1151/132511.pdf?sequence, 30 มกราคม 2560

สมพงษ์ อัศวริยธิปัติ และ พัฒนะ ธนกฤตพุฒิเมธ. (2558). **ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ที่มาเที่ยววัดในบริเวณเกาะรัตนโกสินทร์** (Online)http://journal.rmutto.ac.th/template/design/file_article/article.409pdf, 7 กุมภาพันธ์ 2561

สุพรรณี ปราศราคิน. (2549). **พฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางมาท่องเที่ยวเกาะช้าง จัดหวัดตราด ของนักท่องเที่ยวชาวไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

องค์กรบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์กรมหาชน), **ตะเคียนเตี้ย ศูนย์การเรียนรู้ เพื่อชีวิต พอเพียง** (Online)http://agrotourism.doae.go.th/data/dasta/ตะเคียนเตี้ย%20จ.ลบุรี.pdf., 17 กุมภาพันธ์ 2561

อเมซิ่ง ไทยแลนด์. (Online). https://thai.tourismthailand.org

อพท. Dasta Travel. http://tis.dasta.or.th/dastatravel/home-takiantia/, 15 มีนาคม 2561

ผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาทองสายพันธุ์ออรันดา (*Caraassius auratus*)

Effect of Orange sweet potato on Pigmentation and Growth of Oranda Goldfish (*Caraassius auratus*)

อรุชา คุ้มเกิด (Arucha Kukerd)* ดนยา นวมศิริ (Donnaya Nuansiri)
บัญญัติ ศิริธนาวงศ์ (Banyat sirithanawong)
สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบุรี
*Corresponding author. E-mail:pim_26092539@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาทองสายพันธุ์ออรันดา โดยทดลองในลูกปลาทองพันธุ์ออรันดาอายุ 1 เดือน ด้วยอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 0% 10%และ20% เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีการให้อาหารวันละ 2 มื้อ ช่วงเวลา 09.00 นาฬิกาและ18.00 นาฬิกา จากการทดลองพบว่าปลาทองที่ได้อาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มที่ระดับต่างกัน มีค่าความสว่างสีผิว(L) มีค่าความเข้มสีแดง (a)และค่าความเข้มสีเหลือง (b)แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)เมื่อจบการทดลองพบว่าทุกการทดลองมีค่า(a)และ(b) เพิ่มขึ้น โดยปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10% และ20% มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมและค่า(L) ของปลาทองทีได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10%และ20% มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p>0.05$) สำหรับการเจริญเติบโตพบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 0% 10%และ20% มีน้ำหนักเฉลี่ย 6.02 กรัม,6.11 กรัม และ6.75 กรัม ซึ่งปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10%และ20% มีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$)และพบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 0% 10%และ 20% มีความยาวเฉลี่ย 6.01 เซนติเมตร,5.91 เซนติเมตร และ 6.12 เซนติเมตร ไม่ต่างกันทางสถิติ($p>0.05$)

คำสำคัญ: ปลาทอง ออรันดา มันเทศสีส้ม ความเข้มสี การเจริญเติบโต

Abstract

The objective was study effect of orange sweet potato on pigmentation and growth of oranda goldfish.The trial was in the goldfish oranda 1 month of age with food trial that integrate orange sweet potato down to 0%,10%,20% for a period of 6

weeks.There were feed 2 daily meals at 09.00 o'clock and 18.00 o'clock.The research was found that goldfish have experimented blending food orange sweet potato at the different levels.There were a brightness of skin color (L) and there were a res intensity (a) and then the yellow color intensity (b) and was different of statistic ($p<0.05$).At the end of the experiment was all trials (a) and (b) increase by a goldfish was received food trials of orange sweet potato down to the level of 10% and 20%.It was value greater than control groups and the value of the (L).The goldfish was receive food trials of orange sweet potato down to the level of 10% and 20%.It was value less than the control group ($p>0.05$) for growth found that goldfish was receive food trials of orange sweet potato down to the level of 0%,10% and 20% with a weighted average 6.02 g,6.11 g and 6.75 g.Which godfish receive food trials of orange sweet potato down to the level of 10% and 20%.It was average greater than control group ($p<0.05$) and found that goldfish was receive food trials of orange sweet potato down to the level of 0%,10% and 20% and with an average length of 6.01 cm, 5.91 cm and 6.12 cm did not differ statistically ($p>0.05$).

Keywords:Goldfish,Oranda,Orange sweet potato,Pigmentation,Growth

บทนำ

ปลาทองเป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้เลี้ยงปลาสวยงาม เพราะเป็นปลาที่มีสีสันสดใส เลี้ยงง่าย เพียงให้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยง ซึ่งในอาหารสำเร็จรูปจะประกอบไปด้วยสารอาหารและสารสีที่ช่วยในการเร่งสีของปลาทอง ซึ่งค่อนข้างมีราคาสูง การสร้างเม็ดสีในปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน ส่วนใหญ่เม็ดสีสำคัญที่พบในผิวและกล้ามเนื้อ ตลอดจนอวัยวะต่างๆคือสารสีเมลานิล (Melanin) ซึ่งมีสีดำ ส่วนเม็ดสีที่เราต้องการคือ เม็ดสีแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) มีคุณค่าในการสร้างสีต่างๆมีสีเหลืองจนถึงแดงจัดได้แก่ พวกปลาทอง ปลาคาร์ฟ เมื่อไปรวมตัวกับโปรตีนต่างๆทำให้เกิดสารสีหลากหลาย เช่น สีฟ้า น้ำเงิน ม่วง เขียว(ตุลฮาบ หวังสุข,2552) ดังนั้นผู้เลี้ยงควรเข้าใจพื้นฐานการสร้างเม็ดสีของปลาเสียก่อน เพื่อจะได้เลือกใช้วัตถุดิบได้ถูกต้อง(สมโภชน์ วีระกุล ,2013) คือ แหล่งของเม็ดสีคาโรทีนอยด์ที่ได้จากพืช เช่น มันเทศเนื้อสีส้ม สีเหลือง จะเป็นแหล่งสะสมของสารแคโรทีนอยด์ มากกว่ามันเทศเนื้อสีขาวและสีม่วงเนื่องจากหัวของมันเทศสีส้มมีสารที่ชื่อว่าแคโรทีนอยด์(Carotenoids) เช่นสารเบต้าแคโรทีน,สารประกอบฟีโนลิก(Phenolic compounds)เช่น แอนโทไซยานิน งานวิจัยจำนวนมากจากหลายประเทศที่ศึกษาวิจัยในส่วนนี้ที่เกี่ยวกับศักยภาพของสารสำคัญ (Active compounds)ในมันเทศ เช่นมันเทศสีเหลือง และสีส้มเป็นแหล่งของสารเบต้าแค

โรทีน และมีการศึกษาพบว่ามันเทศที่ผ่านกระบวนการนึ่งหรือต้มช่วยรักษาสารเบต้าแคโรทีนได้มากกว่าการปรุงโดยวิธีอื่นๆ (ปรัญรัชต์ ธนวิทยุทธ์ภัคดี,2010)จึงได้นำสารแคโรทีนอยด์จากมันเทศสีส้มมาใช้ในการเร่งสีปลาทอง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตปลาลดลง ดังนั้นการศึกษาผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาทองสายพันธุ์ออรันดา จึงใช้มันเทศสีส้มที่มีสารแคโรทีนอยด์ผสมในอาหารทดลองทำเองในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและเร่งสีของปลาทอง จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงปลาสวยงามเพื่อเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสี และการเจริญเติบโตของปลาทองสายพันธุ์ออรันดา

วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

นำลูกปลาทองพันธุ์ออรันดา อายุ 1 เดือน มาเลี้ยงในถังพลาสติกถังละ 6 ตัว จำนวน 15 ถัง โดยให้อาหารสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น เวลา 09.00 น.และเวลา18.00 น. เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้ปลาทองกินอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มในระดับ 0% 10% และ 20

อาหารทดลอง

ใช้มันเทศสีส้มผสมในอาหารทดลองทำเอง เพื่อเร่งสีในปลาทองสายพันธุ์ออรันดา โดยการนำมันเทศสีส้มจากสาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีมาทำความสะอาด แล้วนำมานึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ปลอกเปลือกแล้วนำมาบดให้ละเอียดจึงนำมาผสมในวัตถุดิบอาหาร ในระดับ 0%, 10%และ20% ทำการศึกษา ในปลาทองสายพันธุ์ออรันดาอายุ 1 เดือน กำหนดให้อาหารทั้งสามสูตรมีโปรตีน 40% โดยอาหารมีส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนะดังตารางที่ 1และ ตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 วัตถุดิบของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณมันเทศสีส้ม		
	0%	10%	20%
ปลาป่น	63	63	25
รำละเอียด	30	20	40
น้ำมันพืช	1	1	3
น้ำมันปลา	1	1	3
Premix	3	3	5
สารเหนียว	2	2	4
มันเทศสีส้ม	-	10	20
รวม	**100**	**100**	**100**

ตารางที่ 2 โภชนะของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณมันเทศสีส้ม		
	0%	10%	20%
โปรตีน	40.45	40.39	40.18
คาร์โบไฮเดรต	14.83	15.02	16.11
ความชื้น	2.48	2.15	1.93
เถ้า	16.42	15.58	8.86
ไขมัน	11.16	9.36	14.72
เยื่อใย	2.31	1.99	3.25
พลังงาน	3228.60	3339.30	3419.70

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD ประกอบไปด้วย 3 ชุด ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ โดยชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารทดลองทำเองที่ไม่มีส่วนผสมของมันเทศสีส้ม

ชุดการทดลองที่ 2 ให้อาหารทดลองทำเอง + มันเทศสีส้ม 10%

ชุดการทดลองที่ 3 ให้อาหารทดลองทำเอง + มันเทศสีส้ม 20%

นำลูกปลาทองสายพันธุ์ออรันดาอายุ 1 เดือน มาชั่งน้ำหนักความยาวและวัดความเข้มของสีก่อนทำการทดลอง โดยให้อาหาร 2 มื้อ เช้าและเย็น เวลา 09.00 น.และเวลา18.00 น. และชั่งน้ำหนักความยาวและวัดความเข้มของสี ในแต่ละชุดการทดลองทุกๆ 1 สัปดาห์ แล้วบันทึกผล เก็บข้อมูล

1.ชั่งวัดน้ำหนักและวัดความยาวของลำตัวก่อนทำการทดลอง จากนั้นปล่อยปลาลงถังที่เตรียมไว้ ให้อาหารทุกชุดการทดลอง

2.ให้อาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มในปริมาณที่แตกต่างกัน วันละ 2 มื้อ เช้าและเย็น เวลา 09.00 น.และเวลา18.00 น. เวลาให้อาหารปลาจะต้องปิดออกซิเจน เพื่อไม่ให้อาหารแตกตัว

3.วัดการเปลี่ยนแปลงสีด้วย color chart ก่อนการทดลองได้ทำการวัดค่าสีเริ่มต้น วัดทุกซ้ำทุกชุดการทดลองในทุกๆ 1 สัปดาห์ ที่ผิวปลาทอง จากนั้นนำไปแปลงค่า CIE L*a*b* หมายถึง

L* แสดงถึงความสว่างของสี มีค่าระหว่าง 0-100 สีดำถึงสีขาว

a* แสดงถึงค่า + สีแดง + สีเขียว

b* แสดงถึงค่า + สีเหลือง + สีน้ำเงิน

4.ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของตัวปลาทุกๆ 1 สัปดาห์

อัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม)

= น้ำหนักสุดท้าย (กรัม) – น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)

อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวเหยียด (Total length)

= ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร) – ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการเจริญเติบโต ค่าเทียบสี มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(Completely Randomized Design:CRD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าปลาทองที่ได้อาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มที่ระดับต่างกัน มีค่าความสว่างสีผิว(L) มีค่าความเข้มสีแดง (a)และค่าความเข้มสีเหลือง (b)แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)เมื่อจบการทดลองพบว่าทุกการทดลองมีค่าaและb เพิ่มขึ้น โดยปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10%และ20% มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมและค่าL ของปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10%และ20% มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p>0.05$) ดังตารางที่ 3 สำหรับการเจริญเติบโตพบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 0% 10%และ20% มีน้ำหนักเฉลี่ย 6.02 กรัม,6.11 กรัม และ 6.75 กรัม ซึ่งปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไปที่ระดับ 10%และ20% มีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$)และพบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองทำเองที่ผสมมันเทศสีส้มลงไป

ที่ระดับ 0% 10%และ 20% มีความยาวเฉลี่ย 6.01 เซนติเมตร,5.91 เซนติเมตร และ 6.12 เซนติเมตร ไม่ต่างกันทางสถิติ(p>0.05) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีผิวปลาทองค่าความสว่างสีผิว(**L*value)** ความเข้มสีแดง (**a*value)** และค่าความเข้มสีเหลือง(**b*value)** ของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ผสมมันเทศสีส้มในปริมาณที่แตกต่างกัน **3** ระดับ

ปริมาณมันเทศสีส้ม	ค่า L a b color space		
	L	a	b
0%	67.287±1.627[a]	0.340±0.115[b]	0.332±0.008[b]
10%	54.100±1.438[b]	0.653±0.005[a]	0.375±0.019[a]
20%	53.016±0.806[b]	0.647±0.015[a]	0.368±0.010[a]
p-value	0.0001	0.0001	0.0007

หมายเหตุ: ตัวภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ผสมมันเทศสีส้มในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ปริมาณมันเทศสีส้ม	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว(เซนติเมตร)
0%	6.020±0.337[b]	6.010±0.133[a]
10%	6.110±0.239[a]	5.910±0.260[a]
20%	6.758±0.299[a]	6.120±0.140[a]
p-value	0.0036	0.2482

หมายเหตุ: ตัวภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปและอภิปรายผล

1.ในการใช้มันเทศสีส้มผสมอาหารทดลองที่ปริมาณ 0% 10% 20% พบว่ามันเทศสีส้มมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาทองพันธุ์ออรันดาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

2.ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของผิวปลาทองที่เลี้ยงด้วยมันเทศสีส้มผสมอาหารทดลอง ค่าความสว่างสีผิว ค่าความเข้มสีแดง และค่าความเข้มสีเหลือง บริเวณสีผิวลำตัวปลาทองของทุกการทดลองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวปลาทองระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และพบว่าค่าความสว่างสีผิว ค่าความเข้มสีแดง และค่าความเข้มสีเหลือง ของการใช้มันเทศสีส้มผสมอาหารทดลองที่ระดับความเข้มข้น 10% 20% มีแนวโน้มสูงกว่าที่ระดับ 0%

ข้อเสนอแนะ

1.ควรชั่งน้ำหนักอาหารก่อนการให้ทุกครั้ง โดยคำนวณ 3-5% ต่อน้ำหนักตัวปลา

2.ควรมีการควบคุมปริมาณแสงในบริเวณบ่อที่ใช้เลี้ยง เพราะปริมาณแสงมีผลต่อความเข้มสี

3.ควรมีการควบคุมอุณหภูมิในการเลี้ยง เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดโรคและตายของสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

ในการทำปัญหาพิเศษผลของมันเทศสีส้มต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของปลาทอง (พันธุ์ออรันดา) ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.บัญญัติ ศิริธนาวงศ์ ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ดร.ศิริวรรณ แดงฉ่ำ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ อาจารย์ทิพย์สุดา ชงัดเวช อาจารย์จุฑามาศ ทะแกล้วพันธุ์และอาจารย์ชลิดา ช้างแก้ว ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนปัญหาพิเศษจนปัญหาพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์ตามความคาดหมาย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง. (2559) สายพันธุ์ปลาทองและการเพาะเลี้ยง. จากเว็บไซต์ http://www.fisheries.go.th/ . ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.หนังสือสมุนไพรพื้นบ้านล้านนา. “มันเทศ”. หน้า 132 .

สุภาพร. (2541). เซลล์สีในปลาสวยงาม. จากเว็บไซต์ www.Genetics!BAH!.htm.

ตุลฮาบ หวังสุข. (2552). การสะสมคาร์โรทีนอยด์ในปลา. จากเว็บไซต์ http://www.nicaonline.com/index.php?option=com.

พีรยา ทองคำ. (2014). ปลาสวยงามในประเทศไทย. จากเว็บไซต์ https://sites.google.com/site/padkhaolan/pla-swyngam-ni-prathes-thi.

ธนนท์ กรุณกิจ และยุทธนา อยู่ยั่งยืน. (2556). การพัฒนาความเข้มสีของกุ้งเครย์ฟิช. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี,มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. หน้า 19.

นายณรงค์ แดงเปี่ยม. (2558). วิจัยและพัฒนาการผลิตมันเทศ. จากเว็บไซต์ www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2153.

ปรัญรัชต์ ธนวิยุทธ์ภัคดี.(2010).มันเทศบทความด้านอาหารและโภชนาการ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.จากเว็บไซต์ http://www.inmu.mahidol.ac.th/th/knowledge/view.php?id=395

สกุลรัตน์ ซาบซึ้งไพร และคณะ. (2559). ผลของดอกดาวเรืองต่อความเข้มสีและการเจริญเติบโตของลูกปลาทองพันธุ์ออรันดา.ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี,มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

กมลรัตน์ ยงเจริญ และคณะ. (2556). ระดับความเข้มข้นของลูทีนในอาหารต่อสีของปลาการ์ตูนลายปล้อง. จากเว็บไซต์ http://elib.fisheries.go.th.

ธนากร แก้วละเอียด. (2551). การใช้สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในการเร่ง สีปลาหมอมาลาวีทอง (Aulonacara sp.). ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัญฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และคณะ. (2553). การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรเพื่อเร่งการพัฒนาสีผิวในปลาหมอนกแก้ว. จากเว็บไซต์ www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2013021116085794.pdf .

พรชัย อนุชิต. (2550). ผลของแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายเซลล์เดียวเพื่อใช้ในการเร่งสีปลาทอง (Carassius auratus). จากเว็บไซต์ http://feedbase.fish.ku.ac.th/Research_Detail.asp?FeedID=180 .

ประภาศิริ ใจผ่อง. (2543). ศึกษาผลของ Beta-Carotene ในฟักทองในการเร่งสีปลาทอง.จากเว็บไซต์ http://tdc.thailis.or.th/tdc/basic.php .

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ. ทรัพยากรพืชในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 9: พืชให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เมล็ด. กทม.สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2544. หน้า 138 - 140

สำนักโภชนาการ.องค์ความรู้เรื่องปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้เพื่อส่งเสริมสุขภาพ(วิตามินซี วิตามินอี และ เบต้าแคโรทีน) ในผลไม้. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=3&id=117.

การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก และปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคโดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก

The Study on Qualities of Rice Seasoning from Vegetable Chili Paste and Factors Affected to Consumer Acceptance and Purchase Decision using Logistic Regression Analysis

ณัฐฌา เหล่ากุลดิลก (Natcha Laokuldilok)[1*] ดาราวรรณ ทองบุตร (Darawan Thongboot)[1]
รัตนภัทร มะโนชัย (Rattanapat Manochai)[2]
นันทินา ดำรงวัฒนกูล (Nanthina Damrongwattanakool)[2]
[1] สาขานวัตกรรมและธุรกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
[*]Corresponding author. E-mail: nutcha@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

น้ำพริกน้ำผักเป็นอาหารท้องถิ่นดั้งเดิมแถบพื้นที่ภาคเหนือของไทย ได้ถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ในภาษาญี่ปุ่นเรียก ‘ฟูริคาเกะ’) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักและระบุปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก ทำการพัฒนาสูตรผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหารโดยประมาณ และทดสอบผู้บริโภค (จำนวน 100 คน) ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์โดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น รสชาติโดยรวม รสหวาน และรสขม ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจของผู้บริโภคโดยใช้การถดถอยโลจิสติก ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด คือ สูตรที่ 3 ประกอบด้วยน้ำผักร้อยละ 90.50 พริกแห้งร้อยละ 3.17 กระเทียมร้อยละ 2.26 เกลือร้อยละ 2.26 และเม็ดผักชีร้อยละ 1.81 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหารหยาบ และเถ้า เท่ากับร้อยละ 6.19 50.08 20.19 4.78 11.04 และ 7.72 ตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น และรสชาติ มีค่าเท่ากับ 7.13 6.89 7.06 และ 7.03 ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ถดถอย โลจิสติกแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค คือ คุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติ ซึ่งค่าร้อยละ hit rate สูงถึง 85.3 และ 79.7 ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการศึกษาลักษณะซอรปชันไอโซเทอรมของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักสูตร 3 พบว่า มีลักษณะเป็นรูปตัวเจ (J-Shape isotherm)

คำสำคัญ: น้ำพริกน้ำผัก ผงโรยข้าว วิธีถดถอยโลจิสติก ซอรปชันไอโซเทอรม

Abstract

Vegetable chili paste (Nam-prik nam pak), the traditional local food from the north region of Thailand, was developed as rice seasoning (Japanese calls 'Furikake'). This research aimed to analyse the proximate composition and identify the sensory drivers of acceptance and purchase decision of Nam-prik Nam-pak furikake. In the methodology, the three formulas of furikake were generated. Consumers (n=100) evaluated the degree of liking of furikake using 9-point hedonic scale in respect of overall liking, color, aroma and taste. Sensory drivers of acceptance and purchase decision were determined using logistic regression. The acceptance test showed that the most accepted product was formula # 3 contained 90.50% of Nam-pak (vegetable paste), 3.17% of dried chili, 2.26% of garlic, 2.26% of salt and 1.81% of coriander seed. The proximate composition in terms of moisture, carbohydrate, protein, fat, crude fiber and ash were 6.19, 50.08, 20.19, 4.78, 11.04 and 7.72, respectively. The hedonic ratings of this treatment for overall liking, color, aroma and taste were 7.13, 6.89, 7.06, and 7.03, respectively. The results of logistic regression showed that the factor affected consumer acceptance and purchase decision was aroma and taste attribute with 85.3 and 79.7 %hit rate. Moreover, the sorption isotherm of rice seasoning formula No.3 was a J-Shaped.

Keywords: Nam-prik nam pak, Rice seasoning, Logistic regression, Sorption Isotherm

บทนำ

น้ำผัก หรือ น้ำผักก้อน เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของผู้คนในแถบภาคเหนือที่สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว สีเขียวคล้ำ มีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยวที่เกิดจากกระบวนการหมักโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบเริ่มต้น (natural flora) โดยเอนไซม์ (enzyme) ที่ผลิตขึ้นมาจากจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอาหาร รวมถึงเปลี่ยนองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบเริ่มต้น ทำให้คุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมถึงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

สำหรับวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำผัก ได้แก่ ผักกาดเขียวปลี เกลือ ข้าวเหนียว และน้ำซาวข้าว โดยเกลือจะทำหน้าที่ควบคุมสภาวะการเจริญของจุลินทรีย์ที่สำคัญสำหรับกระบวนการหมัก คือ กลุ่มที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) โดยจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในกระบวนการหมักไปเป นกรดอินทรีย์ ซึ่งปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ โดยแบคทีเรียกลุ่มแลคติกจะสามารถเจริญได้ในระดับความเข้มข้นเกลือสูงถึงร้อยละ 10-18 ในขณะที่กลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีน (proteolytic bacterial) รวมถึงจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียจะสามารถทนเกลือที่ระดับความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 2.5 เท่านั้น (วราวุฒิ, 2538) สำหรับข้าวเหนียวที่เติมลงไปนั้น จะทำหน้าเป็นแหล่งคาร์บอน (carbon source) ช่วยส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมักเจริญเติบโตได้ดี และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักเป็นเวลา 5 วัน จะนำผักมาคั้นด้วยเกลือแล้วกรองเอากากออก และนำไปเคี่ยวจนมีลักษณะข้น สีเขียวขี้ม้า (รัตนา, 2542)

โดยทั่วไปแล้ว นิยมนำน้ำผักมาตำผสมกับพริกแห้ง กระเทียม และปรุงรสชาติ เป็น “น้ำพริกน้ำผัก” รับประทานกับข้าวเหนียวและผักลวก การแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปแบบใหม่ในลักษณะของ “ผงโรยข้าว” ในภาษาญี่ปุ่นเรียก “ฟูริคาเกะ” (furikake) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับเปลี่ยนวิธีการบริโภคให้สะดวกมากขึ้น มีน้ำหนักเบา สามารถพกพาได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น และยังเป็นการเผยแพร่ “น้ำผัก” ซึ่งเป็นอาหารที่มีเอกลักษณ์ของท้องถิ่นให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น โดยการนำเสนอผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่ทันสมัย สอดคล้องกับวิถีการดำเนินชีวิตของผู้คนในปัจจุบันที่รีบเร่ง แต่อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ประสบผลสำเร็จทางการตลาด โดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ การยอมรับของผู้บริโภครวมถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจของผู้บริโภค ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก และปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับต่อยอดการผลิตผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก และระบุคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อด้วยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบ “น้ำผัก” ผลิตโดยกลุ่มชุมชนบ้านหนองนาว ต.แจ้ห่ม อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ไกแห้งจากชุมชนบ้านหนองบัว ต.ป่าคา อ.ท่าวังผา จ.น่าน เครื่องเทศ ได้แก่ พริก กระเทียม เม็ดผักชี จากบริษัทสยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน) งาดำและงาขาวจากบริษัทไร่ทิพย์ จำกัด โดยนำมาคั่วก่อนนำไปใช้

2. การเตรียมตัวอย่าง

ผลิตผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่แตกต่างกันจำนวน 3 สิ่งทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยส่วนผสมและกระบวนการผลิตแสดงในตารางที่ 1 สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผสมหลัก ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำพริก และส่วนผสมรอง ได้แก่ งาดำ งาขาว ปลาแห้ง และไก ที่ผสมรวมกันในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 ซึ่งจะใช้ในปริมาณร้อยละ 2 – 8 ขึ้นอยู่กับแต่ละสิ่งทดลอง

สำหรับกระบวนการผลิตของสูตรต้นแบบทั้ง 3 สิ่งทดลอง จะมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน โดยกระบวนการผลิตของสูตรต้นแบบ A จะอบแห้งน้ำผักที่อุณหภูมิสูงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผง ผสมรวมกับส่วนผสมแห้งอื่นๆ ส่วนกระบวนการผลิตของสูตรต้นแบบ B จะคล้ายคลึงกับ A แต่แบ่งช่วงการอบเป็น 2 ช่วง และมีการเคลือบด้วยน้ำเชื่อม และกระบวนการทำแห้งของสูตรต้นแบบ C จะแบ่งช่วงการอบเป็น 2 ช่วง โดยลดอุณหภูมิลงจาก 100°C (ช่วงที่ 1) เป็น 80°C ในช่วงที่ 2

ตารางที่ 1 สูตรและกรรมวิธีการผลิตผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักจำนวน 3 สิ่งทดลอง

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรต้นแบบ 1	สูตรต้นแบบ 2	สูตรต้นแบบ 3
ส่วนผสมหลัก			
น้ำผัก	54.74	47.02	90.50
พริกแห้งป่น	5.26	15.67	3.17
กระเทียมอบแห้งป่น	36.84	25.08	2.26
เกลือ	1.05	-	2.26
เม็ดผักชีป่น	2.11	3.14	1.81
น้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 10 (โดยน้ำหนัก)	-	9.09	-
รวม	**100.00**	**100.00**	**100.00**
ส่วนผสมรอง (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)	2.00	5.00	8.00

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรต้นแบบ 1	สูตรต้นแบบ 2	สูตรต้นแบบ 3
กระบวนการผลิต	น้ำผัก ↓ ขึ้นรูปโดยการรีดเป็นแผ่นบางๆ ↓ อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ↓ โรยแป้งข้าวโพดป้องกันการเกาะติด ↓ ปั่นให้ละเอียด ↓ ผสมส่วนผสมอื่นๆ ตามที่กำหนดในสูตร **ที่มา**: พรสุดาและคณะ (2556)	น้ำผัก ↓ ขึ้นรูปโดยการรีดเป็นแผ่นบางๆ ↓ อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ↓ ทาด้วยน้ำเชื่อมความเข้มข้น ร้อยละ 10 บนผิวหน้าบางๆ ↓ อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ↓ โรยแป้งข้าวโพดป้องกันการเกาะติด ↓ ปั่นให้ละเอียด ↓ ผสมส่วนผสมอื่นๆ ตามที่กำหนดในสูตร **ที่มา:** ดัดแปลงจากสูตรของพรสุดาและคณะ (2556)	โขลกน้ำผักรวมกับส่วนผสมหลักอื่นๆ ตามสูตร ↓ ขึ้นรูปโดยการรีดเป็นแผ่นบางๆ ↓ อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ↓ ลดอุณหภูมิกับ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ↓ โรยแป้งข้าวโพดป้องกันการเกาะติด ↓ ปั่นให้ละเอียด ↓ ผสมส่วนผสมรองตามที่กำหนดในสูตร **ที่มา:** ศูนย์สารสนเทศภาคเหนือ (มปป)

3. การวิเคราะห์คุณภาพเคมีและทางกายภาพ

วัดปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณใยอาหารหยาบ ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total ash) ตามวิธีของ AOAC (2000) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีการหักลบ (by difference) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (AquaLab LITE, USA) ค่าสีในเทอม L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minalta CR-300, Japan) สำหรับวัตถุดิบน้ำผักจะทำการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ด้วยวิธีของ AOAC (2000)

4. การวิเคราะห์ทางคุณภาพทางจุลินทรีย์

หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual Chapter 3 (BAM, 2001) ปริมาณยีสต์และรา (Yeasts, Molds and Mycotoxins) ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual Chapter 18 (BAM, 2001)

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (Resurreccion, 1998) โดยกำหนดให้ 1= ไม่ชอบอย่างยิ่ง 5= ตอบไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 9= ชอบอย่างยิ่ง (Meilgaard *et al*., 1999) เตรียมตัวอย่างโดยโรยผงน้ำพริกน้ำผักลงบนข้าวเจ้าหอมมะลิหุงสุกในอัตราส่วน 1:8 หลังจากรับประทานแล้ว ผู้ทดสอบทำการประเมินด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น รสชาติโดยรวม รสหวาน รสเค็ม นอกจากนี้ ยังทำการทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ต้นแบบทั้ง 3 สูตร

6. การศึกษาซอรปชันไอโซเทอรมของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก

คัดเลือกสูตรผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่เหมาะสม แล้วนำมาศึกษาลักษณะซอรปชันไอโซเทอรม โดยควบคุมสภาวะความชื้นสัมพัทธแตกตางกัน 6 ระดับ (ร่อยละ 33-84) ด่วยวิธี gravimetric method (Kruangam and Intipunya, 2013) จนตัวอยางเข่าสูสภาวะสมดุลเปนเวลาไมเกิน 3 สัปดาห ความชื้นสัมพัทธที่ระดับตางๆ ควบคุมโดยใช่สารละลายเกลืออิ่มตัว ได้แก่ $MgCl_2$, K_2CO_3, NaBr, KI, NaCl และ KCl ที่อุณหภูมิหอง (28±3°C) จากนั้นวิเคราะหปริมาณความชื้นของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก แล้วสร้างกราฟความสัมพันธระหวางความชื้นและค่าวอเตอรแอกทิวิตี (คาความชื้นสัมพัทธที่สภาวะสมมูลหารดวย 100) ไดลักษณะซอรปชันไอโซเทอรมของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’ new Multiple Range Tests (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และวิเคราะห์ Logistic regression เพื่อศึกษาหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก

ผลและอภิปรายผลการทดลอง

1. คุณภาพทางเคมี

วัตถุดิบหลักที่ใช้สำหรับการทดลองนี้ คือ น้ำผักที่ผลิตโดยกลุ่มชุมชนบ้านหนองนาว อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ตารางที่ 2 แสดงค่าคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของวัตถุดิบน้ำผัก พบว่า มีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) เท่ากับร้อยละ 42.71 และเท่ากับ 0.732 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า a_w พบว่า มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเจริญเติบโตได้ โดยช่วงของ a_w ที่ทำให้จุลินทรีย์ประเภทราและยีสต์เจริญได้มีค่าระหว่าง 0.7 – 0.8 (นิธิยา, 2557) ซึ่งจะส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาไม่ยาวนาน สำหรับค่าสีในเทอมของ L* a* และ b* มีค่าเท่ากับ 26.59 0.32 และ -7.30 ตามลำดับ กล่าวคือ มีสีค่อนข้างคล้ำตามธรรมชาติ มีทิศทางค่อนไปทางสีน้ำเงิน ส่วนองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กาก และเถ้า มีค่าเท่ากับร้อยละ 29.58 26.22 0.12 0.55 และ 0.82 ตามลำดับ มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) เท่ากับ 1.52 กรัมต่อน้ำผัก 100 กรัม ซึ่งจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารปานกลาง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม

ตารางที่ 2 ค่าคุณทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของวัตถุดิบน้ำผัก และผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักทั้ง 3 สูตร

คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์	วัตถุดิบน้ำพริกน้ำผัก*	ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก		
		สูตรต้นแบบ 1	สูตรต้นแบบ 2	สูตรต้นแบบ 3
ปริมาณความชื้น (ร้อยละฐานแห้ง)	42.71 ± 0.75	2.17 ± 0.04c	5.34 ± 0.36b	6.19 ± 0.12a
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.732 ± 0.007	0.328 ± 0.033b	0.416 ± 0.009a	0.387 ± 0.004ab
ค่าสี				
L*	26.59 ± 0.55	47.81 ± 0.75a	49.19 ± 2.10a	51.49 ± 0.12a
a*	0.32 ± 0.06	4.46 ± 0.01a	3.08 ± 0.01b	1.31 ± 0.56c
b*	-7.30 ± 0.43	5.49 ± 0.12a	1.31 ± 0.56b	5.69 ± 0.26a
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละฐานแห้ง)	26.22 ± 0.05	14.34 ± 1.23c	17.63 ± 1.89b	20.19 ± 1.35a
ปริมาณไขมัน (ร้อยละฐานแห้ง)	0.12 ± 0.03	3.84 ± 1.02b	4.23 ± 0.76ab	4.78 ± 0.38a
ปริมาณกาก/เส้นใยหยาบ (ร้อยละฐานแห้ง)	0.55 ± 0.08	7.10 ± 0.32c	9.72 ± 1.52b	11.04 ± 1.01a
ปริมาณเถ้า (ร้อยละฐานแห้ง)	0.82 ± 0.12	6.98 ± 1.12a	7.62 ± 0.92a	7.72 ± 0.71a

คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์	วัตถุดิบน้ำพริกน้ำผัก*	ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก		
		สูตรต้นแบบ 1	สูตรต้นแบบ 2	สูตรต้นแบบ 3
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละฐานแห้ง)	29.58 ± 0.07	65.57 ± 0.46a	55.46 ± 0.98b	50.08 ± 1.18c
ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (dietary fiber) (g/100g)	1.52	ไม่ได้ตรวจสอบ	ไม่ได้ตรวจสอบ	ไม่ได้ตรวจสอบ
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	< 10	< 10	< 10	< 10
ปริมาณยีสต์ รา (cfu/g)	< 10	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง
ตัวอักษรที่แตกต่างกันทางแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อนำวัตถุดิบน้ำผักมาแปรรูปเป็นผงโรยข้าว พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าระหว่างร้อยละ 2.17 – 6.19 โดยสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (ร้อยละ 2.17) ทั้งนี้ เนื่องมาจากกระบวนการอบที่ใช้อุณหภูมิสูง (100°C) ต่อเนื่องเป็นเวลานาน (8 ชั่วโมง) ส่วนกระบวนการอบผงโรยข้าวจากสูตรที่ 2 นั้นจะแบ่งระยะการอบเป็น 2 ช่วง และมีการเคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลบริเวณผิวหน้า ทำให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่า (ร้อยละ 5.34) สำหรับสูตรที่ 3 นั้น นอกจากจะแบ่งระยะการอบออกเป็น 2 ช่วงแล้ว ยังทำการลดอุณหภูมิในช่วงที่ 2 ลง (เท่ากับ 80°C) ประกอบกับการใช้วัตถุดิบน้ำผักในปริมาณที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งน้ำผักเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่มีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นหลงเหลือสูงที่สุด (ร้อยละ 6.19) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณความชื้นของทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงปรุงรส (มผช 494/2547) ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

สำหรับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทั้ง 3 สูตร พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.328-0.416 ซึ่งอยู่ในขอบเขตของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.65

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่า ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักสูตรที่ 3 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยหยาบสูงที่สุดและแตกต่างจากสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสูตรดังกล่าวมีการใช้น้ำผักเป็นวัตถุดิบในปริมาณสูงกว่าสูตรอื่นๆ ส่งผลให้ปริมาณเส้นใยหยาบที่วิเคราะห์ได้สูง ประกอบกับมีการใช้ส่วนผสมรองที่ประกอบด้วยปลาแห้งในสัดส่วนที่สูง จึงส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าสูตรอื่นๆ เช่นกัน ส่วนปริมาณไขมันของผงโรยข้าวสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตของทั้ง 3 สูตร มีค่าระหว่างร้อยละ 6.98-7.72 และ 50.08 - 65.57 ตามลำดับ

2. คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสีในเทอม L* a* และ b* พบว่า ตัวอย่างทั้ง 3 สูตร มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่สำหรับสูตรที่ 3 พบว่ามีทิศทางของสีค่อนไปทางสีเขียวมากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสิ่งทดลองนี้มีใช้น้ำผักเป็นวัตถุดิบในปริมาณสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ประกอบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งต่ำกว่ากระบวนการผลิตของสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 จากงานวิจัยของ Guiné และ Barrocca (2012) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งพริกเขียวจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีสูงกว่าเมื่อทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และรงควัตถุอื่นๆ รวมถึงปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maskan, 2001) โดยการใช้ลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราการสลายตัวของสีเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากพลังงานที่ถ่ายเทไปยังอาหารมีค่าสูงขึ้น

3. คุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าน้อยกว่า 10 cfu/g และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ประเภทยีสต์และรา ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงปรุงรส (มผช 494/2547) ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 cfu/g และปริมาณยีสต์รา ไม่เกิน 100 cfu/g

4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point scale พบว่า สูตรที่ 2 และ 3 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3) โดยมีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยปานกลางถึงชอบปานกลาง ส่วนสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม สี กลิ่น และรสชาติโดยรวมต่ำกว่าทั้ง 2 สิ่งทดลองดังกล่าว สูตรที่ 3 มีปริมาณน้ำผักมากอาจส่งผลให้เกิดรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ประกอบกับกระบวนการผลิตโดยวิธีการโขลกรวมกัน อาจส่งผลให้ส่วนผสมรวมกันได้ดี อีกทั้งโดยเมื่อพิจารณากระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 จะใช้อุณหภูมิสูงต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสลายตัวของสี กลิ่น และรสชาติ การทำแห้งโดยใช้ตู้ลมร้อนอาศัยหลักการพาความร้อนจากอากาศที่มีทิศทางการไหลแบบบังคับ เพื่อถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า กระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ส่งผลให้อาหารสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี รวมถึงองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ซึ่งส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ (ชาลีดา, 2555) สำหรับในสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 มีการแบ่งช่วงการทำแห้งออกเป็น 2 ขั้นตอน หรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน (hybrid drying) โดยใช้เครื่องอบแห้งชนิดเดียวกันแต่มีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของการทำแห้งในแต่

ละขั้นตอนเพื่อเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องของการทำแห้งแบบขั้นตอนเดียวซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) สำหรับแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักจากสูตรต้นแบบ 3 สูตร

สูตรที่	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติโดยรวม
1	5.90 ± 1.74b	6.06 ± 1.56b	5.99 ± 1.80b	5.93 ± 1.82b
2	6.97 ± 1.20a	7.10 ± 1.16a	7.05 ± 1.09a	6.66 ± 1.18a
3	7.13 ± 1.52a	6.89 ± 1.64a	7.06 ± 1.61a	7.03 ± 1.61a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคมาสร้างความสัมพันธ์กับการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (logistic regression analysis) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์การถดถอยในกรณีที่ตัวแปรตามมีค่าไม่ต่อเนื่อง คือ มีเพียงค่า 2 ค่า (0 และ 1) (กัลยา, 2548) จากการทดลอง พบว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติโดยรวม เป็นคุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และค่า Hit rate = ร้อยละ 85.3 (ตารางที่ 4) คุณลักษณะด้านกลิ่นมีค่า Wald's Chi Square สูงสุด คือ 10.59 รองลงมา คือ รสชาติโดยรวม และเมื่อพิจารณาค่า odds ratio ของการวิเคราะห์การยอมรับต่อผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก พบว่า กลิ่นมีค่า odds ratio สูงสุดคือ 1.61 แสดงว่า เป็นคุณลักษณะที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด กล่าวคือ ถ้าคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่ม 1 คะแนน จะสามารถทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น 1.61 เท่า ทั้งนี้ สามารถสร้างสมการของการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก ได้ดังนี้

$$Y = -3.46 + 0.479 \text{ กลิ่นโดยรวม} + 0.314 \text{ รสชาติโดยรวม}$$

จากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถ้าเพิ่มคะแนนความชอบของคุณลักษณะกลิ่นและรสชาติจะทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (เครื่องหมาย +)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้สถิติ Logistic regression analysis

คุณลักษณะ	Beta	Wald's Chi square	Significant (p<0.05)	Odd ratio [Exp (B)]
สี	0.06	0.17	0.681	1.06
กลิ่น	0.48	10.59*	0.001	**1.61**
รสชาติโดยรวม	0.31	5.14*	0.023	**1.37**
ค่าคงที่	-3.46	16.43	0.000	0.03

Hit rate = ร้อยละ 85.3

ส่วนคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก พบว่า กลิ่นและรสชาติโดยรวม เป็นคุณลักษณะสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และมีค่า Hit rate = ร้อยละ 79.7 (ตารางที่ 5) โดยคุณลักษณะด้านรสชาติโดยรวมมีค่า Wald's Chi Square สูงสุด คือ 11.77 รองลงมา คือกลิ่น เมื่อพิจารณาค่า odds ratio ของการวิเคราะห์การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก พบว่า คุณลักษณะด้านรสชาติโดยรวมมีค่า odds ratio สูงสุดคือ 1.55 แสดงว่า เป็นคุณลักษณะที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมากที่สุด กล่าวคือ ถ้าคะแนนความชอบด้านรสชาติโดยรวมเพิ่ม 1 คะแนน จะสามารถทำให้การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้น 1.55 เท่า ทั้งนี้ สามารถสร้างสมการของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก ได้ดังนี้

Y = -3.588 + 0.379 กลิ่นโดยรวม + 0.438 รสชาติโดยรวม

จากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถ้าเพิ่มคะแนนความชอบของคุณลักษณะกลิ่นและรสชาติโดยรวม จะทำให้การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (เครื่องหมาย +)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยใช้สถิติ Logistic regression analysis

คุณลักษณะ	Beta	Wald's Chi square	Significant (p<0.05)	Odd ratio [Exp (B)]
สี	-0.04	0.08	0.780	0.96
กลิ่น	0.38	8.07*	0.004	**1.46**
รสชาติโดยรวม	0.44	11.77*	0.001	**1.55**
ค่าคงที่	-3.59	20.29	0.000	0.03

Hit rate = ร้อยละ 79.7

จะเห็นได้ว่า ปัจจัยทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก คือ คุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติโดยรวม อย่างไรก็ตาม ปัจจัยทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน จากการทดลองของสุรชัยและคณะ (2558) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรของผู้บริโภคโดยใช้เทคนิค logistic regression โดยทำการทดสอบแบบ 9 Point Hedonic Scale พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ คือ รสชาติและความรู้สึกหลังกลืน ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ คือ รสชาติ กลิ่นสมุนไพร และความรู้สึกหลังกลืน

จากการสอบถามเพิ่มเติมด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่ 1 2 และ 3 เท่ากับร้อยละ 79 84 93 ตามลำดับ ส่วนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 2 และ 3 เท่ากับร้อยละ 75 76 84 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ประกอบกับการยอมรับและการตัดสินใจของผู้บริโภค พบว่า ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักสูตรที่ 3 มีความเหมาะสมที่สุด

5. ลักษณะซอรปชันไอโซเทอรมของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก

ลักษณะของซอรปชันไอโซเทอรมของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักสูตรที่เหมาะสม (สูตรที่ 3) แสดงดังภาพที่ 1 โดยลักษณะของเส้นกราฟของค่าความชื้นในผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักมีความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักมีความสามารถในการดูดความชื้น (adsorption) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปตัวเจ (J shaped isotherm) คล้ายคลึงกับการทดลองของสุดาทิพย์ (2556) ที่ศึกษาซอร์พชันไอโซเทอมของความชื้นของชาสมุนไพรปัญจขันธ์ โดยลักษณะของไอโซเทอรมที่ได้จากการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรก ค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.575 - 0.843 โดยเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นมาก แสดงวาผงโรยข้าวน้ำพริก น้ำผักเป็นผลิตภัณฑที่ไวต่อความชื้นสัมพัทธในอากาศที่เพิ่มขึ้น ช่วงที่สอง ค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.438 - 0.575 พบว่า เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นแต่จะมีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นน้อยกว่าในช่วงแรก และช่วงที่สามค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.327 – 0.438 โดยเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นในตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจัดเปน ซอรปชันไอโซเทอรม ประเภทที่ 3 เมื่อจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสมดุลของอาหารที่อุณหภูมิเดียวกัน (Brunauer *et al.*, 1938; Rahman, 1995) ลักษณะซอรปชันไอโซเทอรม ประเภทนี้จะเกิดกับผลิตภัณฑอาหารที่มีน้ำตาลหรือเกลือเปนองคประกอบในปริมาณสูง (นิธิยา, 2549) โดยวัตถุดิบน้ำผักที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทดลองนี้จัดเป็นอาหารประเภทหมักซึ่งมีการเติมเกลือลงไปในขั้นตอนการผลิตเพื่อปรับสภาวะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก

ตารางที่ 6 ค่าสีในเทอม L* a* b* และร้อยละปริมาณความชื้นของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก (สูตรที่ 3) ที่ระดับค่าวอเตอร์ แอคติวิตี้ต่างๆ

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	L*	a*	b*	ปริมาณความชื้น (ร้อยละฐานเปียก)
0.327	47.24 ± 1.89	2.97 ± 0.39	1.16 ± 1.31	2.15 ± 0.28
0.438	47.88 ± 0.95	2.92 ± 0.08	1.01 ± 0.95	3.29 ± 0.26
0.575	46.50 ± 3.15	2.90 ± 0.27	0.92 ± 1.09	6.12 ± 0.30
0.689	41.84 ± 1.10	3.44 ± 0.30	0.63 ± 1.10	25.41 ± 0.42
0.753	41.37 ± 0.93	3.77 ± 0.00	1.84 ± 0.09	39.34 ± 0.85
0.843	41.08 ± 2.49	3.38 ± 0.02	2.58 ± 0.66	61.58 ± 0.44

ภาพที่ 1 ซอรปชันไอโซเทอรมของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก (สูตรที่ 3)

ระดับความชื้นสัมพัทธของการเก็บรักษามีผลตอค่าสีของผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก เมื่อระดับความชื้นสัมพัทธสูงขึ้น คาสี L* จะมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าสี a* และ b* จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับความชื้นสัมพัทธมากกวาร่อยละ 68 พบว่า คาสี L* ลดลงอย่างรวดเร็ว และคาสี a* ก็จะเพิ่มขึ้นอยางรวดเร็ว ส่วนคาสี b* จะมีการเพิ่มขึ้นอยางรวดเร็วที่ระดับความชื้นสัมพัทธมากกวาร่อยละ 75 (ตารางที่ 6) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความชื้นสัมพัทธสูงขึ้น ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักจะมีสีคล้ำขึ้น และมีทิศทางของสีแดงและสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือ มีสีค่อนไปทางสีน้ำตาลเข้มขึ้น ทั้งนี้ ค่า a_w ในอาหารแห้งมีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยเมื่อ a_w สูงจะทำให้

จุลินทรีย์เจริญและเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้ง่าย เช่น ปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ให้เป็นสารฟิโอไฟติน (pheophytin) ทำให้มีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล (นิธิยา, 2549)

สรุปผลการทดลอง

ผงโรยข้าวที่เหมาะสม (สูตรที่ 3) ประกอบด้วยน้ำผัก พริกแห้งป่น กระเทียมอบแห้งป่น เกลือ เม็ดผักชีป่น ในปริมาณร้อยละ 90.50 3.17 2.26 2.26 และ 1.81 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า ใยอาหาร หยาบ และคาร์โบไฮเดรต พบว่า มีค่าร้อยละ 6.19 4.78 20.19 7.72 11.04 และ 50.08 ตามลำดับ สำหรับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น และรสชาติโดยรวม มีค่าเท่ากับ 7.13 6.89 7.06 และ 7.03 ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักของผู้บริโภคด้วยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก พบว่า คุณลักษณะที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก คือ คุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติโดยรวม ดังนั้น ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก (สำหรับผลิตภัณฑ์ต่อยอดต่อไป) คือ กลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และคาความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผักจากสูตรที่เหมาะสม พบว่า ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้น แสดงถึงความสามารถในการดูดความชื้น (adsorption) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปตัวเจ (J shaped isotherm)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2548). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows*. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 260 หน้า.

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. (2555). *เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน: การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อ ความร้อน*. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 35 ฉบับที่ 2, 269-283.

นิธิยา รัตนปนนท์. (2549). *เคมีอาหาร*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า.

พรสุดา เจนคิด, ศจี แจ่วภัคจิราวงศ์ และ ศิริ ล่ำแรง. (2556). *ผงโรยข้าวน้ำพริกน้ำผัก-สาหร่ายไก*. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

รัตนา พรหมพิชัย. (2542). *สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคเหนือ*. สยามเพส แมนเนจเม้นท์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 3258 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. (2538). *จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 210 หน้า.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2556). *ซอรปชันไอโซเทอร์มของความชื้นของชาสมุนไพรปัญจขันธ์*. แก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 1: (2556), 585-591.

สุรชัย อุตมอ่าง นิรมล อุตมอ่าง และรัฐนันท์ พงศ์วิริทธิ์ธร. (2558). *การยอมรับและพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชา สมุนไพรไทย*. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). ปีที่ 7 ฉบับที่ 13; 187-199.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงปรุงรสอาหาร (มผช. 494/2547). [Online]. Available: http://tcps.tisi.go.th/public/certificatelist.aspx?province=71&provincename=

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (17th ed). USA: Arling VA.

Brunauer, S., Emmett, P. H., and Teller, E. (1938). Adsorption of gasesin multimolecular layers. *Journal of the American Chemists' Society*. 60: 309–319.

Guiné, R.P.F and Barroca, M.J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90; 58–63.

Kruangam, S. and Intipunya, P. A study of sorption isotherm and quality changes during storage of powdered longan cube. (2013). *Food and Applied Bioscience Journal*, 1(2): 102-111.

Maskan, M, 2001. Kinetics of color change of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169–175.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (2007). *Sensory evaluation techniques.* (4th ed). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Ramah, Md.S. (1995). Food Properties Handbook. CRC Press, New York. pp.25-45.

Resurreccion, A.V.A. (1998). *Consumer sensory testing for product development.* Aspen Publication, Maryland.

ผลิตภัณฑ์ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด

Reduced sodium and sugar ready-to-use tamarind sauce product from low grade sweet-variety

พรดรัล จุลกัลป์(Phondaran Chunlakan)[1*] กนกวรรณ พรมจีน(Kanokwan Promjeen)[1]
กมลทิพย์ เดชะปรากรม(Kramonthip Dechaprakrom)[2] สุดาทิพย์ แซ่ตั้น(Sudathip Sae-tan)[3]
อรุณวตี คัดแคว(Arunwatee Khadkeaw)[1]
[1]สังกัดสาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[2]สังกัดสาขาวิชาการจัดการ คณะคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[3]สังกัดสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]Corresponding author. E-mail: porndarun1975@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล และประเมินการยอมรับของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย เนื้อมะขามหวาน ซูคราโลส น้ำมะนาว พริกแดง เกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ กระเทียม และน้ำมันถั่วเหลือง ร้อยละ 60.75 11.34 0.02 6.38 2.56 1.86 3.71 8.93 และ 4.45 ตามลำดับ กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตคือ ปั่นส่วนผสมทั้งหมดรวมกันด้วยเครื่องปั่น 2 นาที นำส่วนผสมไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุใส่ขวดแก้ว ปิดฝา แล้วแช่ในน้ำเย็น ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจะมีค่า a_w 0.88 ค่า pH 3.14 ค่าสี (L* 17.72 a* 4.70 และ b* 4.47 ตามลำดับ) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 28.24 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3.70 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.2 x 10^2 CFU/gm และปริมาณยีสต์ราน้อยกว่า 10 CFU/gm ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า มีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์และจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 90

คำสำคัญ: มะขาม สารทดแทนเกลือ สารทดแทนน้ำตาล

Abstract

The objectives of this research were to investigate the optimum formula on reduced sodium and sugar ready-to-use tamarind sauce and to assess consumer acceptance. The results indicated the optimum formula of reduced sodium and

sugar ready-to-use tamarind sauce consisted of tamarind, sucrose, sucralose, lemonade, chilli, sodium chloride, potassium chloride, garlic and vegetable oil were 60.75 11.34 0.02 6.38 2.56 1.86 3.71 8.93 and 4.45% respectively. The optimum process was blending all ingredients with blender for 2 minutes, heating at 85°C for 30 minutes, filling, lid closing and soaking in cold water. Reduced sodium and sugar ready-to-use tamarind sauce water activity was 0.88 pH 3.14. The color of the product was L* a* b* 17.72, 4.70 and 4.47 respectively. The microbiological-TPC was 1.2 x 10^2 CFU/gm and yeast and mold was less than 10 CFU/gm. Consumer testing revealed overall liking score of 7.80. All of tested consumers accepted reduced sodium and sugar ready-to-use tamarind sauce and ninety percent decided to buy this product.

Keywords: tamarind, salt substitute, sugar substitute

บทนำ

นอกจากโรคเบาหวานแล้วปัจจุบันคนไทยยังต้องเผชิญกับภาวะโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีเกลือโซเดียมสูงหรือที่เราเรียกว่า “อาหารโซเดียมสูง” ผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคของคนไทยพบว่า โดยเฉลี่ยมีการกินโซเดียมสูงกว่าค่าสูงสุด (2,400 มิลลิกรัม/วัน) หลายเท่าตัว จึงเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคดังกล่าว อาหารเกือบทุกชนิดล้วนมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยทั้งสิ้น แต่จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดอาหารและการปรุงแต่ง โดยทั่วไปอาหารที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปจะมีโซเดียมน้อยกว่าอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว เครื่องปรุงรส ซอสปรุงรส และน้ำจิ้ม อาหารกระป๋อง อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น บะหมี่ โจ๊ก ข้าวต้ม ซุป หรือแม้แต่ขนมเค้ก คุกกี้ แพนเค้ก และขนมปัง ที่มีการเติมผงฟูก็ล้วนมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น อาหารไทยโดยเฉพาะอาหารคาวประเภทผัด และปิ้งย่างจำเป็นต้องใช้เครื่องปรุงรสเป็นส่วนประกอบ ผลการสำรวจพบว่า เครื่องปรุงรสชนิดต่างๆ เช่น เกลือ น้ำปลา ซอสปรุงรสที่มีรสเค็ม (ซีอิ๊วขาว เต้าเจี้ยว และซอสหอยนางรม เป็นต้น) ซอสปรุงรสที่ไม่มีรสเค็มหรือเค็มน้อย (ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก และน้ำจิ้ม) ล้วนมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบ เมื่อหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผู้บริโภคจึงควรหันมาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคใหม่ โดยการงด ลด เลิกอาหารที่มีรสเค็ม หรือหลีกเลี่ยงการกินอาหารแปรรูป อาหารสำเร็จรูป กึ่งสำเร็จรูป และอาหารกระป๋อง หรือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่มีการลดปริมาณน้ำตาลและเกลือแทนการใช้เครื่องปรุงรสทั่วไป ก็จะเป็นแนวทางหนึ่งในการหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารโซเดียมสูงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและ

น้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรดสำหรับอาหารจานผัด โดยผลิตภัณฑ์จะเป็นทางเลือกใหม่และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคคนไทยที่รักสุขภาพ และกลุ่มผู้สูงอายุ และสามารถตอบประเด็นปัญหาที่มาของโจทย์วิจัยได้อย่างครบถ้วน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลสำหรับอาหารจานผัด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

1.1 พัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด โดยใช้ผลการศึกษาของพรดรัล จุลกัลป์ และคณะ (2560) ที่ได้พัฒนาสูตรซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปจากมะขามหวานตกเกรดเป็นสูตรพื้นฐาน และใช้สารเสริมรสเค็มและรสหวานร่วมกับการลดปริมาณเกลือและน้ำตาลในส่วนประกอบ และใช้สารทดแทนเกลือและน้ำตาล โดยใช้ส่วนผสมของเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ (1:1, 1:2 และ 1:3) แทนปริมาณเกลือ และใช้สารละลายซูคราโลสแทนน้ำตาล (0.5 และ 1.0)

นำผลิตภัณฑ์มาวัดค่าคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (วิษฐิดา จันทราพรชัย, 2549) ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณน้ำตาล (total sugar) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2550) ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

1.2 ศึกษาชนิด และปริมาณของสารให้ความคงตัว จากสูตรที่คัดเลือกข้อ 1.1 นำไปเติมสารให้ความคงตัว 2 ชนิด คือ แซนแทนกัม และเพกติน ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปศึกษาค่าคุณภาพคือ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (วิษฐิดา จันทราพรชัย, 2549) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม

2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Central Location Test (CLT) โดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 200 คน ถามในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกหลังชิม และความชอบรวม โดยให้คะแนนความชอบด้วยวิธีการ Hedonic scaling test โดยให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 คะแนน (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2550) พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

1.1 การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด จะดัดแปลงจากผลการศึกษาของพรดรัล และคณะ (2560) โดยศึกษาปัจจัยของ (1) การทนที่น้ำตาลด้วยซูคราโลส 0.5 และ 1.0) และ (2) การใช้สารเสริมรสเค็มคือ โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้โซเดียมคลอไรด์ (เกลือ) ในอัตราส่วนผสมของเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ (1:1 1:2 และ 1:3) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อค่าคุณภาพของซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล โดยค่าสี (L* a* b*) โดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของซูคราโลสและโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น แต่มีผลให้ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณน้ำตาล และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาผลของซูคราโลสต่อปริมาณน้ำตาล และการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์พบว่า การใช้ซูคราโลสจะมีผลให้ปริมาณน้ำตาล (total sugar) ลดลง เช่นเดียวกับการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ให้ผลการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกัน นั่นคือ ผลิตภัณฑ์ซอสที่มีการเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณมากกว่าจะมีผลทำให้มีปริมาณเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) มีค่าน้อยลง นอกจากนั้นยังพบแนวโน้มความสัมพันธ์ร่วมของการใช้ซูคราโลสร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยผลิตภัณฑ์ซอสที่ใช้ปริมาณซูคราโลสระดับสูงจะมีผลให้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่า การใช้สารทดแทนวามหวานชนิดซูคราโลสมี

ผลเสริมปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ค่าคุณภาพของซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด แสดงดังตารางที่ 1

ตาราง1 คุณภาพของซอสมะขามชนิดปรุงสำเร็จที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรด

ซูครา โลส	โซเดียมคลอไรด์ : โพแทสเซียมคลอไรด์	คุณภาพทางเคมีกายภาพ				
		ค่าสี (L*, a*,b*)	a_w	pH ^{ns}	น้ำตาล (ร้อยละ)	โซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)
0.5	1:1	17.11±0.24^{c} 2.96±0.08^{d} 4.91±0.04^{b}	0.90±0.01^{a}	3.15 ±0.00	26.49	3.87
	1:2	17.24±0.08^{b} 2.86±0.12^{e} 4.87±0.08^{c}	0.88±0.01^{b}	3.13±0.02	28.24	3.70
	1:3	17.26±0.32^{b} 3.01±0.22^{c} 4.92±0.11^{b}	0.86±0.00^{c}	3.14±0.01	28.82	3.67
1.0	1:1	17.71±0.04^{a} 3.27±0.06^{a} 5.39±0.03^{a}	0.85±0.01^{c}	3.14 ±0.00	22.12	4.47
	1:2	17.79±0.14^{a} 3.20±0.08^{b} 5.42±0.02^{a}	0.85±0.01^{c}	3.15±0.01	23.14	4.40
	1:3	17.76±0.16^{a} 3.02±0.08^{c} 4.77±0.21^{d}	0.84±0.00^{d}	3.16±0.01	24.60	3.98

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ In house method based on AOAC (2000) 937.09

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล (total sugars) Compendium of method for food analysis (2003)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ปริมาณซูคราโลส มีผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคในทุกคุณลักษณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลสูตรที่ใช้ซูคราโลส 1.0 ต่ำกว่าซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลที่ใช้ซูคราโลส 0.5 ในทุกอัตราส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามที่ใช้ซูคราโลส 1.0 จะมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยระหว่าง 4.0 คะแนน-5.0 คะแนน นั่นคือ ผู้ทดสอบไม่ชอบเล็กน้อย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ไม่สามารถใช้ทดแทนได้ทั้งหมด เนื่องจากผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ว่าผลิตภัณฑ์มีรสขมตกค้าง ซึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติของซูคราโลสที่เมื่อนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและผ่านกระบวนการแปรรูปจะทำให้มีรสขมตกค้างในผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมซูคราโลสจึงมักใช้ร่วมกับสารทดแทนความหวานชนิดอื่น เช่น การใช้ซอร์บิทอล ไซลิทอล หรือแอสพาร์แทม เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542; วรรณคล เชื้อมงคล, 2008)

ผลิตภัณฑ์ซอสที่ใช้ซูคราโลส 0.5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะระหว่าง 6.0 คะแนน-7.0 คะแนน นั่นคือ ชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง และไม่รู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีรสขมตกค้างหลังการทดสอบชิม ในขณะที่อัตราส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์:โพแทสเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะระหว่าง 6.0 คะแนน-7.0 คะแนน นั่นคือ ชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง และไม่รู้สึกว่ามีรสขมจากความรู้สึกหลังชิมเช่นกัน แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

ซูคราโลส	โซเดียมคลอไรด์ : โพแทสเซียมคลอไรด์	คะแนนความชอบเฉลี่ย				
		ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสชาติ	ความรู้สึกหลังชิม*	ความชอบโดยรวม
0.5	1:1	6.46 ± 0.90^{c}	6.84 ± 1.06^{b}	6.66 ± 1.24^{c}	7.14 ± 1.22^{b}	7.10 ± 0.88^{c}
	1:2	6.82 ± 1.16^{a}	7.22 ± 1.24^{a}	7.44 ± 1.06^{a}	7.48 ± 1.30^{a}	7.56±1.23a
	1:3	6.70 ± 1.12^{b}	7.20 ± 0.96^{a}	7.38 ± 1.12^{b}	7.16 ± 1.18^{b}	7.24 ± 1.24^{b}
1.0	1:1	4.50 ± 0.90^{d}	4.88 ± 1.26^{d}	4.76 ± 1.24^{d}	4.14 ± 1.22^{c}	5.01 ± 0.80^{d}

1:2	4.46±0.60^{d}	4.82±1.24^{d}	4.44±1.06^{e}	4.18±1.30^{c}	4.24±1.10^{e}
1:3	4.20±1.02^{e}	5.02±1.16^{c}	4.42±1.12^{e}	4.16±1.28^{c}	4.22±1.44^{e}

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูคราโลส 1.0 มีรสขมตกค้างหลังการทดสอบชิม

จากผลการศึกษาจึงคัดเลือกซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลสูตรที่ใช้ซูคราโลส 0.5 และใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ 1:2 เนื่องจากผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากกว่าซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปสูตรอื่นๆ นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ยังมีค่าคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ และลักษณะปรากฏโดยรวมไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.2 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว

ผลการศึกษาสารให้ความคงตัว 2 ชนิด คือ แซนแทนกัม และเพกติน ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 ในซอสสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 1.1 พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 1 สัปดาห์ ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลที่เติมเพกตินในผลิตภัณฑ์ทุกสูตรแยกชั้นอย่างชัดเจน และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น (0-8 สัปดาห์) สอดคล้องกับผลการศึกษาของพรดรัล จุลกัลป์ และคณะ (2560) ในขณะที่ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลที่เติมแซนแทนกัมทั้ง 3 ระดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไม่แยกชั้นแม้จะเก็บรักษานานถึง 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อเปรียบเทียบกับซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว (สูตรควบคุม) พบว่า ผลิตภัณฑ์ไม่แยกชั้นแม้จะเก็บรักษานานถึง 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้องเช่นเดียวกับซอสที่ใช้แซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัว แสดงดังตารางที่ 3

ตาราง 3 คุณภาพของซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลที่เติมแซนแทนกัม 3 ระดับ

ร้อยละ	คุณภาพทางเคมีกายภาพ				
	น้ำอิสระ	ค่ากรด-ด่าง^{ns}	ค่าสี		
			L*	a*	b*
0.2	0.88±0.02^{a}	3.15 ±0.00	17.58±0.88^{c}	8.40±0.80^{a}	6.10±0.60^{c}
0.4	0.86±0.01^{b}	3.14±0.01	17.56±0.80^{c}	8.42±0.80^{a}	6.38±1.00^{b}
0.6	0.86±0.00^{b}	3.14±0.01	17.68±0.96^{b}	8.06±0.90^{b}	7.68±0.56^{a}
สูตรควบคุม	0.88±0.01^{a}	3.14 ±0.00	17.72±0.94^{a}	4.70±0.73^{c}	4.47±0.85^{d}

หมายเหตุ [a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p>0.05$)

สูตรควบคุม = ไม่เติมสารให้ความคงตัว

จากตารางที่ 3 พบว่า แซนแทนกัมมีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ และค่าสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงและมีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ไม่เติมแซนแทนกัม แต่ไม่มีผลต่อการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ ปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น นั่นคือ ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์จะลดลง และจะมีค่าความสว่างน้อยกว่าสูตรควบคุม ในขณะที่ปริมาณแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลง แต่ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น และมีค่ามากกว่าสูตรควบคุม นอกจากนั้นผลการศึกษายังพบว่า ปริมาณแซนแทนกัมไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ โดยซอสที่เติมแซนแทนกัมทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันความจำเป็นในการเติมสารให้ความคงตัว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลของการเติมสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ต่อคะแนนความชอบของผู้บริโภคเปรียบเทียบกับการไม่เติมสารให้ความคงตัว เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ปริมาณแซนแทนกัมมีผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคในทุกคุณลักษณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ใช้ปริมาณแซนแทนกัมร้อยละ 0.4 มากที่สุดในทุกคุณลักษณะ แต่ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกับสูตรที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวในทุกคุณลักษณะเช่นกัน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4

ตาราง 4 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่เติมแซนแทนกัม 3 ระดับ

ร้อยละ	คะแนนความชอบเฉลี่ย				
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสชาติ	ความรู้สึกหลังชิม	ความชอบโดยรวม
0.2	7.18±1.02[b]	7.14±1.06[b]	7.38±0.88[b]	7.14±1.20[b]	7.02±0.60[b]
0.4	7.22±1.44[a]	7.30±1.14[a]	7.40±1.02[b]	7.12±0.80[b]	7.34±1.00[a]
0.6	6.90±1.12[c]	7.08±0.96[c]	7.38±1.26[b]	7.06±1.00[c]	6.88±1.44[c]
สูตรควบคุม	7.21±0.90[a]	7.32±1.02[a]	7.40±1.40[a]	7.18±1.10[a]	7.32±0.94[a]

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p>0.05$)

สูตรควบคุม = ไม่เติมสารให้ความคงตัว

ผลการประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า การวัดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Total plate count (TPC) และจำนวนยีสต์และราโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ซอสพบว่า ซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล มีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/gm และมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.2×10^2 CFU/gm

ดังนั้นสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตซอสมะขามหวานปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลประกอบด้วย เนื้อมะขามหวาน น้ำตาลทราย ซูคราโลส น้ำมะนาว พริกแดง เกลือป่น เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ กระเทียม และน้ำมันถั่วเหลือง ร้อยละ 60.75 11.34 0.02 6.38 2.56 1.86 3.71 8.93 และ 4.45 ตามลำดับ และไม่ใช้สารให้ความคงตัว กรรมวิธีการผลิตคือ ปั่นส่วนผสมทั้งหมดรวมกันด้วยเครื่องปั่น 2 นาที นำส่วนผสมไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุใส่ขวดแก้ว ปิดฝา แล้วแช่ในน้ำเย็น

2. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลแบบ CLT กับผู้บริโภคจำนวน 200 คน โดยการให้คะแนนความชอบด้วยวิธีการ Hedonic scaling test (1-9 คะแนน) ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน 7.0 - 8.0) และมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 นอกจากนั้นผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์ และจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 90 ดังตารางที่ 5

ตาราง 5 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	7.44 ± 1.23
กลิ่นรส	7.64 ± 1.10
รสชาติ	7.62 ± 1.02
ความรู้สึกหลังชิม	7.43 ± 1.12
ความชอบโดยรวม	7.80 ± 1.18

สรุปและอภิปรายผล

สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตซอสมะขามปรุงรสที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาล ประกอบด้วย เนื้อมะขามหวาน น้ำตาล ซูคราโลส น้ำมะนาว พริกแดง เกลือป่น เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ กระเทียม และน้ำมันถั่วเหลือง ร้อยละ 60.75 11.34 0.02 6.38 2.56 1.86 3.71 8.93 และ 4.45 ตามลำดับ กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตคือ ปั่นส่วนผสมทั้งหมดรวมกันด้วยเครื่องปั่น 2 นาที นำส่วนผสมไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วบรรจุใส่ขวดแก้ว ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยในระดับชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.80 ผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์และจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 90 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) และไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ในลักษณะเดียวกันที่มีผลการศึกษามาก่อนหน้านี้ (จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร และคณะ, 2542; นันทพร รุจิขจร, 2548; สุภางค์ เรืองฉาย 2548 และพรดรัล จุลกัลป์ และคณะ, 2560) องค์ความรู้จากงานวิจัยสามารถถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการมะขามหวาน และผู้สนใจในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์แล้ว และได้ผลตอบรับที่ดีมากจากผู้เข้าร่วมโครงการ เนื่องจากผู้ประกอบการเล็งเห็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากของเหลือ และจะสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของตนเองได้ เพราะกระบวนการผลิตง่าย ไม่ซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงมากที่ผลิตภัณฑ์ซอสมะขามปรุงรสสำเร็จรูปที่ลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลจากมะขามหวานตกเกรดจะได้รับการพัฒนา และต่อยอดการผลิตเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในขั้นตอนการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคจะใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้บริโภคในจังหวัดพิษณุโลกและเพชรบูรณ์เท่านั้น คณะนักวิจัยจึงเสนอแนะว่าควรเพิ่มพื้นที่การทดสอบให้มากขึ้นเพื่อจะได้ผลการทดลอบที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอกราบขอบพระคุณ**สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ**ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2542). *สารให้ความหวาน.* จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ . กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร, ธนวรรณ บุญปั้น และช่อลัดดา เที่ยงพุก. (2542). การศึกษากรรมวิธีการผลิตซอสกล้วย. *อาหาร*, 29, 167-179.

นันทพร รุจิขจร. (2548). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสถั่วลิสง.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรดรัล จุลกัลป์, กมลทิพย์ เดชะปรากรม และพัชรี ไพโรจน์. (2560). *ใน รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ. 2560,* มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์, น. 127-140. *ใน* กาญจนา หงษ์หยก, บรรณาธิการ. *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรรณคล เชื้อมงคล. (2008). *สารให้ความหวาน* : การใช้และความปลอดภัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

วิษฐิดา จันทราพรชัย. (2549). การประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านสี, น. 368-388. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร,* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. (2535). *วัตถุเจือปนอาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2538). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอสหอยนางรม.* มอก. 1317-2538.

สุภางค์ เรืองฉาย. 2548. ลักษณะทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซอสพริกผสม. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 25, 132-150.

Association of Official Analytical Chemists. (AOAC) 2005. *Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18 th (ed.),* The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. Gaithersburg, MD, USA.

การออกแบบและปรับปรุงความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุด ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง

Design and Improvement Active Power Maximum Demand to Impact on Saving Electrical Energy in Lampang Rajabhat University

ศุภวุฒิ ผากา (Suphawut Paka)* วราภรณ์ ทุมชาติ (Waraporn Tumchat)
วรพล คณิตปัญญาเจริญ (Worapon Kanitpanyacharoen)
สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*Corresponding author. E-mail: Suphawut_paka@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ด้วยการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จากงานวิจัยพบว่าเมื่อทำการออกแบบและปรับปรุงการจัดสมดุลโหลดทางไฟฟ้าใหม่ โดยการเฉลี่ยโหลดทางไฟฟ้าภายในแผงจ่ายไฟย่อยของอาคารต่างๆ ให้ค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีค่าไม่เกินร้อยละ 20 ของกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย ปรับปรุงจุดต่อจุดสัมผัสทางไฟฟ้าของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าของอาคาร ตลอดจนการตรวจสอบ และปรับปรุงระบบการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลังให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 สามารถลดปัญหาพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของอาคารส่งผลต่อค่าไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าช่วงไตรมาสที่ 3 ปี 2559 กับ ปี 2560 ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงลดลง 23,668 กิโลวัตต์ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าลดลง 136,525 บาท และเปรียบเทียบค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงในช่วงไตรมาสที่ 1 ปี 2560 กับ ปี 2561 ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงลดลง 47,359 กิโลวัตต์ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าลดลง 118,227 บาท นอกจากนี้ยังพบว่าในอาคารที่มีการใช้งานโหลดประเภทเครื่องปรับอากาศจำนวนมากหากมีการจัดลำดับการเริ่มทำงานโดยให้มีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 30 นาที จะสามารถลดปัญหาความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดให้กับทางมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

คำสำคัญ: พลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุด ประหยัดพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

Abstract

The propose of this research is to analyze the requirement of the maximum active power problem which has an impact to the electrical energy saving for power system in Lampang Rajabhat University. The measured parameters are voltage, current, power and power factor. From the result of the research shows that, if we design and improve the load balancing by distributing the load in panelboards of each building cause the current in each phase is not over 20% of average current. In addition, the tightening of the contactors of the apparatus in the building, checking and improving the grounding system of the building following in the EIT standard 2001-56. The result of the improvement shows that can reduce the reactive power problem of the building which affect to the electricity fee of Lampang Rajabhat University by comparing with the electricity fee in the third quarter of 2016 and 2017. The reduction of the electrical energy was 23,668 kW-hr that equal to 136,525 baht of the electricity fee. When we compare the electrical energy in the first quarter in 2017 with 2018 revealed that the electrical energy reduced 47,359 units that equal to 118,227 baht of the electricity fee. Due to the large number of air condition, the improving of motors sequence control, 30 minutes for each starting, can reduce the maximum active power problem in Lampang Rajabaht University.

Keywords: maximum active power, electrical energy saving, power, EIT standard 2001-56

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางเป็นองค์กรการศึกษาแห่งหนึ่งที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์จะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ซึ่งมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ล้าหลัง (Lag) เฉพาะเดือนที่มีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว โดยส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ (kVAR) ละ 56.07 บาท (เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์) จากข้อมูลของเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางเป็น

มิเตอร์แบบอัตโนมัติหรือ Automatic Meter Reading (AMR) สามารถบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง ค่ากิโลวาร์สูงสุด ค่ากิโลวาร์ชั่วโมง ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง ค่ากิโลวัตต์สูงสุด

ภาพ 1 กราฟการใช้พลังไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางรายงานข้อมูลกิโลวัตต์สูงสุดประจำปี 2556

ซึ่งแสดงผลดังภาพ 1 ข้อมูลกิโลวัตต์สูงสุดประจำปี 2556 ช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนมีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดเกินกว่า 1,000 กิโลวัตต์ โดยช่วงกลางเดือนมิถุนายนมีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 1,690 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเรียนการสอนในภาคการศึกษาที่ 1/2556 จากข้อมูลกิโลวัตต์สูงสุดประจำปี 2557 ในภาพ 2 แสดงให้เห็นการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดเกิน 1,000 กิโลวัตต์อยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนโดยมีค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายนคือมีค่ากิโลวัตต์สูงสุดอยู่ที่ 1,500 กิโลวัตต์

ภาพ 2 กราฟการใช้พลังไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางรายงานข้อมูลกิโลวัตต์สูงสุดประจำปี 2557

ภาพ 3 กราฟการใช้พลังไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางรายงานข้อมูลกิโลวัตต์สูงสุดประจำปี 2558

ภาพ 3 การใช้พลังไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางในปี 2558 มีการใช้พลังไฟฟ้าคิดเป็นกิโลวัตต์สูงสุดอยู่ในช่วงกลางเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมโดยมีค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1,800 กิโลวัตต์ซึ่งจัดได้ว่าสูงสุดในรอบ 3 ปี ที่ผ่านมา แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มจะมีการใช้พลังไฟฟ้ามากขึ้นในแต่ละปี หากไม่มีการออกแบบและมีการปรับปรุงความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดในกลุ่มโหลดทางไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยฯ ก็จะส่งผลต่อค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่ต้องเรียกเก็บจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป

คุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) มีความสำคัญอย่างมากต่อระบบไฟฟ้าซึ่งส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า และคุณภาพของแรงดันไฟฟ้า ไชยะ แช่มช้อย (2559, น. 237) ได้กล่าวถึงผลกระทบและความเสียหายจากปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียทางไฟฟ้า และกล่าวถึงเทคนิคการแก้ปัญหาคุณภาพไฟฟ้า (น. 277)

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ในการการออกแบบและปรับปรุงความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อหาแนวทางในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้กับทางมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) สามารถลดค่าไฟฟ้าในส่วนที่ต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคลงได้ ในแต่ละเดือนที่มีความต้องการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดได้ โดยศึกษาจากสภาพการใช้งานโหลดทางไฟฟ้าของแต่ละอาคารที่มีการติดตั้งหม้อแปลงขนาด 250 kVA ขึ้นไป และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าให้กับองค์กรและหน่วยงาน

ภาพ 4 กราฟการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางรายงานข้อมูลไตรมาสย้อนหลัง 3 ปี

ภาพ 5 กราฟค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางรายงานข้อมูลไตรมาสย้อนหลัง 3 ปี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที
- เพื่อออกแบบการใช้งานโหลดทางไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด
- เพื่อปรับปรุงโหลดทางไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าฮาร์มอนิกสูงสุด
- เพื่อประเมินผลการลดความต้องการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลปัญหาและปัจจัยที่มีผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยเลือกใช้โหลดทางไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 250 kVA ขึ้นไป ซึ่งมีขั้นตอนตามแผนผังดังภาพ 6

ภาพ 6 แผนผังขั้นตอนการตรวจวัดตามกลยุทธ์ของแผนงานวิจัย

การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เครื่องวัดวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าคุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ FLUKE รุ่น 43B และ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A. 8331 ซึ่งทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าดังกล่าว ในสภาวะไม่มีโหลด และสภาวะจ่ายโหลดเต็มพิกัดของอาคารที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าตั้งแต่ 250 กิโลโวลต์-แอมแปร์

ภาพ 7 การตรวจวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแผงจ่ายไฟย่อย

การวัดค่าความต้านทานในการต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะใช้การวัดในลักษณะแกน x และแกน y โดยมีระยะห่างของแต่ละจุดไม่น้อยกว่า 5 เมตร อ่านค่าจากเครื่องวัดความต้านทานดินแต่ละจุดแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของการวัดค่าความต้านทานดิน โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

ภาพ 8 การวัดค่าความต้านทานการต่อหลักดินของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย

ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ตาราง 1 ผลการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสที่แผงจ่ายไฟย่อยอาคาร 45 ชั้นที่ 2 (LC-2-2)

อาคารเรียนรวมและอเนกประสงค์ (อาคาร 45) ชั้นที่ 2 ส่วนของห้องประชุม (LC -2-2)					
ลำดับเฟส	**กระแสไฟฟ้า (A)**	**กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 3 เฟส (A)**	**ความต่างเฟสต่างกันไม่เกิน 20%**	**ตรวจสอบความต่างเฟส (A)**	**หมายเหตุ**
L1	7.64	(7.64 + 5.64 + 4.34) = 17.62 A 17.62 / 3 = 5.873 A	5.873 x 0.2 = 1.1746 A	L1 - L2 = 2 A	ไม่สมดุลเนื่องจากเฟส A มีกระแสไฟฟ้ามากเกินไป
L2	5.64			L2 – L3 = 1.21 A	
L3	4.34			L1 – L3 = 3.3 A	
N	6.88	พบค่ากระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลเนื่องจากความไม่สมดุลของโหลดทางไฟฟ้า			

โดยทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะที่มีการทำงานของโหลดทางไฟฟ้าปกติ ซึ่งจะต้องวัดช่วงที่มีการใช้งานต่อเนื่อง 3 ชั่วโมงขึ้นไป การตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่แผงจ่ายไฟย่อยของอาคาร 45 อาคารเรียนรวมและเอนกประสงค์ ซึ่งพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในเฟส A (L1) มีความต่างเฟสกันเกินร้อยละ 20 ของกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 3 เฟส โดยเฟส A (L1) มีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 7.64 แอมแปร์ ขณะที่เฟส B (L2) และ เฟส C (L3) มีค่ากระแสไฟฟ้า 5.64 แอมแปร์ และ 4.34 แอมแปร์ สามารถคำนวณความต่างเฟสได้ในตาราง 1

จากตาราง 1 ผลการตรวจวัดทำให้ต้องมีการจัดการโหลดในเฟส A ใหม่ ผู้วิจัยเสนอการปรับปรุงโหลดทางไฟฟ้าขึ้นใหม่ โดยมีการย้ายโหลดจากเฟส A แบ่งให้กับโหลดในเฟส B และเฟส C ตามลำดับ โดยจะต้องมีการปลดโหลดและวิเคราะห์ผลของโหลดทางไฟฟ้าในระบบ 1 เฟส ที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้าในเฟส A มากที่สุด เพื่อความสมดุลของโหลดทางไฟฟ้า ทั้งนี้การย้ายโหลดค่ากระแสไฟฟ้าส่วนที่มีการปรับปรุงจะต้องไม่กระทบกับขนาดของพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน

ตาราง 2 ผลการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละเฟสที่แผงจ่ายไฟย่อยอาคาร 45 ชั้นที่ 2 (LC-2-2) หลังการปรับปรุง

อาคารเรียนรวมและอเนกประสงค์ (อาคาร 45) ชั้นที่ 2 ส่วนของห้องประชุม (LC -2-2)					
ลำดับเฟส	**กระแสไฟฟ้า (A)**	**กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 3 เฟส (A)**	**ความต่างเฟสต่างกันไม่เกิน 20%**	**ตรวจสอบความต่างเฟส (A)**	**หมายเหตุ**
L1	13.75	(13.75 + 13.27 + 11.93) = 38.94 A	12.98 x 0.2 = 2.59 A	L1 - L2 = 0.48 A	ระบบไฟฟ้ามีความสมดุล
L2	13.27			L2 – L3 = 1.34 A	
L3	11.93	38.94 / 3 = 12.98 A		L1 – L3 = 1.82 A	
N	1.88	ค่ากระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลลดลงเนื่องจากความสมดุลของโหลดทางไฟฟ้า			

จากตาราง 2 เมื่อมีการปรับปรุงโหลดทางไฟฟ้าใหม่โดยมีการย้ายโหลดจากเฟส A แบ่งให้กับโหลดในเฟส B และเฟส C ตามลำดับ ข้างต้นแล้วพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีความใกล้เคียง

กัน คือมีความต่างเฟสไม่เกินร้อยละ 20 ของค่ากระแสเฉลี่ย ระบบไฟฟ้าดังกล่าวมีความสมดุลของโหลดทางไฟฟ้า

2. ผลการตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบรีแอกทีฟสูงสุดของระบบไฟฟ้ากำลัง

ผลการตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบรีแอกทีฟสูงสุดข้อมูลกิโลวาร์ชั่วโมงสูงสุดในเดือนตุลาคม 2559 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง พบว่าค่ากิโลวาร์สูงสุดอยู่ในวันที่ 11 ตุลาคม 2559 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 520 กิโลวาร์ ช่วงเวลา 13.00 น. และในวันที่ 26 ตุลาคม 2559 มีค่ากิโลวาร์สูงสุดเท่ากับ 512 กิโลวาร์ เนื่องจากเป็นช่วงการเรียนการสอนและมีการใช้โหลดทางไฟฟ้าจำพวกเครื่องปรับอากาศมาก ค่าพลังไฟฟ้าแบบรีแอกทีฟสูงสุดข้อมูลกิโลวาร์ชั่วโมงสูงสุดในเดือนมีนาคม 2560 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง พบว่าค่ากิโลวาร์สูงสุดอยู่ในวันที่ 15 มีนาคม 2560 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 560 กิโลวาร์ ช่วงเวลา 13.00 น. และในวันที่ 22 มีนาคม 2560 มีค่ากิโลวาร์สูงสุดเท่ากับ 576 กิโลวาร์ เนื่องจากเป็นช่วงการเรียนการสอนและมีการใช้โหลดทางไฟฟ้าจำพวกเครื่องปรับอากาศมาก เนื่องจากสภาพอากาศเข้าสู่ช่วงฤดูร้อน ดังแสดงข้อมูลกิโลวาร์สูงสุดเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2558 จนถึงปี 2560 จากการอ่านค่ากิโลวาร์ที่ได้จากเครื่องวัดพลังไฟฟ้าชนิด (AMR Meter)

ภาพ 9 ค่ากิโลวาร์สูงสุดวันที่ 22 มีนาคม 2560 เวลา 13.45 น. มีค่า 576 กิโลวาร์

ภาพ 10 ข้อมูลกิโลวาร์รายปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม 2558 ถึง มิถุนายน 2560

จากข้อมูลการตรวจวัดกิโลวาร์รายปีในภาพ 10 แสดงข้อมูลกิโลวาร์เฉลี่ยในแต่ละเดือนของปี 2558 จนถึงช่วงเดือนมิถุนายน 2560 พบว่าค่า Peak ของกิโลวาร์จะสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม และช่วงเดือนตุลาคมทั้งนี้การใช้งานจากโหลดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ส่งผล ทำให้ค่ากิโลวาร์สูงขึ้นในแต่ละปี ซึ่งช่วงเวลาที่มีค่า Peak ใน 15 นาทีสูงสุดจะอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 13.00 น. ถึง 16.00 น. เช่นเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นย้อนหลัง 3 ปี

3. ผลการตรวจวัดค่ากิโลวาร์รายปี

เมื่อนำค่ากิโลวาร์เฉลี่ยสูงสุด 15 นาที ในเดือนที่มีการค่ากิโลวาร์เฉลี่ยสูงสุดใน 3 ปี ย้อนหลังตั้งแต่ปี 2558 ถึง 2560 ในช่วง Peak ซึ่งช่วงเวลาที่มีค่า Peak ใน 15 นาที สูงสุดจะอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 13.00 น. ถึง 16.00 น. ดังนั้นเพื่อลดค่า Peak ดังกล่าวจำเป็นต้องมีการลดการใช้งานโหลดทางไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวลง เพื่อจะลดค่า Peak ลงได้ เนื่องจากพิกัดของมิเตอร์ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางเป็นมิเตอร์ไฟฟ้าชนิด TOU แบบ AMR ในช่วงการใช้งานจะอยู่ในพิกัด ON-Peak (09.15 – 22.15 น.) พบว่ามีแนวโน้มที่สูงขึ้นเป็นผลทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางสูงขึ้นส่งผลให้ค่าไฟฟ้าปรับตัวสูงขึ้นเช่นกันดังแสดงในภาพ 11 ค่ากิโลวาร์

สูงสุดอยู่ในวันที่ 22 มีนาคม 2560 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 576 กิโลวาร์ และคิดเป็นหน่วยไฟฟ้ารวม 380,004 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งค่าไฟฟ้าในเดือนมีนาคม 2560 มีค่าเท่ากับ 1,531,168 บาท

ภาพ 11 ข้อมูลกิโลวาร์เฉลี่ยสูงสุดใน 15 นาที ช่วงปี 2558 ถึง 2560

4. ผลการตรวจวัดค่ากิโลวัตต์รายปี

เมื่อนำผลการตรวจวัดค่ากิโลวัตต์รายปีเฉลี่ยสูงสุดใน 3 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี 2558 ถึง 2560 ช่วง Peak สูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมและเดือนกันยายนของทุกปี ตามรอบปีการศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

	ปี 2558				ปี 2559				ปี 2560		
	เดือน	kWh	ค่าไฟฟ้า		เดือน	kWh	ค่าไฟฟ้า		เดือน	kWh	ค่าไฟฟ้า
T2/58	ม.ค.-58	197,474	835,569	T2/59	ม.ค.-59	191,180	793,165	T2/60	ม.ค.-60	247,791	1,008,305
	ก.พ.-58	204,149	901,155		ก.พ.-59	212,415	929,510		ก.พ.-60	229,291	945,275
	มี.ค.-58	303,273	1,406,522		มี.ค.-59	348,771	1,573,115		มี.ค.-60	380,004	1,531,168
T3/58	เม.ย.-58	299,392	1,383,611	T3/59	เม.ย.-59	344,061	1,534,888	T3/60	เม.ย.-60	310,033	1,274,623
	พ.ค.-58	280,298	1,206,269		พ.ค.-59	295,388	1,191,588		พ.ค.-60	266,058	1,084,900
	มิ.ย.-58	247,097	1,078,627		มิ.ย.-59	236,615	941,854		มิ.ย.-60	276,305	1,172,282
T4/58	ก.ค.-58	241,338	1,047,079	T4/59	ก.ค.-59	220,151	849,497	T4/60	ก.ค.-60	287,976	1,228,528
	ส.ค.-58	299,857	1,333,512		ส.ค.-59	297,661	1,233,215		ส.ค.-60	372,704	1,616,176
	ก.ย.-58	341,977	1,532,458		ก.ย.-59	337,089	1,377,665		ก.ย.-60	353,937	1,542,726
T1/59	ต.ค.-58	291,865	1,263,964	T1/60	ต.ค.-59	328,041	1,368,269	T1/61	ต.ค.-60	310,990	1,352,597
	พ.ย.-58	305,334	1,372,712		พ.ย.-59	294,369	1,217,817		พ.ย.-60	265,830	1,108,190
	ธ.ค.-58	203,701	860,738		ธ.ค.-59	238,831	979,572		ธ.ค.-60	237,062	986,594
รวม		3,215,755	14,222,216	รวม		3,344,572	13,990,155	รวม		3,537,981	14,851,364

ภาพ 12 ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงและค่าไฟฟ้ารายไตรมาสช่วงปี 2558 ถึง ปี 2560

จากข้อมูลการตรวจวัดกิโลวัตต์ชั่วโมงรายปี พบว่าค่า Peak ของ กิโลวัตต์จะในช่วงเดือนมีนาคมและช่วงเดือนกันยายน ของทุกปี แต่ในปี 2560 ค่า Peak ในเดือนมิถุนายน 2560 มีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากการปรับปรุงโหลดสมดุลทางไฟฟ้าในอาคารที่มีการใช้โหลดทางไฟฟ้ามาก และการปรับเปลี่ยนชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED ทำให้ค่า Peak ลดลง ซึ่งสอดคล้อง

กับข้อมูลค่าไฟฟ้ารายไตรมาสของช่วงปี 2558 ถึง 2560 ดังภาพ 12 แสดงค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง และค่าไฟฟ้ารายเดือนย้อนหลัง ตั้งแต่เดือนมกราคมของปี 2558 จนถึงเดือนมิถุนายน 2560 โดยให้ T1, T2, T3 และ T4 แทนด้วยช่วงเวลาของไตรมาสที่ 1, ไตรมาสที่ 2 ไตรมาสที่ 3 และไตรมาสที่ 4 ตามลำดับ

จากภาพ 12 เปรียบเทียบข้อมูลกิโลวัตต์ชั่วโมงจากปี 2558 กับปี 2559 มีค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงลดลง 128,817 kWh. ทำให้ค่าไฟฟ้าลดลง 232,061 บาท เห็นได้ว่าเมื่อลดค่า Peak กิโลวาร์เฉลี่ยสูงสุดใน 15 นาที ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน สามารถลดค่าไฟฟ้าให้กับมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางได้ และเมื่อเปรียบเทียบไตรมาสที่ 3/59 กับไตรมาสที่ 3/60 ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดพบว่าค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงลดลง 23,668 kWh. และค่าไฟฟ้าลดลง 136,525 บาท เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงและค่าไฟฟ้าในช่วงไตรมาสที่ 4/59 กับไตรมาสที่ 4/60 ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยฯ มีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นช่วงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและในการกิจกรรมต่างๆ ของทางมหาวิทยาลัยทั้งภาคกลางวันและกลางคืน ซึ่งมีการใช้หน่วยไฟฟ้าที่คิดเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 159,716 kWh. ทำให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 927,035 บาท เปรียบเทียบข้อมูลค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง ในช่วงไตรมาสที่ 1/60 กับช่วงไตรมาสที่ 1/61 ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลงคือ ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงลดลง 47,359 kWh. และค่าไฟฟ้าลดลง 118,227 บาท

Parameter	Line 1	Line 2	Line 3	Total
Power				
P (W)	0.03102 kW	0.8299 kW	3.359 kW	4.220 kW
P DC (W)	- - -	- - -	- - -	- - -
Q (var)	-0.07529 kvar	0.5170 kvar	1.476 kvar	1.918 kvar
D (var)	0.06838 kvar	0.1223 kvar	0.3809 kvar	1.169 kvar
S (VA)	0.1063 kVA	0.9854 kVA	3.689 kVA	4.781 kVA
PF	0.292	0.842	0.911	0.883
Cos φ	0.381	0.849	0.915	0.91
Tan φ	-2.423	0.623	0.44	0.455
φ (P)	-68°	32°	24°	

ภาพ 13 ค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

Parameter	Line 1	Line 2	Line 3	Total
Power				
P (W)	0.7913 kW	1.489 kW	1.688 kW	3.969 kW
P DC (W)	- - -	- - -	- - -	- - -
Q (var)	-0.2553 kvar	-0.6394 kvar	-0.3659 kvar	-1.261 kvar
D (var)	0.7193 kvar	1.113 kvar	0.9924 kvar	2.870 kvar
S (VA)	1.099 kVA	1.966 kVA	1.992 kVA	5.057 kVA
PF	0.72	0.758	0.847	0.785
Cos φ	0.952	0.919	0.977	0.953
Tan φ	-0.321	-0.428	-0.216	-0.317
φ (P)	-18°	-23°	-12°	

ภาพ 14 ค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าหลังปรับปรุง

สรุปและอภิปรายผล

ปัญหาของโหลดทางไฟฟ้าได้แก่เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบบ 1 เฟส เป็นส่วนใหญ่ที่ได้ทำการติดตั้งเพิ่มเติมของอาคาร บางอาคารมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี เมื่อมีการติดตั้งไม่ได้ตรวจสอบการสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร จึงทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าของแต่ละเฟสไม่สมดุล ค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟก่อนทำการปรับปรุงที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ซึ่งมีความต่างเฟสกันค่อนข้างมากจึงต้องทำการจัดสมดุลเฟสใหม่ และทำการวัดค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟซ้ำอีกครั้งภายหลังการปรับปรุง ซึ่งจะสอดคล้องกับค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสที่ตรวจวัดได้ พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในเฟสที่ 3 (L3) จะมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงที่สุดคือ 15.88 แอมแปร์ มีความต่างเฟสกันเกินกว่าร้อยละ 20 ของกระแสเฉลี่ย ส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายนิวทรัลมีค่าสูงถึง 15.11 แอมแปร์ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส และ 1 เฟส เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่มีการปรับปรุงจะเห็นว่าค่าพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟมีการเฉลี่ยไปตามเฟสต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่มีความสมดุลมากขึ้นจากเดิมส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลลดลงจาก 15.11 แอมแปร์ เหลือเพียง 8.7 แอมแปร์

ภาพ 15 มุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าภายหลังการปรับปรุง

ผลการตรวจวัดค่ามุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าต่อเฟสในแต่ละเฟส ซึ่งขนาดและมุมทางไฟฟ้าของกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกันคือมีความต่างเฟสกันอยู่ 120 องศาทางไฟฟ้าซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ปัญหาด้านการออกแบบและปรับปรุงความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟสูงสุดของระบบไฟฟ้ากำลังภายในอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางแบ่งได้ดังนี้

1. ปัญหาด้านการจัดการสมดุลโหลดทางไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าของอาคารมีการเพิ่มโหลดทางไฟฟ้าโดยเฉพาะโหลดเครื่องปรับอากาศแบบ 1 เฟส ในการเพิ่มโหลดไม่ได้คำนึงถึงการสมดุลของกระแสไฟฟ้าจึงทำให้เกิดความแตกต่างของกระแสไฟฟ้าระหว่างเฟสมากเกินกว่าร้อยละ 20 ของกระแสเฉลี่ย ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้รับผิดชอบอาคารหรือผู้ใช้อาคารควรมีการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสเพื่อเป็นข้อมูลให้กับอาคาร ก่อนจะทำการเชื่อมต่อโหลดทางไฟฟ้าเพิ่มเติมเข้ากับระบบไฟฟ้าของอาคารดังกล่าว เพื่อความสมดุลของโหลดในอนาคต

2. ปัญหาด้านบริภัณฑ์ไฟฟ้า บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารในส่วนที่ใช้งาน ตามแผงจ่ายไฟหลักและแผงจ่ายไฟรอง จำเป็นอย่างยิ่งควรมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากสภาพการใช้งานของโหลดทางไฟฟ้าแต่ละอาคารมีความต่างกันเช่น อาคารเรียนรวม อาคารปฏิบัติการ อาคารหอประชุม อาคารสนามกีฬากลางแจ้ง และอาคารสนามกีฬาในร่ม เป็นต้น ควรมีการตรวจเช็คการขันน๊อตและสกรูที่ใช้จับยึดตัวนำไฟฟ้าของบริภัณฑ์ทางไฟฟ้าทุกจุดต้องมีการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เพราะจุดหลวมต่างๆ ที่ใช้เป็นทางเดินกระแสไฟฟ้ามีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศหรือระบบแสงสว่างและเต้ารับเฉพาะจุด เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. โหลดทางไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศบางอาคารมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ประสิทธิภาพในการทำความเย็นจะลดลงตามอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ หากไม่มีการบำรุงรักษาตามวาระ ปัญหาเรื่องของการกินกระแสไฟฟ้าสำหรับคอมเพรสเซอร์และพัดลมอาจส่งผลให้เกิดค่า Peak Demand สูงสุดตามมา

4. การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินจากฟ้าผ่า (Surge Protective Device) ในระบบไฟฟ้ากำลังให้กับอาคารเก่าที่ขาดระบบป้องกันฟ้าผ่าทางตรงและทางอ้อม สามารถป้องกันปัญหาแรงดันไฟฟ้าเกินจากฟ้าผ่าเข้ามาในระบบไฟฟ้าด้านแรงต่ำของอาคาร ช่วยเพิ่มความมีเสถียรภาพในการใช้ไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าให้กับอาคารนั้นได้

Parameter	L1	L2	L3	Neutral
U rms	402.8 V	403.5 V	402 V	
V rms	232.3 V	233 V	232.3 V	
A rms	0.46 A	4.23 A	15.88 A	15.11 A
U DC	0.6 V	-0.5 V	-0.1 V	
V DC	0 V	-0.6 V	-0.1 V	
A DC				
U CF	1.44	1.44	1.44	
V CF	1.39	1.4	1.39	
A CF	2.77	1.55	1.61	

ภาพ 16 ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

Parameter	L1	L2	L3	Neutral
U rms	401 V	401.9 V	400.3 V	
V rms	231 V	232.1 V	231.6 V	
A rms	4.76 A	8.47 A	8.6 A	8.7 A
U DC	0.7 V	-0.6 V	-0.1 V	
V DC	0 V	-0.7 V	-0.1 V	
A DC				
U CF	1.44	1.43	1.44	
V CF	1.39	1.4	1.39	
A CF	2.97	2.64	2.68	

ภาพ 17 ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการแก้ปัญหาด้านตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้าของอาคาร อาจมีการจัดลำดับการเริ่มเดินเครื่องปรับอากาศในกรณีที่มีการใช้งานพร้อมกันคราวละหลายๆ ตัว และอาจติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor Bank) และชุดควบคุมการปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอัตโนมัติ (Power factor Controller) ไว้ที่แผงจ่ายไฟหลัก (MDB) ของอาคารเก่าซึ่งไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าวติดตั้งมา เพื่อไม่ให้มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.85 ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทั้งยังเป็นการช่วยลดค่ากำลังสูญเสียในอุปกรณ์ที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และลดแรงดันตกในระบบไฟฟ้า แนวทางในการแก้ไขปัญหาฮาร์มอนิกอาจทำได้โดยการติดตั้งรีแอกเตอร์และใช้ตัวกรองกระแสฮาร์มอนิกเพื่อชดเชยกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้าโดยติดตั้งใกล้ตำแหน่งแผงจ่ายไฟฟ้าหลักของอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้ ทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และพื้นที่วิจัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กิตติกร มณีสว่าง. (2548). *คลื่นสัญญาณรบกวน*. คู่มือถามตอบปัญหาเทคนิคด้านคุณภาพไฟฟ้า อุตสาหกรรม.

ชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล. *แนวทางในการป้องกันแรงดันเกินชั่วคราวที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายแรงต่ำของ กฟภ.จากการเกิดฟอลต์ในระบบจำหน่ายแรงสูง*. ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

ไชยะ แช่มช้อย. (2559). คู่มือคุณภาพไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*แนวทางการปฏิบัติการตรวจสอบจุดสัมผัสทางไฟฟ้าด้วยกล้องส่องหาความร้อน*. กองบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ยุทธพงศ์ ทัพผดุง. ผลกระทบต่อสมรรถนะของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส เมื่อแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก https://esd.pea.co.th/electrical-engineering-articles/26-three-phases-motor

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. (2548). *เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและกรณีศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวุฒิ ผากา และคณะ. (2556). *รายงานการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายที่มีผลกระทบต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ลำปาง: มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

Cividino, L. (1992). Power factor, harmonic distortion; causes, effects and considerations. *Telecommunications Energy Conference: INTELEC '92., 14th International*, (pp.506-513). Oct 4th, 1992.

IEEE C62.92.4-1991. *IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems*. Part IV—Distribution.

Niekerk , C.R.van., Rens, A.P.J. & Hoffman, A.J. (2002). Identification of Types of Distortion Sources in Power Systems by Applying Neural Networks. *IEEE Africon*, (pp.829-834).

Popovic, Ljubivoje M. (2003). A Practical Method for Evaluation of Ground Fault Current Distribution on Double Circuit Parallel Lines. *IEEE Transactions on power delivery*, vol. 15. (pp. 108-113).

Rukonuzzaman, M. & Nakaoka, M. (1999). Magnitude and Phase Determination of Harmonic Currents by Adaptive Learning Back-Propagation Neural Network. *IEEE Conference on Power Electronics and Drive Systems: PEDS'99*, (pp.1168-1171)

Tristan, K. (1999). Distortion and power factor of nonlinear loads. *1999 ASME/IEEE Joint: Railroad Conference*, (pp.47-54). Apr 13th.

กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

Integrated Extension Process of Conservative Agriculture at Huay Pao Village, Thung Khao Puang Sub-district, Chiang Dao District, Chiang Mai Province

รัตติกาล พันธรักษ์เดชา(Rattikan Puntarakdaechar)*
อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ(Avorn Opatpatanakit)
บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล(Budsara Limnirankul)
สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
*Corresponding author. E-mail : rattikanchumpukaew@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์และแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยกระบวนการ วิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ด้วยการสนทนากลุ่ม การสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระดับบุคคลและถอดบทเรียนจากชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการร่วมบูรณาการในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ มี 6 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า 2) การกำหนดพื้นที่ Zoning และกฎระเบียบของชุมชนด้านสิ่งแวดล้อมโดยชุมชนบ้านห้วยเป้า 3) การจัดทำแผนชุมชนบ้านห้วยเป้า 4) การประชุมคณะทำงานระดับอำเภอเชียงดาว/ระดับจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นเวทีการแลกเปลี่ยนที่ชุมชนเขามามีส่วนร่วมในการเสนอแนะถึงปัญหาต่างๆในชุมชนให้หน่วยงานได้รับรู้ สู่การวางแผนการปฏิบัติในการพัฒนาได้ตรงจุดหมายที่แท้จริง และที่ยังติดขัดต่อการรับการสนับสนุนเนื่องจากพื้นที่ต้นน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแดง และพื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนเชียงดาว 5) การจัดทำโครงการร่วมแบบบูรณาการในบ้านห้วยเป้า 6) การส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า โดยมีแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ 4 มิติ คือ 1) การพัฒนาบนฐานข้อมูล ประวัติความเป็นมาของชุมชน สภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของชุมชน ข้อมูลของสถานการณ์ ปัญหา ความต้องการ หรือโอกาสในการพัฒนาที่แท้จริงของชุมชน 2) การพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงานทุกภาคส่วน 3) การพัฒนาอย่างบูรณาการ ทั้งในระดับส่วนกลาง ระดับจังหวัด และ

ระดับพื้นที่ ให้เกิดการขับเคลื่อนการพัฒนาปฏิบัติงานในพื้นที่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของแผนงาน โดยไม่มีการทำงานซ้ำซ้อนกัน 4) การพัฒนาอย่างครบวงจร ตั้งแต่การวิจัย การกำหนดขอบเขตวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การพัฒนาอาชีพภายใต้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกป่าในพื้นที่ส่วนที่ควรเป็นป่า การพัฒนาปัจจัยพื้นฐาน การจัดการด้านการตลาด การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การพัฒนาชุมชนให้เข้มแข็ง เพื่อให้ชุมชนช่วยเหลือตนเองได้อย่างยั่งยืน
คำสำคัญ : กระบวนการส่งเสริม, การเกษตรเชิงอนุรักษ์, การบูรณาการ

Abstract

The purpose of this research was to study integrated extension process of conservative agriculture and approach for integrated extension of conservative agriculture at Huay Pao village, Thung Khao Puang sub-district, Chiang Dao district, Chiang Mai province. Participatory Action Research method was used together with qualitative research methods including focus group discussion, participatory observation, personal knowledge sharing and lessons learned visualization from community and integrated agencies. The results of this study showed that there are 6 stages of integrated extension process of conservative agriculture including 1) surveying on land use data of Huay Pao farmers, 2) zoning areas and issuing environmental regulations by Huay Pao community, 3) setting up Huay Pao community plan, 4) working group meeting both district and provincial level, 5) conducting integrated project at Huay Pao village, and 6) integrated extension of conservative agriculture. In terms of approaches for integrated extension of conservative agriculture, there are 4 approaches including 1) development of database regrading history of the community, economic, social and environmental conditions of the community, state of actual problems, requirements and development opportunities of the community, 2) participatory development of community and all related sectors to the balanced spatial development in all dimensions, 3) integrated development both at the central, provincial and spatial level to drive development works in the area to meet the objectives and goals of the plan without overlap, and 4) comprehensive development starting from researching, determining the scope of land use planning, career development under soil and water conservation system, reforestation in forest areas, basic factor

development, marketing management, postharvest management, and strong community capacity development in order to help the community could rely on themselves sustainably.

Key words: Extension process**,** Conservative agriculture, Integration

บทนำ

ป่าไม้จัดเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญอย่างมากต่อประเทศชาติ เป็นทรัพยากรที่สร้างขึ้นได้ยากใช้เวลานาน ในขณะที่การทำลายป่าไม้เป็นไปได้โดยง่ายและรวดเร็ว ในอดีตประเทศไทยมีป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ ไม้เป็นสินค้าที่ทำรายได้หลักของประเทศอย่างหนึ่ง ป่าไม้ให้ความชุ่มชื้นอุดมสมบูรณ์ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า เป็นต้นน้ำลำธาร ประชาชนแสวงหาปัจจัยในการดำรงชีวิตต่างๆได้จากป่าไม้ แต่สภาพป่าไม้ในปัจจุบันนี้ถูกทำลายเรื่อยมาจนเหลือประมาณร้อยละ 33 ของพื้นที่ที่ดินประเทศไทย เมื่อเทียบกับเนื้อที่ป่าเมื่อ 50 ปีที่ผ่านมา การทำลายป่าไม้นั้นก่อให้เกิดการเสียสมดุลตามธรรมชาติและก่อให้เกิดผลเสียหายติดตามมาจากสถานการณ์ปัจจุบัน เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2516 – 2559 พบว่ามีจำนวนพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลง เหลือจำนวน 56,496,886 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.50 ของ พื้นที่ป่าไม้ในภาคเหนือ 107,489,799 ไร่ (สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้,2560) ซึ่งเกิดจากการบุกรุกพื้นที่ป่าในพื้นที่ภาคเหนือเพื่อเป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรมีการทำไร่เลื่อนลอยของชาวเขาที่มีการแผ้วถางป่า เพื่อปลูกพืชไร่ หรือพืชเชิงเดี่ยวอยู่ตามภูเขาสูง โดยเฉพาะป่าดงดิบเขาบริเวณต้นน้ำลำธาร

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 ได้เสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมชาวเขาในพื้นที่ต่างๆของจังหวัดภาคเหนือ และทอดพระเนตรเห็นชาวเขามีวิถีการดำรงชีพที่ยึดถือปฏิบัติสืบต่อกันมาอย่างไม่เปลี่ยนแปลงนับพันปี คือการเร่ร่อนไปอาศัยตามเทือกเขาสูง ห่างไกลจากสังคมเมือง แม้ว่าวิถีการดำรงชีพของเขาเหล่านั้นจะเป็นไปตามธรรมชาติก็ตาม แต่กลับไม่เป็นผลดีทั้งต่อตัวชาวเขาเองและภูมิภาคอันเป็นที่อยู่อาศัย คือชีวิตความเป็นอยู่ค่อนข้างยากจน ทำการเกษตรแบบยังชีพ สุขภาพอนามัยและการศึกษาถูกละเลย ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ และป่าไม้ ทำให้ชาวเขาใช้วิธีถากถาง ตัดโคนและเผา ทำลายป่าไม้ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ การเคลื่อนย้ายไปตามที่ต่างๆเพื่อหาพื้นที่สำหรับปลูกพืชไร่ และที่สำคัญมีการปลูกฝิ่นที่เป็นรายได้หลัก ยังเป็นยาเสพติดที่มอมเมาและบ่อนทำลายเยาวชนของชาติอันเป็นปัญหาที่ร้ายแรงของประเทศ นอกจากนี้ชาวเขาทั้งหลายยังมิได้รับรู้ถึงความเป็นชาติไทย คนไทยและกฎหมายบ้านเมืองของประเทศที่ตนอาศัยอยู่ จึงได้ทรงตั้งโครงการหลวงขึ้น เพื่อพัฒนาชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชน ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ดังพระราชดำรัสที่พระราชทานเมื่อ 10 มกราคม พ.ศ. 2517 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ความว่า

“เพื่อจะส่งเสริม และสนับสนุนให้ชาวเขามีความเป็นอยู่ดีขึ้น สามารถที่จะเพาะปลูกสิ่งที่เป็นประโยชน์และเป็นรายได้กับเขาเองให้ผู้ที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารสามารถที่จะมีความรู้และพยุงตัว มีความเจริญได้ ถ้าสามารถช่วยชาวเขาปลูกพืชที่เป็นประโยชน์บ้างเขาจะเลิกปลูกยาเสพติด คือฝิ่น ทำให้นโยบายการระงับการปราบปรามการสูบฝิ่นและการค้าฝิ่นได้ผลดี อันนี้ก็เป็นผลอย่างหนึ่ง ถ้าพวกเราทุกคนไปช่วยเขา ก็เท่ากับช่วยบ้านเมืองให้มีความดี ความอยู่ดีกินดีและปลอดภัยได้อีกทั่วประเทศ เพราะถ้าสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จ ให้ชาวเขาอยู่เป็นหลักเป็นแหล่ง สามารถที่จะมีความอยู่ดีกินดีพอสมควร และสนับสนุนนโยบายที่จะรักษาป่าไม้ รักษาดิน ให้เป็นประโยชน์ต่อไป ประโยชน์อันนี้จะยั่งยืนมาก” (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน),2559) ซึ่งประกอบกับนโยบายการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของรัฐบาลไทย ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของการทวงคืนผืนป่าการฟื้นฟูป่า การจัดหาที่ดินทำกิน ป่าชุมชน เกษตรแปลงใหญ่ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการปลูกพื้นตามความสมัครใจ Smart Farmer เกษตรทฤษฎีใหม่ เกษตรอินทรีย์ เกษตรยั่งยืน พัฒนาและส่งเสริมการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายวัฒนธรรมอันดีงาม ทรัพยากรธรรมชาติ และไม่ทำลายภูมิปัญญาท้องถิ่น มุ่งสร้างความสมดุลให้เกิดขึ้นในห่วงโซ่การผลิตสินค้าเกษตรและอาหาร โดยสนับสนุนการดำเนินงาน ซึ่งการพัฒนาอย่างองค์รวมอย่างเป็นระบบ โดยการบูรณาการและมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน อันได้แก่ แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12, ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี, นโยบายประชารัฐ, แผนการจัดการทรัพยากรที่ดินและป่าไม้, คทช., การแก้ไขปัญหาการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, Big Data และโครงการไทยนิยมยั่งยืน (พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา,2561)

การพัฒนาอาชีพการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช อันเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ ซึ่งเกษตรกรที่อาศัยมีวิถีชีวิตในการประกอบอาชีพทำการเกษตรเชิงเดี่ยว การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การทำไร่หมุนเวียน เนื่องจากขาดแคลนน้ำใช้ในการทำการเกษตร อาศัยน้ำฝนในการทำการเกษตร มีการใช้สารเคมีสูง มีการขยายพื้นที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ก่อเกิดการบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำลำธารเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเกิดความขัดแย้งระหว่างชุมชนและเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาถึงกระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแดง และในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนสืบต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการทำงานแบบบูรณาการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ดำเนินกิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการหรือการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมระหว่างนักวิจัยกับชุมชน และกิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการหรือการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนกับหน่วยงานต่างๆ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และนักวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ศึกษาในพื้นที่บ้านห้วยเป้า หมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยเลือกศึกษาในพื้นที่บ้านห้วยเป้า เนื่องจากพื้นที่ทำกินส่วนใหญ่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแดง และเขตป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว เป็นพื้นที่สูงประมาณ 500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญ คือ แม่น้ำปิง ลำน้ำซุ้ม น้ำห้วยเป้า ชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยพื้นที่การเกษตรจะตั้งอยู่ทั้งบนที่ดอน และพื้นที่ราบ ซึ่งปัญหาที่พบส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาในเรื่องน้ำที่ใช้สำหรับการเกษตร ซึ่งเกษตรกรที่มีพื้นที่การเกษตรบนพื้นที่ดอนมักประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำ ทำให้มีการขยายพื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มขึ้นเข้าไปในเขตป่า และปัญหาความขัดแย้งการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างหน่วยงานรัฐที่ต้องการรักษาทรัพยากรที่ดินและป่าไม้กับชุมชนเกษตรกรบนพื้นที่สูงที่ต้องยังชีพด้วยการใช้ที่ดินเพื่อการทำการเกษตรกรรมเป็นหลัก

2. ขอบเขตด้านประชากร

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ กลุ่มคณะกรรมการหมู่บ้านแบบเป็นทางการ ผู้นำชุมชนแบบไม่เป็นทางการจำนวน 12 คน และกลุ่มเกษตรกรผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการพัฒนาด้านอาชีพและสิ่งแวดล้อม บ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 32 คน และเจ้าหน้าที่หน่วยงานตามคำสั่งคณะทำงานระดับอำเภอเชียงดาว โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 33 หน่วยงาน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงมีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เทคนิคและเครื่องมือ ดังนี้

3.1 การสังเกต โดยผู้วิจัยได้ใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non- Participant Observation) ซึ่งการสังเกตนี้บุคคลเป้าหมายจะไม่ทราบว่าถูกสังเกตอยู่ โดยที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรม การแสดงความคิดเห็น การแสดงออก ซึ่งได้มีการบันทึกกระบวนการไปพร้อมๆกัน ซึ่งเป็นการค้นหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลไปในตัว

3.2 การสนทนากลุ่ม การจัดประชุมกลุ่มย่อยโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน และหน่วยงานบูรณาการร่วม ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในประเด็นต่างๆในการพัฒนาการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์ สู่การวางแผนแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ และปัญหาอุปสรรค ที่นำมาวิจัย และวางแผนการดำเนินงานต่างๆให้เป็นไปตามห่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 การวาดแผนที่ เพื่อวางแผนการพัฒนาการเกษตรเชิงอนุรักษ์ร่วมกับนักวิจัย ชุมชน และหน่วยงานบูรณาการ ลงในแผนที่ภาพถ่ายอากาศปี 2545 ขนาด A0 เพื่อวางแผนแนวทางการพัฒนาให้เห็นภาพที่ชัดเจนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระดับบุคคล เป็นกิจกรรมที่ไม่เป็นทางการที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในเวลาและทุกโอกาส โดยมีเทคนิคคล้ายการสนทนากลุ่มแต่มีความเฉพาะเจาะจงในระดับบุคคลมากกว่า เพื่อใช้ในการประเมินสถานการณ์ความเป็นจริง ณ ขณะนั้นและต้องการข้อมูลเชิงลึกในประเด็นต่างๆ

3.5 เครื่องมือ GPS (Global Positioning System) คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งทำงานร่วมกับดาวเทียมที่บ่งบอกถึงตำแหน่ง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยผู้วิจัยได้นำเอาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์ มาแยกแยะ โดยการจัดหมวดหมู่ข้อมูล การสนทนากลุ่ม การวาดแผนที่ จัดกระบวนการ การจัดหมวดหมู่และจำแนก ชนิดของข้อมูล วิเคราะห์และจัดทำข้อมูลในประเด็นต่างๆและจัดทำข้อสรุปในประเด็นต่างๆ เพื่อนำข้อมูลในการพัฒนาการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ สามารถนำมาอธิบายขั้นตอนกระบวนการการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการทำงานเชิงบูรณาการและจัดทำข้อสรุปในประเด็นต่างๆ เพื่อมาเชื่อมโยงกับแนวความคิดและงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษากระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้จากการดำเนินการศึกษาข้อมูลชุมชน การสังเกต การสนทนากลุ่ม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระดับบุคคล การวาดแผนที่ และเครื่องมือ GPS (Global Positioning System) และการมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติการอย่างบูรณาการ จึงสามารถสรุปกระบวนการได้ 6 ขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยได้แก่ 1) การชี้แจงสร้างความเข้าใจในการจัดทำขอบเขตที่รายแปลง ให้ชุมชนมีความเข้าใจถึงกระบวนการเก็บข้อมูล การนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านการวางแผนงานตามความต้องการในแผนชุมชน ได้แก่ ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ด้านอาชีพเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม และเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาให้เป็นไปตามหลักวิชาการตามร่างแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และป้องกันการบุกรุกขยายพื้นที่ 2) การสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า โดยการใช้เครื่องมือ GPS (Global Positioning System) โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยให้เกษตรกรเดินรอบแปลงที่ทำกินของตัวเอง และบันทึกข้อมูลการใช้ประโยชน์พื้นที่ทำกิน ณ แปลงนั้นๆ 3) การสรุปผลการสำรวจข้อมูลรายแปลง เมื่อเสร็จสิ้นการเดินสำรวจข้อมูลที่ได้มาคืนให้กับชุมชน เพื่อตรวจเช็คความถูกต้อง และสรุปข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของบ้านห้วยเป้าให้ทางชุมชนทราบถึงขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละแปลงต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการชุมชน

ภาพ1 แผนที่แสดงขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า ซ้อนทับกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี ปี พ.ศ. 2545

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดพื้นที่ Zoning การตั้งคณะกรรมการและกฎระเบียบของชุมชนด้านสิ่งแวดล้อม โดยชุมชนบ้านห้วยเป้าร่วมกับเจ้าหน้าที่ป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติผาแดง ได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่ทำกิน พื้นที่ป่าชุมชน พื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีการจัดตั้งกฎระเบียบชุมชนในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อป้องกันการบุกรุกทำลายป่า โดยมีคณะกรรมการหมู่บ้าน/กฎระเบียบของชุมชนบ้านห้วยเป้า

ภาพ 2 แผนที่แสดงการกำหนดพื้นที่ Zoning ซ้อนทับกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี ปี พ.ศ. 2545 มาตราส่วน 1:30,000

ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำแผนชุมชนบ้านห้วยเป้า โดยกิจกรรมนี้ชุมชนได้ดำเนินการเพื่อให้ชุมชนเสนอความคิดเห็นถึงปัญหาของชุมชนและจัดทำแผนชุมชนขึ้นมา ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาชุมชนของตนเองให้เป็นไปตามที่ต้องการ และสามารถแก้ปัญหาที่ชุมชนเผชิญอยู่ร่วมกัน โดยคนในชุมชนมีส่วนร่วมคิด ร่วมกำหนดแนวทาง โดยยึดหลักการพึ่งตนเอง ลดการพึ่งพิงภายนอก โดยคำนึงถึงศักยภาพ ทรัพยากร ภูมิปัญญา วิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น เช่นการพัฒนาในด้านโครงสร้างพื้นฐาน : ระบบน้ำเพื่อการเกษตร , ด้านเศรษฐกิจ : การปรับเปลี่ยนการปลูกพืชทางเลือก ที่ใช้พื้นที่น้อย และก่อเกิดรายได้ รายวัน รายเดือน และรายปี และด้านสิ่งแวดล้อม : การสร้างฝายชะลอน้ำ การทำแนวกันไฟ การปลูกป่า และการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในพื้นที่การเกษตร เป็นต้น และผู้นำชุมชนร่วมลงข้อมูลตามความต้องการต่างๆโดยวาดลงในแผนที่

ภาพ 3 การจัดทำแผนชุมชนบ้านห้วยเป้า อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนที่ 4 การประชุมคณะทำงานระดับอำเภอ/ระดับจังหวัด ตามคำสั่งคณะทำงานโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า

4.1 การประชุมคณะทำงานระดับอำเภอ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า โดยมีนายอำเภอเชียงดาวเป็นประธานคณะทำงาน และหน่วยงานร่วมคณะทำงานในพื้นที่ ซึ่งมีโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้าเป็นฝ่ายเลขานุการ เป็นเวทีการแลกเปลี่ยนที่ชุมชนสามารถเขามามีส่วนร่วมในการเสนอแนะถึงปัญหาต่างๆในชุมชน ให้หน่วยงานต่างต่างๆได้รับทราบสู่การวางแผนการปฏิบัติกรพัฒนาได้ตรงจุดหมาย โดยผู้นำชุมชนบ้านห้วยเป้าได้เสนอแนะถึงปัญหากรณีในการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐาน (ระบบน้ำเพื่อการเกษตร) สู่การพัฒนาด้านเศรษฐกิจทางการเกษตรที่ยังติดขัดต่อการรับการสนับสนุนเนื่องจากพื้นที่ต้นน้ำอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแดง และพื้นที่ทำกินอยู่ในเขตป่าสงวนเชียงดาว ทำให้หน่วยงานที่จะให้การสนับสนุนไม่สามารถสนับสนุนงบประมาณได้ จึงขอข้อเสนอแนะและแนวทางออกสู่การพัฒนาชุมชนบ้านห้วยเป้าจากการประชุมคณะทำงาน

4.2 การประชุมคณะทำงานระดับจังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีผู้ว่าราชการจังหวัดเชียงใหม่เป็นประธานคณะทำงาน และหน่วยงานคณะทำงานในจังหวัดเชียงใหม่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เป็นเลขานุการ เจ้าหน้าที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้าฝ่ายเลขานุการ คณะทำงานระดับอำเภอเชียงดาว ได้นำเสนอข้อมูลถึงปัญหาในการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐาน (ระบบน้ำเพื่อการเกษตร) กรณีศึกษา การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรบ้านห้วยเป้า สู่การพัฒนาด้านเศรษฐกิจการเกษตรเชิงอนุรักษ์ การเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งยังติดขัดเรื่องของการเข้าดำเนินงานในพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติ มติในที่ประชุมจึงให้มีการจัดทำโครงการร่วมแบบบูรณาการในพื้นที่ โดยให้กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช เป็นหัวหน้าโครงการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ร่วมดำเนินโครงการ เป็นรายกรณีแต่ละโครงการทั้งนี้ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนที่ 5 การจัดทำโครงการร่วมแบบบูรณาการในบ้านห้วยเป้า มีการจัดประชุมแผนปฏิบัติของแต่ละหน่วยงานที่มีแผนสนับสนุนงานในพื้นที่บ้านห้วยเป้า สู่การจัดทำโครงการร่วมกรณีโครงการฝายต้นน้ำ และระบบน้ำประปาภูเขาหมู่บ้านห้วยเป้าในพื้นที่อุทยานแห่งชาติผาแดงภายใต้ขอบเขต โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า โดยกระบวนการมีส่วนร่วม ซึ่งผู้รับผิดชอบดำเนินการดังนี้

(1) นายเติง ขันหลง ผู้นำชุมชนบ้านห้วยเป้า : เป็นผู้เสนอโครงการ

(2) นายศรัญวิทย์ ทอดเสียง หัวหน้าอุทยานแห่งชาติผาแดง : เป็นหัวหน้าโครงการ

(3) นายเจนศักดิ์ ลิมปิติ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานเชียงใหม่ : เป็นผู้สนับสนุนงบประมาณ

(4) นายยุทธชัย ทีปการพงษ์ : หัวหน้าโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า : เป็นผู้ประสานงาน

ขั้นตอนที่ 6 การส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ชุมชนบ้านห้วยเป้าร่วมกับหน่วยงานร่วมบูรณาการได้นำร่องพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากโครงการฝายต้นน้ำ และระบบน้ำประปาภูเขาหมู่บ้านห้วยเป้า และส่งเสริมด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ชุนชนได้มีกฎระเบียบในการบริหารจัดการน้ำให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนดังนี้

1. โครงการชลประทานเชียงใหม่สำนักชลประทานที่ 1 : จัดทำระบบน้ำชลประทาน ระบบน้ำประปาภูเขาเพื่อการเกษตร พื้นที่ได้รับประโยชน์ในการเกษตร 1,700 ไร่

2. กรมพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ : ดำเนินการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกหญ้าแฝก เพื่อการป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน จำนวน 500 ไร่ และสนับสนุนการทำปุ๋ยหมัก น้ำหมักชีวภาพ ฯลฯ เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี

3.โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า : ได้ดำเนินการส่งเสริมและพัฒนาด้านเศรษฐกิจให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ศาสตร์พระราชา ใช้ความรู้หลักจากโครงการหลวง การวางแผนด้านการตลาด การนำเทคโนโลยีด้านการผลิตและงานวิจัยและความรู้ต่างๆ และดำเนินการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กมีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จำนวน 200 ไร่ ได้มีการส่งเสริม การปลูกไม้ผลยืนต้นระบบวนเกษตร ปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย ได้แก่ พืชผัก ไม้ผล (มะม่วง เสาวรส) พืชไร่ที่เหมาะสม (ถั่วนิ้วนางแดง ถั่วดำ งาขี้ม้อน) และไม้ใช้สอย ตลอดจนการลดใช้สารเคมี และควบคุมการผลิตพืชให้ตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม(GAP) ในพื้นที่การเกษตร

4. อุทยานแห่งชาติผาแดง และป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว : สนับสนุนกิจกรรมการปลูกป่าต้นน้ำ การปลูกป่าแนวกันชนในพื้นที่ทำกินที่ติดกับแนวเขตพื้นที่ป่า ทำฝายชะลอน้ำในแหล่งต้นน้ำ การทำแนวกันไฟ และการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านห้วยเป้า

5. ชุมชนบ้านห้วยเป้า ดำเนินการดูแลรักษาป่า ไม่มีการบุกรุกพื้นที่ทำกินเพิ่มขึ้น ดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยการแบ่งเวรการใช้น้ำ และจัดเวรการสำรวจระบบน้ำจากต้นน้ำถึงแปลงการเกษตร มีการปรับเปลี่ยนระบบการปลูกพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

6. สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงดาว : ถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่องการปลูกมะม่วงและการพัฒนาคุณภาพของผลผลิตมะม่วง ให้ตรงกับความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศเพื่อการส่งออก

ภาพ 4 การส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ มาตราส่วน 1:30,000

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการทำงานแบบบูรณาการ

แนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการทำงานเชิงบูรณาการ จากการวิจัยพบว่าแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่จะต้องนำมาใช้ในการวางแผนและพัฒนา ประกอบด้วย 4 ข้อ ดังนี้

1 การพัฒนาบนฐานข้อมูล ต้องมีฐานข้อมูลที่ดีเป็นเครื่องมือในการวางแผนพัฒนาให้เหมาะสมตรงตามเป้าหมาย ต้องเริ่มจากการศึกษาภูมิสังคมของชุมชน ได้แก่ ประวัติความเป็นมาของชุมชน สภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของชุมชน เพื่อให้ได้ข้อมูลของสถานการณ์ ปัญหา ความต้องการ หรือโอกาสในการพัฒนาที่แท้จริงของชุมชน ภายใต้การมีส่วนร่วมและการบูรณาการข้อมูลของทุกส่วน ได้แก่ ผู้นำชุมชน องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น นักวิชาการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการนำข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลสารสนเทศมาใช้ประโยชน์ เช่น ข้อมูลพื้นฐานของชุมชน แผนชุมชน ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลง แผนการใช้ที่ดิน ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลน้ำ (ต้นทุนน้ำและความต้องการใช้น้ำ) องค์ความรู้ เทคโนโลยี และงานวิจัยต่างๆ เป็นต้น

2 การพัฒนาอย่างมีส่วนร่วม กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน และหน่วยงานทุกภาคส่วนในการพัฒนาเชิงพื้นที่อย่างสมดุลในทุกมิติ บนพื้นฐานของฐานข้อมูล และการบูรณาการต่างๆ ตั้งแต่การเริ่มคิด วิเคราะห์ปัญหาของชุมชน วางแผน และลงมือปฏิบัติในพื้นที่ เพื่อให้การพัฒนาเป็นไป

อย่างถูกต้องเหมาะสมตามภูมิสังคม ตรงตามปัญหา และความต้องการของชุมชน โดยเน้นให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเป็นหลัก มีความเข้มแข็ง และสามารถที่จะพึ่งพาตนเองได้

3 การพัฒนาอย่างบูรณาการ หน่วยงานร่วมบูรณาการทั้งในระดับส่วนกลาง ระดับจังหวัด และระดับพื้นที่ ครอบคลุมการพัฒนาชุมชนในทุกด้าน เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนการพัฒนาและกระบวนการมีส่วนร่วมของหน่วยงานต่างๆ ที่เข้าร่วมปฏิบัติงานในพื้นที่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของแผนงาน โดยการประสานความร่วมมือกับผู้นำชุมชน ผู้แทนกลุ่มต่างๆ ในชุมชนและหน่วยงานทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงาน ตามแผนงานของหน่วยงาน รวมทั้งการให้คำปรึกษาแนะนำ การรวบรวมองค์ความรู้ เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนปฏิบัติการที่ได้กำหนดไว้ โดยการดำเนินงานได้ร่วมบูรณาการเพื่อให้เกิดการพัฒนาเชิงพื้นที่ จัดทำแผนปฏิบัติการตามที่แต่ละหน่วยงานรับผิดชอบ ผ่านการประสานงาน การลงพื้นที่ การประชุมในระดับต่างๆ และร่วมดำเนินงานในพื้นที่เป้าหมายโดยไม่ซ้ำซ้อนกัน

4 การพัฒนาอย่างครบวงจร มีการดำเนินงานอย่างครบวงจร ตั้งแต่การวิจัย การพัฒนาอาชีพภายใต้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ การกำหนดขอบเขตวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การปลูกป่าในพื้นที่ส่วนที่ควรเป็นป่า การพัฒนาปัจจัยพื้นฐาน การจัดการด้านการตลาด การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การพัฒนาชุมชนให้เข้มแข็ง เพื่อให้ชุมชนช่วยเหลือตนเอง เกิดการการพัฒนาสังคมและชุมชน ตลอดจนมีการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้คงความสมบูรณ์ อันนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำลำธารต่อไป

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานเชิงบูรณาการ

1. พื้นที่ชุมชนบ้านห้วยเป้าอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ และอุทยานแห่งชาติ ที่มีกฎหมายเข้มงวดในการจะทำการหรือกิจกรรมใดๆ ในพื้นที่อันจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีข้อจำกัดในการส่งเสริมเพื่อพัฒนาชุมชน โดยเฉพาะการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การพัฒนาแหล่งน้ำ ถนน เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานในการประสานงาน สำรวจ ประเมิน และวิเคราะห์ความเหมาะสมในการทำกิจกรรมในพื้นที่ มิให้มีผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สู่การจัดทำโครงการร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่สนับสนุนงบประมาณ กับกรมป่าไม้และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

2. ปัจจุบันยังไม่สามารถขยายการพัฒนา ให้กับชุมชนกระจายอย่างทั่วถึงและครอบคลุมทั้งหมู่บ้าน เนื่องจาก ข้อจำกัดด้านงบประมาณ พื้นที่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ และอุทยานแห่งชาติ ความต้องการที่หลากหลายของเกษตรกร และการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งต้องสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน และหน่วยงานบูรณาการในการวางแผน ตั้งงบประมาณ และร่วมดำเนินการในพื้นที่อย่างเป็นระบบครบวงจรให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ต่อไป

3. ชุมชนยังมีปัญหาในด้านแหล่งน้ำใช้เพื่อการเกษตร โดยพื้นที่ต้นน้ำยังขาดแคลนน้ำต้นทุน ลำห้วยที่ชุมชนใช้ประโยชน์หยุดไหลในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ไม่มีน้ำไหลเข้าสู่แท็งก์/ ถังพักน้ำที่กรมชลประทานและสถาบันได้พัฒนาไว้ และการกระจายน้ำยังไม่ทั่วถึงครอบคลุมทั้งชุมชน ซึ่งควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร อย่างต่อเนื่อง เช่น การปลูกป่า สร้างฝายชะลอน้ำ ป้องกันไฟป่า เป็นต้น ยังขาดการวางแผนการพัฒนาแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ สมดุลระหว่าง demand และ supply

4. ในพื้นที่ทำกินชุมชนบ้านห้วยเป้า มีนายทุนซื้อที่ดินของชุมชนเป็นจำนวนมาก ซึ่งบางส่วนให้ชาวบ้านเช่าพื้นที่ทำการเกษตร และมีการใช้สารเคมีจำนวนมาก ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดินและแหล่งน้ำ โดยกลุ่มชุมชนทำการบริหารจัดการและควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินของนายทุนค่อนข้างที่จะทำได้ลำบาก

การสรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษากระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการทำงานแบบบูรณาการ จากผลการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปและอภิปรายผลดังต่อไปนี้

โดยการดำเนินการศึกษาข้อมูลชุมชน การสังเกต การสนทนากลุ่ม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระดับบุคคล การวาดแผนที่ และเครื่องมือ GPS (Global Positioning System) และการมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติการอย่างบูรณาการ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีกระบวนการได้ 6 ขั้นตอนหลัก

ภาพ 5 กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

จากการวิจัยพบว่าแนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่จะต้องนำมาใช้ในการวางแผนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความยั่งยืน ประกอบด้วย 4 ข้อ ดังนี้

ภาพ 6 แนวทางการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานแบบบูรณาการการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ดังนี้

ภาพ 7 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานแบบบูรณาการการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

การอภิปรายผล

กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ บ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาวจังหวัดเชียงใหม่ จากปัญหาพื้นที่การขับเคลื่อนการพัฒนาการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ ที่อยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติผาแดง และเขตป่าสงวนแห่งชาตินั้น สู่การศึกษาและจากเก็บข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์ มาแยกแยะ โดยการจัดหมวดหมู่ของข้อมูล การสนทนากลุ่ม การวาดแผนที่ การจัดกระบวนการ การวิเคราะห์และจัดทำข้อมูลในแต่ละประเด็นและสรุปในประเด็นต่างๆ พบว่า กระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ มี 6 ขั้นตอน คือ 1. การสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า 2. การกำหนดพื้นที่ Zoning และกฎระเบียบของชุมชนด้านสิ่งแวดล้อมโดยชุมชนบ้านห้วยเป้า 3. การจัดทำแผนชุมชนบ้านห้วยเป้า 4.การประชุมคณะทำงานระดับอำเภอเชียงดาว/ การประชุมคณะทำงานระดับจังหวัดเชียงใหม่ 5.การจัดทำโครงการร่วมแบบบูรณาการในบ้านห้วยเป้า 6. การส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า และอภิปรายผลดังต่อไปนี้

จากการรวบรวมการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้าได้มีการชี้แจงสร้างความเข้าใจในการจัดทำขอบเขตที่รายแปลง ให้ชุมชนมีความเข้าใจถึงกระบวนการเก็บข้อมูล การนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ และดำเนินการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายแปลงของเกษตรกรบ้านห้วยเป้าทุกครัวเรือน โดยการใช้เครื่องมือ GPS (Global Positioning System) โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน สู่การสรุปผลการสำรวจข้อมูลรายแปลง เมื่อเสร็จสิ้นการเดินสำรวจข้อมูลที่ได้มาคืนให้กับชุมชน เพื่อตรวจเช็คความถูกต้อง และสรุปข้อมูลการใช้

ประโยชน์ที่ดินของบ้านห้วยเป้าให้ทางชุมชนทราบถึงขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละแปลง ต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ (องค์การบริหารส่วนตำบลโหล่งขอด , 2560) ได้ดำเนินโครงการโหล่งขอดโมเดลเชื่อมโยงยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามแผนปฏิบัติการศรีลานนา ได้มีการสำรวจข้อมูล และจัดทำข้อมูลพื้นที่ โดยจัดประชุมชี้แจงและประชาคมหมู่บ้านเกี่ยวกับปัญหาการบุกรุกพื้นที่และการตัดไม้ทำลายป่าในเขตอุทยานแห่งชาติศรีลานนา เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับที่ทำกินอยู่ในเขตป่า ให้ประชาชนเกิดความเข้าใจและยินยอมให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ในการแก้ไขปัญหามิให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพิ่ม และสำรวจข้อมูลและจัดทำทะเบียนเป็นรายแปลง

หลังจากที่ดำเนินการสำรวจข้อมูลเสร็จสิ้นก็ดำเนินการกำหนดพื้นที่ Zoning โดยชุมชนบ้านห้วยเป้าร่วมกับเจ้าหน้าที่ป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติผาแดง ได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่ทำกิน พื้นที่ป่าชุมชน พื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซ้อนทับกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งสอดคล้องกับ (กลุ่มอนุรักษ์ป่าไม้บ้านแพะ,2553) ได้นำแผนที่และข้อมูลพิกัด GPS มาเป็นองค์ความรู้ชุมชนกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ของชุมชนคนบ้านแพะ โดยมีการกำหนดแผนที่และพิกัดเขต สภาพภูมิพื้นที่ แผนที่ที่อยู่อาศัย เขตการปกครอง ป่าชุมชน เขตป่าใช้สอย เขตป่าอนุรักษ์ เขตที่สาธารณะ เขตสถานที่สำคัญของชุมชน

การจัดทำแผนชุมชนบ้านห้วยเป้า ทำให้ทราบถึงความต้องการในการพัฒนาของชุมชนในแต่ละด้าน ได้แก่ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม โดยระบุปัญหาความต้องการ และสิ่งที่เป็นความจำเป็นเร่งด่วนของชุมชน ทั้งสิ่งที่ชุมชนดำเนินการเองได้ในชุมชนและสิ่งที่ชุมชนดำเนินการเองไม่ได้ ที่จะเป็นจะต้องขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ และชุมชนได้วางแผนการพัฒนาตามความต้องการวาดลงในแผนที่ ซึ่งสอดคล้องกับศาสตร์พระราชา “หนทางสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งศตวรรษที่ 21 สู่แนวทางการพัฒนาตามศาสตร์พระราชาในพื้นที่พัฒนาดอยตุง จังหวัดเชียงราย” ในการพัฒนาที่มุ่งสร้างความสมดุลทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรม โดยเริ่มจากการระบุปัญหา ความต้องการ และสิ่งที่เป็นความจำเป็นเร่งด่วน และร่วมกันออกแบบโครงการ วิธีการดำเนินงาน และการประเมินผล กระตุ้นให้ชาวบ้านในพื้นที่รู้จักคิดและลงมือทำเอง เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในท้องถิ่นให้สามารถขับเคลื่อนกระบวนการพัฒนาได้ด้วยตัวเอง

การจัดทำโครงการร่วมแบบบูรณาการในบ้านห้วยเป้า มีการจัดประชุมแผนปฏิบัติของแต่ละหน่วยงานที่มีแผนสนับสนุนงานในพื้นที่บ้านห้วยเป้า สู่การจัดทำโครงการร่วมในการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาได้นำร่องพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากโครงการฝายต้นน้ำ *กรณีโครงการฝายต้นน้ำ และระบบน้ำประปาภูเขา*หมู่บ้านห้วยเป้า ชุนชนได้มีกฎระเบียบในการบริหารจัดการน้ำให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน 6

หน่วยงาน ได้แก่ 1) โครงการชลประทานเชียงใหม่สำนักชลประทานที่ 1 2)กรมพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ 3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า 4) อุทยานแห่งชาติผาแดง และป่าสงวนแห่งชาติเชียงดาว 5) ชุมชนบ้านห้วยเป้า 6) สำนักงานเกษตรอำเภอเชียงดาว ซึ่งเป็นไปตามหลักศาสตร์พระราชา" หนทางสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งศตวรรษที่ 21 สู่แนวทางการพัฒนาตามศาสตร์พระราชาในพื้นที่พัฒนาดอยตุงจังหวัดเชียงราย" ว่าเป็นหนทางที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนได้ โดยหลักการสำคัญคือ "การพัฒนาแบบองค์รวมและการบูรณาการ" การทำงานในพื้นที่ดอยตุง เป็นความร่วมมือกันระหว่างหน่วยราชการกว่า 35 หน่วยงานภาคเอกชนและองค์กรท้องถิ่นโดยงานพัฒนาครอบคลุมตั้งแต่การสร้างความมั่นคงทางอาหารและน้ำ ไปจนถึงการพัฒนาโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน การชลประทาน ถนนและไฟฟ้า เพื่อปูทางไปสู่โครงการพัฒนาในระยะยาว นอกจากนั้นยังได้ให้ความสำคัญกับเรื่องของการพัฒนาคน สุขภาวะ การดำรงชีวิต และการศึกษาอย่างมีบูรณาการและเป็นองค์รวม เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาที่รอบด้านและยั่งยืน และยังสอดคล้องกับ (มูลนิธิโครงการหลวง,2549) แนวทางในการดำเนินงานของโครงการหลวงงานสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ที่ทรงมีพระราชประสงค์ที่จะช่วยชาวเขาให้ช่วยตนเองในการปลูกพืชที่มีประโยชน์และมีชีวิตเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ตลอดจนมีการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้คงความสมบูรณ์ อันนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของพื้นที่และความร่วมมือกับภาครัฐ องค์กรท้องถิ่นและประชาชนในพื้นที่ โดยสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาที่สอดคล้องเป็นกันเองของภาครัฐ องค์กรท้องถิ่นและประชาชน ให้ทุกฝ่ายร่วมมือกันได้ดี และไม่ซ้ำซ้อนกัน

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยใครนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีบริบท และมีความสูงประมาณ 500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และอาศัยอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และเขตป่าสงวนแห่งชาติ ในการพัฒนาการเกษตรเชิงอนุรักษ์ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและ โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ ได้ และในการวิจัยในครั้งต่อไป

จากการวิจัยกระบวนการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ นั้น เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการพัฒนา ควรทำการศึกษาวิจัยต่อยอดผลการดำเนินงานแบบบูรณาการนี้ 1) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการ 2) เพื่อศึกษาการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชนอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ ประธานกรรมการที่ปรึกษาการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล อาจารย์ ดร. จิรวรรณ กิจชัยเจริญ กรรมการที่ปรึกษาการวิจัย ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการทำวิจัยตลอดจนตรวจทานและแก้ไขจนทำให้การวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และขอขอบคุณผู้นำชุมชนบ้านห้วยเป้าทุกคน และนายศรัญวิทย์ ทอดเสียง หัวหน้าอุทยานแห่งชาติผาแดง และนายรังสิต พูลศรี เจ้าพนักงานป่าไม้ชำนาญงาน สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 1 (เชียงใหม่) ที่ให้ข้อเสนอแนะถึงแนวทางในการทำวิจัย และมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอถึงการทำงานอย่างบูรณาการในเขตอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และในเขตป่าสงวนแห่งชาติจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงที่ทำให้การวิจัยในครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มอนุรักษ์ป่าไม้บ้านแพะ.2553 .แผนที่องค์ความรู้ชุมชนกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เปิดตำนานชุมชนคนบ้านแพะ,2553 (ฉบับที่ 1),เลขหน้า 25

พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี.(2561) ,ศาสตร์พระราชา สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน วันศุกร์ที่ 29 กันยายน 2560. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.thaigov.go.th /news/contents/details/7076. (5 เมษายน 2561)

ม.ร.ว.ดิศนัดดา ดิศกุล,(2558). “ศาสตร์พระราชา” หนทางสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งศตวรรษที่ 21” 10สิงหาคม 2558 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.bangkokbiznews.com/ recommended/detail/60

มูลนิธิโครงการหลวง, (2549). แผนแม่บทศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2550 – 2554)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).(2559).แผนแม่บทโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงระยะ 5 ปี (พ.ศ.2560-2564) : วนิดาการพิมพ์

สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้. (2560). “เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2516 – 2557”. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://forestinfo.forest.go.th/55/Content.aspx?id=72 . (14 ธันวาคม 2558)

องค์การบริหารส่วนตำบลโหล่งขอด.(2560).โหล่งขอดโมเดลเชื่อมโยงยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามแผนปฏิบัติการศรีลานนา ที่ 1/56.

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

A Study of Internal Control System Efficiency of Loei Rajabhat University's Equipments and Supplies

ชินเชิง แก้วก่า (Chinchoeng Kaewka)
สาขาวิชาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อีเมล์ : nin166m3@hotmail.com

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีการจัดซื้อจัดจ้างพัสดุจำนวนมาก ถึงแม้ว่าการบริหารด้านพัสดุจะเป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบของทางราชการ แต่ยังไม่สามารถมั่นใจว่าระบบการควบคุมภายในนั้น มีความเหมาะสม เกิดประสิทธิผลเพียงใด อีกทั้งระเบียบคณะกรรมการการตรวจเงินแผ่นดินกำหนดว่าควรมีระบบการควบคุมภายในที่เหมาะสมและทันสมัย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุ เพื่อประเมินถึงประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในที่มีดังกล่าว

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษานโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุ รวมถึงประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการศึกษาพบว่า

1) นโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ได้ดำเนินการตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม รวมถึงพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ซึ่งยึดหลักการคุ้มค่า โปร่งใส มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตรวจสอบได้

2) การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการจัดหาพัสดุ รองลงมาคือ ด้านการตรวจรับพัสดุ ด้านนโยบายในการบริหารพัสดุ และด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ ตามลำดับ ด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านการจำหน่ายพัสดุ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การควบคุมภายใน พัสดุ

Abstract

Loei Rajabhat University has done a lot of supply procurement. Although the supply management was operated under the official law; there was uncertainty regarding the efficiency of the internal control system. In addition, the State Audit Office committee regulated that the internal control system must be appropriately functional and up to date. Consequently, it needs to conduct a study on the internal control system to evaluate the efficiency of the system.

This research study was aimed to study the policy and procurement procedures including the efficiency of the internal control system of supplies management section in Loei Rajabhat University. The research instruments were an interview and a questionnaire; and the statistics used for data analysis were percentage, mean and standard deviation which were presented through descriptive analysis process. The results of the research study were as follows.

1) The policy and supplies procurement process of Loei Rajabhat University was performed in accordance with the procurement and supplies management Act, B.E.2535 and amendment, including the procurement and supplies management Act, B.E. 2560 based on the principles of value, transparency, efficiency and accountability.

2) The efficiency of the internal control system of Loei Rajabhat University supply section was averagely high. Averagely, each of all aspects was scored at high level. The aspect of supplies provision was scored the highest, following by aspect of supplies inspection, the aspect of supplies management policy and the aspect of material control and supplies storing management respectively. On the other hand, supplies distribution was scored the lowest.

Keywords: efficiency, internal control, Equipments and Supplies

บทนำ

ส่วนหนึ่งของความสำเร็จในทุกหน่วยงาน ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจประเภทใด มีขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ทั้งในภาครัฐและเอกชน ก็คือ การมีการควบคุมภายในที่ดีภายในหน่วยงาน เพราะหากหน่วยงานมีควบคุมภายในที่ดี จะสามารถช่วยสนับสนุนให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ของหน่วยงานที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังเป็นการป้องกัน หรือลดความเสี่ยง

อันจะเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงาน ซึ่งกรมบัญชีกลาง (2547 : 8) กล่าวว่า การควบคุมภายในเป็นกลไกพื้นฐานที่สำคัญของกระบวนการกำกับดูแลการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในหน่วยงาน และเป็นเครื่องมือที่ช่วยป้องกัน รักษา และดูแลการใช้ทรัพยากรของหน่วยงานให้เป็นไปอย่างคุ้มค่า รวมทั้งช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกต้อง และเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานการณ์ปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน และพัฒนาหน่วยงานอย่างยั่งยืน หากหน่วยงานไม่มีการจัดการ หรือการกำกับดูแลที่ดี โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด หรืออุปสรรคในการดำเนินงานของหน่วยงาน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของความสิ้นเปลือง ความสูญเปล่าของการใช้ทรัพย์สิน หรือการกระทำอันเป็นการทุจริต ซึ่งเกิดจากการไม่มีระบบการควบคุมภายในที่เหมาะสม ดังนั้น หน่วยงานต่าง ๆ จึงควรจัดให้มีกระบวนการในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมขึ้นภายในหน่วยงาน ซึ่งก็หมายถึงการมีการควบคุมภายในที่ดีนั่นเอง เช่น การลดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อนหรือไม่จำเป็น มีมาตรการควบคุมดูแลรักษาทรัพย์สินเพื่อป้องกันการทุจริต มีการใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างประหยัดและคุ้มค่า เป็นต้น

จันทนา สาขากรและคณะ (2550 : 2-13) กล่าวว่า แนวคิดพื้นฐานของการควบคุมภายในเกี่ยวข้องกับเรื่อง ความรับผิดชอบของผู้บริหาร การจัดให้มีระบบการควบคุมภายในเป็นความรับผิดชอบของผู้บริหาร เพื่อช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เกิดความมั่นใจเท่าที่จะสามารถทำได้ การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างมีระเบียบและมีประสิทธิภาพ รวมถึงความมั่นใจอย่างสมเหตุสมผล ในการจัดให้มีการควบคุมภายในย่อมมีต้นทุนเกิดขึ้น เช่น การจ้างพนักงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้แบ่งแยกหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม หรือออกแบบระบบเอกสารและคู่มือปฏิบัติงาน ผู้บริหารควรมีความมั่นใจอย่างสมเหตุสมผลว่า ต้นทุนของการควบคุมภายในต้องไม่สูงกว่าประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จากการจัดให้มีระบบการควบคุมภายในนั้น ข้อจำกัดสืบเนื่องตามลักษณะของการควบคุมภายใน การควบคุมภายในถึงแม้จะออกแบบไว้อย่างดีก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถให้ข้อสรุปกับผู้บริหารว่า ระบบการควบคุมภายในได้บรรลุวัตถุประสงค์แล้ว เนื่องจากการควบคุมภายในมีข้อจำกัดสืบเนื่องภายในตัวเอง เช่น โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดจากบุคลากร เนื่องจากความไม่ระมัดระวัง พลั้งเผลอ การใช้ดุลยพินิจผิดพลาด หรือไม่เข้าใจคำสั่ง โอกาสที่จะเกิดการหลีกเลี่ยงขั้นตอนการควบคุมภายในโดยผู้บริหาร หรือโอกาสที่บุคคลซึ่งรับผิดชอบในการควบคุมภายในใช้อำนาจนั้นในทางที่ผิด เป็นต้น

อย่างไรก็ดี แม้ว่าหน่วยงานจะจัดให้มีระบบการควบคุมภายในขึ้นในหน่วยงานก็ตาม แต่ก็จำเป็นต้องมีการประเมินผลระบบการควบคุมภายใน ซึ่งระบบการควบคุมภายในก็หมายถึงนโยบายและวิธีการปฏิบัติงานที่หน่วยงานกำหนดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานนั่นเอง เพื่อทำให้ทราบว่านโยบายและวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกกำหนดขึ้นนั้น มีการนำไปปฏิบัติจริงมากน้อยเพียงใด เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพียงใด เนื่องจากการประเมินผลระบบการควบคุมภายในจะทำให้ผู้บริหารทราบว่าระบบงานต่าง ๆ ของหน่วยงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

เพียงใด รวมถึงการปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบ หรือข้อบังคับและ การปฏิบัติงานตามภาระหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ในหน่วยงาน อีกทั้ง ระบบการควบคุมภายในมีการเปลี่ยนแปลงหรือต้องพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ผู้บริหารจึงจำเป็นต้องมีการติดตามและประเมินเพื่อให้ทราบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบควบคุมภายในว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันเพียงใด (กรมบัญชีกลาง, 2545 : 21)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยได้รับงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างพัสดุต่าง ๆ ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ทำให้มีทรัพย์สินเป็นจำนวนมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องมีระบบการควบคุมดูแลทรัพย์สินหรือพัสดุเหล่านั้นในทุกขั้นตอน แม้ว่าการบริหารจัดการด้านพัสดุที่มีอยู่จะเป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับของทางราชการเนื่องจากเป็นหน่วยงานของรัฐ แต่ก็ยังไม่สามารถมั่นใจได้ว่าระบบการควบคุมภายในเกี่ยวกับพัสดุที่มีอยู่สามารถทำให้การจัดซื้อจัดหา การควบคุม การเก็บรักษา การแจกจ่ายและการจำหน่ายพัสดุ มีความเหมาะสมกับสภาพการณ์ในปัจจุบันหรือไม่ รวมทั้งกระบวนการดำเนินงานด้านพัสดุเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เกิดความคุ้มค่าเพียงใด และระบบการควบคุมภายในที่กำหนดขึ้นได้มีการนำไปปฏิบัติจริงหรือไม่ เพราะถ้าบุคลากรในองค์กรไม่นำไปปฏิบัติอย่างจริงจัง การควบคุมภายในที่วางไว้ก็จะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ ต่อองค์กรเลย อีกทั้งตามระเบียบคณะกรรมการการตรวจเงินแผ่นดินว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานการควบคุมภายใน พ.ศ. 2544 ยังกำหนดให้หน่วยงานของรัฐควรจัดให้มีระบบการควบคุมภายในที่เหมาะสมและมีการพัฒนาให้ระบบการควบคุมภายในดังกล่าวทันสมัยอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องมีการการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เพื่อประเมินถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการควบคุมภายในที่มีดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษานโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นบุคลากรของทุกหน่วยงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมทั้งหมดในทุกกระบวนการที่เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านพัสดุ จากจำนวน 10 หน่วยงานหลัก ซึ่งมีหน่วยงานย่อย 19 หน่วยงานได้แก่ ผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานหรือเกี่ยวข้องกับงานพัสดุ จำนวน 108 คน

กลุ่มตัวอย่าง การวิจัยในครั้งนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุ ซึ่งมีตำแหน่งเป็นผู้บริหารระดับต้น หรือระดับกลางของหน่วยงานต่าง ๆ ในสังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย หน่วยงานละ 1-2 คน รวมทั้งสิ้น 25 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย รวมถึงปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงาน ซึ่งมีตำแหน่งเป็นผู้ปฏิบัติงานหน้าที่ด้านพัสดุโดยตรง หรือเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านพัสดุของหน่วยงาน รวมทั้งสิ้น 57 คน ได้จากการสุ่มแบบอย่างง่าย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสัมภาษณ์นโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ลักษณะของแบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน ประสบการณ์ในการทำงานและบทบาทในการปฏิบัติงานด้านพัสดุ มีลักษณะของคำถามเป็นแบบให้เลือกตอบ (Check list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยประกอบด้วย 5 ด้าน คือ ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ ด้านการจัดหาพัสดุ ด้านการตรวจรับพัสดุ ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ และด้านการจำหน่ายพัสดุ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)5 ระดับโดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับมากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน ระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับมาก เท่ากับ 4 คะแนน ระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับน้อย เท่ากับ 2 คะแนน ระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับน้อยที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับนโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (Open – end) โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดอิสระที่จะแสดงข้อเสนอแนะ แบ่งออกเป็น 2 ข้อคำถาม คือ การปฏิบัติงานด้านพัสดุมหาวิทยาลัยราช

ภัฏเลยใช้นโยบาย กฎหมาย ระเบียบหรือข้อบังคับใดบ้าง และการปฏิบัติงานด้านพัสดุท่านมีปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานด้านใดบ้าง

3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 ส่วน คือ แบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม สำหรับแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นแบบไม่มีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ดังนั้น จะมีรายละเอียดการสร้างเครื่องมือเฉพาะในส่วนของแบบสอบถามและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่กำหนดไว้ในกรอบแนวคิดตามลักษณะตัวแปรที่จะศึกษา

3.2 นิยามศัพท์เฉพาะตัวแปรให้ครอบคลุมกรอบแนวคิดเพื่อสร้างแบบสอบถามฉบับร่าง

3.3 สร้างแบบสอบถามให้ครอบคลุมนิยามศัพท์เฉพาะตัวแปรที่กำหนดไว้ในกรอบแนวคิด

3.4 นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะ ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้วิจัยจะคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงถือว่าแบบสอบถาม/แบบสัมภาษณ์ข้อนั้นมีคุณภาพเที่ยงตรงและวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการวิจัย (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554 : 50)

3.5 พิจารณาความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถาม ที่ปรับปรุงแก้ไขจากความคิดเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญโดยการพิจารณาค่า IOC แล้วไปทดลองใช้ (Try out) โดยการนำแบบสอบถามดังกล่าวไปทอดแบบสอบถามกับผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานพัสดุที่ไม่ได้ตกเป็นหน่วยตัวอย่าง จำนวน 30 คน ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีความเชื่อมั่น 0.954

3.6 ได้แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยครอบคลุมทุกหน่วยงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยมีแหล่งข้อมูล ดังนี้

4.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) จากแบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานพัสดุ

4.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) โดยมีการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ งานวิจัยต่าง ๆ รวมทั้งกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการและนโยบายของหน่วยงาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของการเก็บรวบรวมข้อมูล และวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษานโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ข้อมูลที่จัดเก็บจากการสัมภาษณ์และการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ งานวิจัยต่าง ๆ รวมทั้งกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับของทางราชการและนโยบายของหน่วยงานนั้น ผู้วิจัยจะใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอข้อมูลเชิงพรรณนา อาจจะเป็นการเสนอผลอย่างกว้าง ๆ เช่น การบรรยายถึงลักษณะของนโยบายและวิธีการปฏิบัติงานในปัจจุบัน เหตุการณ์ต่าง ๆ ตามข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ส่วนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย หลังจากที่ได้รวบรวมแบบสอบถามทั้งหมดจากผู้ตอบแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว

1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำค่าเฉลี่ยมาแปลค่าตามเกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 103)

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2) วิเคราะห์นโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (Open – end) โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดอิสระที่จะแสดง

ข้อเสนอแนะ แบ่งออกเป็น 2 ข้อคำถาม คือ 1) ในการปฏิบัติงานด้านพัสดุมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยใช้นโยบาย กฎหมาย ระเบียบหรือข้อบังคับใดบ้าง 2) ในการปฏิบัติงานด้านพัสดุท่านมีปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานด้านใดบ้าง ผู้วิจัยจะใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอข้อมูลเชิงพรรณนา อาจจะเป็นการเสนอผลอย่างกว้าง ๆ เช่น การบรรยายถึงลักษณะของนโยบายและวิธีการปฏิบัติงานในปัจจุบัน

6 สถิติใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สถิติพรรณนาซึ่งจะบรรยายลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ได้แก่

6.1 วิเคราะห์คุณลักษณะทั่วไปของของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้ความถี่และร้อยละ

6.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์นโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายและวิธีปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลสรุปผลได้ดังนี้

1. นโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ในช่วงอดีตถึงต้นปี พ.ศ. 2560 (ก่อนวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2560) มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยดำเนินการตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม แต่เนื่องจากในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2560 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยจะต้องปรับเปลี่ยนนโยบายการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยมาใช้พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 และระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 การมอบอำนาจของอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ได้กำหนดวงเงินงบประมาณในการมอบอำนาจให้ผู้ดำรงตำแหน่งอื่นปฏิบัติราชการแทนได้ตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบการบริหารของมหาวิทยาลัย โดยมีวงเงินงบประมาณไม่เกิน 100,000 บาท กล่าวคือ รองอธิการบดี ผู้ช่วยอธิการบดี และคณบดี มีอำนาจในการอนุมัติวงเงินในการจัดซื้อจัดจ้างกรณีที่วงเงินในการจัดหาแต่ละครั้งไม่เกิน 100,000 บาท หลักการจัดหาพัสดุและขั้นตอนการจัดหาต้องสอดคล้องกับหลักการคุ้มค่า โปร่งใส มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และตรวจสอบได้

2. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยใน

ภาพรวมและรายด้าน ได้แก่ ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ ด้านการจัดหาพัสดุ ด้านการตรวจรับพัสดุ ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ และด้านการจำหน่ายพัสดุ โดยภาพรวมแล้วมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยในภาพรวม

ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	$\overline{X}$	$S.D$	แปลผล	อันดับที่
1. ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ	4.25	0.41	มาก	3
2. ด้านการจัดหาพัสดุ	4.36	0.44	มาก	1
3. ด้านการตรวจรับพัสดุ	4.34	0.47	มาก	2
4. ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ	4.20	0.60	มาก	4
5. ด้านการจำหน่ายพัสดุ	4.18	0.52	มาก	5
เฉลี่ยรวม	**4.27**	**0.42**	**มาก**	

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการจัดหาพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.38, S.D. = 0.44) รองลงมาคือ ด้านการตรวจรับพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.34, S.D. = 0.47) ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.41) และด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.60) ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านการจำหน่ายพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.18, S.D. = 0.42)

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

1.1 นโยบายการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยดำเนินการตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม และหนังสือเวียนที่เกี่ยวข้องระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติม

ถึงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2545 รวมถึง พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและ การบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 และระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและ การบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ที่มีผลบังคับใช้ในปี 2560 เป็นระเบียบที่วางหลักเกณฑ์การควบคุมขั้นตอนกระบวนการจัดหาพัสดุและบริการต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการให้ได้มาซึ่งพัสดุสำหรับใช้งานได้อย่างเพียงพอ คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพตามความต้องการของหน่วยงาน ตั้งแต่การสำรวจความต้องการใช้พัสดุ การรายงานขอเสนอซื้อจ้าง การอนุมัติให้จัดซื้อจัดจ้าง การทำสัญญา การตรวจรับพัสดุ ไปจนถึงขั้นตอนเพื่อเตรียมการเบิกจ่ายเงิน การลงทะเบียนและการควบคุมพัสดุ โดยอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยได้กำหนดวงเงินงบประมาณในการมอบอำนาจให้ผู้ดำรงตำแหน่งอื่นปฏิบัติราชการแทนได้ตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบการบริหารของมหาวิทยาลัย โดยมีวงเงินงบประมาณไม่เกิน 100,000 บาท กล่าวคือ รองอธิการบดี ผู้ช่วยอธิการบดี และคณบดี มีอำนาจในการอนุมัติวงเงินในการจัดซื้อจัดจ้างกรณีที่วงเงินในการจัดหาแต่ละครั้งไม่เกิน 100,000 บาท โดยหลักการจัดหาพัสดุและขั้นตอนการจัดหาส่วนราชการจะต้องดำเนินการจัดหาพัสดุให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 และระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและ การบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 สอดคล้องกับหลักการ ดังต่อไปนี้

(1) คุ้มค่า โดยพัสดุที่จัดซื้อจัดจ้างต้องมีคุณภาพหรือคุณลักษณะที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ ในการใช้งานของหน่วยงานของรัฐ มีราคาที่เหมาะสม และมีแผนการบริหารพัสดุที่เหมาะสมและชัดเจน

(2) โปร่งใส โดยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุต้องกระทำโดยเปิดเผย เปิดโอกาสให้มีการแข่งขันอย่างเป็นธรรม มีการปฏิบัติต่อผู้ประกอบการทุกรายโดยเท่าเทียมกัน มีระยะเวลาที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการยื่นข้อเสนอ มีหลักฐานการดำเนินการชัดเจน และมีการเปิดเผยข้อมูลการจัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารพัสดุในทุกขั้นตอน

(3) ประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยต้องมีการวางแผนการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุ ล่วงหน้าเพื่อให้การจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีกำหนดเวลาที่เหมาะสม โดยมีการประเมินและเปิดเผยผลสัมฤทธิ์ของการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุ

(4) ตรวจสอบได้ โดยมีการเก็บข้อมูลการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุอย่างเป็นระบบ เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบ

1.2 การปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีขั้นตอนกระบวนการจัดหาพัสดุ ได้แก่ การเตรียมการจัดหาพัสดุ การขอรับความเห็นชอบในการจัดหาพัสดุ การให้ความเห็นชอบในการจัดหาพัสดุและแต่งตั้งคณะกรรมการ การดำเนินการจัดหาพัสดุ การขออนุมัติการ

สั่งซื้อสั่งจ้าง การอนุมัติสั่งซื้อสั่งจ้าง การจัดทำสัญญา การดำเนินการตามสัญญา การตรวจรับพัสดุ การดำเนินการเบิกจ่ายเงิน และการบริหารพัสดุ ตามลำดับ

2. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

2.1 ผลการวิเคราะห์สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 57 คน ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 57 ชุด จากแบบสอบถาม 57 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100 จำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน ประสบการณ์ในการทำงานและบทบาทในการปฏิบัติงานด้านพัสดุ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่และค่าร้อยละโดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบความเรียง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านพัสดุ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 80.70 และเพศชาย จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 19.30 เมื่อพิจารณาอายุของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 30-40 ปี จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 47.37 รองลงมามีอายุระหว่าง 41-50 ปี และ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 21.05 และอายุต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 10.53 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระดับการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 19.12 รองลงมาคือ ปริญญาตรี จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 45.61 และต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5.26 ตามลำดับ เมื่อพิจารณารายได้ต่อเดือนพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 20,001-25,000 บาท จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 38.60 รองลงมาคือ รายได้ 25,001 บาท ขึ้นไป จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และรายได้ระหว่าง 15,001-20,000 บาท จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 21.05 และต่ำกว่า 15,000 บาท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 7.02 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสบการณ์ในการทำงานพบว่า ส่วนใหญ่ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ในการทำงาน 10 ปี ขึ้นไป จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 71.93 รองลงมาคือ ระหว่าง 6-10 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 12.28 และระหว่าง 3-5 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.77 และต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 7.02 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาบทบาทในการปฏิบัติงานด้านพัสดุพบว่า ส่วนใหญ่เป็นผู้ปฏิบัติงานพัสดุ จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 64.91 และผู้บริหาร จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 35.09

2.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จากผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการจัดหาพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.38, S.D. = 0.44) รองลงมาคือ ด้านการตรวจรับพัสดุ ($\overline{X}$ = 4.34, S.D. = 0.47) ด้าน

นโยบายในการบริหารพัสดุ ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.41) และด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.60) ตามลำดับ ด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านการจำหน่ายพัสดุ ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.42) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า

2.2.1 ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.41) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 1 ข้อ และระดับมาก 8 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีการกำหนดบทบาทของผู้บริหาร โดยกำหนดวงเงินงบประมาณที่ผู้บริหารสามารถอนุมัติการจัดซื้อจัดจ้างพัสดุในแต่ละครั้งที่ชัดเจน ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.60) รองลงมาได้แก่ มีระบบการตรวจสอบและการติดตามการปฏิบัติงานของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านพัสดุให้เป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการ และเป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.53) และมีการกำหนดหน่วยงานเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติงานด้านพัสดุที่ชัดเจน ($\bar{X}$ = 4.28, S.D. = 0.62) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ผู้ทำหน้าที่ควบคุมหรือตรวจสอบภายในสามารถเข้าถึงผู้บริหารได้ง่าย และสามารถรายงานเหตุผิดปกติได้เร็ว โดยไม่เกิดผลกระทบต่อตัวของเจ้าหน้าที่ ($\bar{X}$ = 4.09, S.D. = 0.71)

2.2.2 ด้านการจัดหาพัสดุ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.36, S.D. = 0.44) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 1 ข้อ และระดับมาก 8 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การระบุความต้องการพัสดุที่มีมูลค่าในการจัดหาสูงกว่า 100,000 บาทขึ้นไปจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะ รายละเอียดของพัสดุ จากบุคคลที่ได้รับมอบหมายหรือแต่งตั้งให้ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณลักษณะ หรือรายละเอียดของพัสดุนั้น ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.54) รองลงมาได้แก่ การระบุความต้องการพัสดุ คุณลักษณะ รายละเอียดของพัสดุเป็นไปอย่างชัดเจน โดยคำนึงถึงกฎหมายระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการและเป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย ($\bar{X}$ = 4.42, S.D. = 0.63) มีการจัดหาพัสดุโดยคำนึงถึงประโยชน์สูงสุดแก่หน่วยงาน และสอดคล้องกับหลักการความคุ้มค่า ความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เปิดโอกาสให้มีการแข่งขันอย่างเป็นธรรม และตรวจสอบได้ ($\bar{X}$ = 4.47, S.D. = 0.57) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีกำหนดระยะเวลาของความต้องการพัสดุเหมาะสมซึ่งไม่ทำให้เกิดการจัดหาวิธีพิเศษ โดยอ้างความจำเป็นเร่งด่วน หรือถ้ามีก็มีน้อยครั้ง ($\bar{X}$ = 4.12, S.D. = 0.63)

2.2.3 ด้านการตรวจรับพัสดุ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.34, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด 1 ข้อ และระดับมาก 4 ข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การตรวจรับพัสดุมีการลงลายมือชื่อครบถ้วน ถูกต้องและระยะเวลาในการตรวจรับเป็นไปตามระเบียบ ฯ ของทางราชการ ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.57) รองลงมาได้แก่ มีการตรวจรับพัสดุเป็นไปตามสัญญาหรือข้อตกลง ($\bar{X}$ = 4.44, S.D. = 0.57) และมีการกำหนดจำนวนคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ กรณีพัสดุมีมูลค่าสูงหรือมีความสำคัญ ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.56)

ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ กรณีที่การตรวจรับพัสดุมีข้อสังเกต หรือมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น พัสดุไม่ได้คุณภาพ พัสดุขาดหรือเสียหาย ได้มีรายงานสิ่งผิดปกตินั้นต่อผู้บริหารทราบ ($\bar{X}$ = 4.15, S.D. = 0.70)

2.2.4 ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีการกำหนดหมายเลขทะเบียนครุภัณฑ์หรือวัสดุคงทน และการจัดทำทะเบียนคุมของครุภัณฑ์และเป็นปัจจุบัน ($\bar{X}$ = 4.42, S.D. = 0.60) รองลงมาได้แก่ การรายงานครุภัณฑ์ที่ใช้ในราชการหรือไม่ใช้ในราชการมีความถูกต้องและเป็นไปตามความเป็นจริง ($\bar{X}$ = 4.23, S.D. = 0.73) และมีการรับคืนครุภัณฑ์ที่ไม่ใช้ในราชการอย่างเป็นระบบ ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.78) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ การเบิกจ่ายวัสดุสิ้นเปลือง วัสดุคงทนเป็นปัจจุบันและสามารถรายงานต่อผู้บังคับบัญชาได้ทันทีที่มีการร้องขอ ($\bar{X}$ = 4.08, S.D. = 0.69)

2.2.5 ด้านการจำหน่ายพัสดุ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การจำหน่ายพัสดุเป็นไปตามระเบียบ มีการแต่งตั้งคณะกรรมการตรวจสอบพัสดุชำรุดที่มาจากตัวแทนของหน่วยงานต่าง ๆ ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.64) รองลงมาได้แก่ กรณีที่พัสดุสูญหาย ได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการสอบหาข้อเท็จจริง เพื่อรายงานผลต่อผู้บังคับบัญชา ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.1) และหากผลการสอบหาข้อเท็จจริง ในกรณีพัสดุสูญหายปรากฏว่า ไม่ต้องมีผู้รับผิด เจ้าหน้าที่พัสดุจะสรุปรายงานและดำเนินการขออนุมัติจำหน่ายพัสดุเป็นสูญจากผู้มีอำนาจ ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.80) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ กรณีที่พัสดุชำรุด เสียหายจนใช้งานไม่ได้ จะทำการตรวจสอบและนำออกจำหน่าย ($\bar{X}$ = 4.10, S.D. = 0.77)

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย คือ ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ ด้านการจัดหาพัสดุ ด้านการตรวจรับพัสดุ ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ และด้านการจำหน่ายพัสดุ โดยมีรายละเอียดที่จะชี้แจงและอภิปราย ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยด้านโยบายในการบริหารพัสดุ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยด้านโยบายในการบริหารพัสดุโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด คือ มีการกำหนดบทบาทของผู้บริหาร โดยกำหนดวงเงินงบประมาณที่ผู้บริหารสามารถอนุมัติการจัดซื้อจัดจ้างพัสดุใน

แต่ละครั้งที่ชัดเจน ระดับมาก คือ มีระบบการตรวจสอบและการติดตามการปฏิบัติงานของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านพัสดุให้เป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการ เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง และมีการกำหนดหน่วยงานเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติงานด้านพัสดุที่ชัดเจน ผู้ทำหน้าที่ควบคุมหรือตรวจสอบภายในสามารถเข้าถึงผู้บริหารได้ง่าย และสามารถรายงานเหตุผิดปกติได้เร็ว โดยไม่เกิดผลกระทบต่อตัวของเจ้าหน้าที่ ผู้วิจัยมองว่า จากผลของงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีความชัดเจนในเรื่องของนโยบายในการบริหารพัสดุของมหาวิทยาลัยทำให้ผู้ปฏิบัติงานด้านการควบคุม หรือตรวจสอบภายในมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ภายในมหาวิทยาลัย และผู้วิจัยได้ให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นในส่วนของนโยบายและวิธีการปฏิบัติงานด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (Open – end) โดยผลจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดในการปฏิบัติงานด้านพัสดุมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยใช้นโยบาย กฎหมาย ระเบียบหรือข้อบังคับ พบว่ามหาวิทยาลัยมีแบบสำรวจความต้องการของผู้ใช้พัสดุ เช่น แบบสำรวจความต้องการหนังสือในห้องสมุด มีนโยบายให้แต่ละสาขาไปสำรวจความต้องการพัสดุ เป็นต้น มีการวางแผนการจัดหาพัสดุให้ตรงและทันต่อความต้องการพัสดุที่ใช้ในแต่ละโครงการ ฯ และบางหน่วยงานมอบหมายให้ผู้ใช้พัสดุแจ้งความต้องการพัสดุที่ต้องการใช้พร้อมกับใบเสนอราคาพัสดุ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชูศรี ฤกษ์ประทุมรัตน์ (2543 : 100-101) ได้ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการพัฒนากระบวนการบริหารพัสดุ คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า การบริหารจัดการพัสดุที่ดีนั้น ควรกำหนดความต้องการให้เหมาะสมใกล้เคียงกับการใช้งานจริง หน่วยงานควรมีการควบคุมค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามแผนงาน ควรมีการวางแผนการจัดซื้อครุภัณฑ์ที่ใช้รายได้ประจำปี หากมอบอำนาจการจัดซื้อให้หน่วยงาน ควรให้หน่วยงานดำเนินการตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุอย่างเคร่งครัด มีการติดตามผลโดยมีการตรวจสอบการจัดซื้อจัดจ้างให้มีความโปร่งใส และมีการประเมินการจัดหาว่าเป็นไปตามแผนงานความต้องการหรือไม่

2. ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ด้านการจัดหาพัสดุ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยด้านการจัดหาพัสดุ โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ การระบุความต้องการพัสดุที่มีมูลค่าในการจัดหาสูงกว่า 100,000 บาทขึ้นไป จะต้องผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะ รายละเอียดของพัสดุจากบุคคลที่ได้รับมอบหมายหรือแต่งตั้งให้ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณลักษณะ หรือรายละเอียดของพัสดุนั้น การระบุความต้องการพัสดุ คุณลักษณะ รายละเอียดของพัสดุเป็นไปอย่างชัดเจน โดยคำนึงถึงกฎหมายระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการ เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย มีการจัดหาพัสดุคำนึงถึงประโยชน์สูงสุดแก่หน่วยงาน สอดคล้องกับหลักการ ความคุ้มค่า ความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เปิดโอกาสให้มีการแข่งขันอย่างเป็นธรรม และตรวจสอบได้ และมีกำหนดระยะเวลาของ

ความต้องการพัสดุเหมาะสม ซึ่งไม่ทำให้เกิดการจัดหาวิธีพิเศษ โดยอ้างความจำเป็นเร่งด่วน หรือถ้ามีก็มีน้อยครั้ง ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุด้านการจัดหาพัสดุที่มีประสิทธิภาพ เห็นได้จากผลการวิจัย มหาวิทยาลัยได้มีการดำเนินการจัดหาพัสดุตามขั้นตอนการจัดหาพัสดุเป็นไปตามระเบียบบริหารพัสดุ ตามที่กระทรวงการคลังกำหนด แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินการจัดหาพัสดุยังไม่สามารถจัดหาได้ตรงตามต้องการของผู้ใช้พัสดุเท่าที่ควร เนื่องจากในการจัดหาพัสดุบางประเภทมีลักษณะเฉพาะ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี แต่ด้วยระเบียบพัสดุที่ต้องดำเนินการโดยนำบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ที่กำหนดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาในการจัดซื้อจัดจ้าง ทำให้ดำเนินการจัดหาพัสดุบางประเภทไม่เป็นไปตามความต้องการนัก อีกทั้ง ระเบียบของพัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง และค่อนข้างมีขั้นตอนซับซ้อนทำให้เป็นปัญหาสำหรับผู้ปฏิบัติที่ยังขาดความเข้าใจในระเบียบฯ พัสดุอย่างถ่องแท้ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจัดหาพัสดุล่าช้า หรือเสี่ยงต่อการจัดพัสดุที่ไม่เป็นไปตามระเบียบของทางราชการ ดังจะเห็นได้จากผลของแบบสอบถามปลายเปิด ผู้ตอบแบบสอบถามยังแสดงความคิดเห็นในด้านปัญหาและอุปสรรคว่า ระเบียบฯ พัสดุมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ทำให้บางครั้งปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบฯ พัสดุ หรือต้องมีการศึกษาติดตามข้อมูลข่าวสารอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงระเบียบฯ พัสดุบ่อยครั้ง อีกทั้ง มีการใช้บัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์เป็นเกณฑ์ทำให้หน่วยงานเกิดปัญหาในการจัดหาพัสดุ เช่น จัดหาพัสดุล่าช้าไม่ทันตามความต้องการ ไม่สามารถจัดหาพัสดุได้เนื่องจากราคาแพงกว่าบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ ทำให้จำเป็นต้องจัดหาพัสดุที่คุณภาพด้อยกว่าที่ต้องการ หรือต้องจัดหาพัสดุที่มีลักษณะการใช้งานแบบเดียวกันแทน เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกชัย บุตรแสนคม (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ศึกษาปัญหาการปฏิบัติงานการพัสดุของผู้ปฏิบัติงานพัสดุโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดสกลนคร พบว่า การจัดซื้อพัสดุมีสาเหตุของปัญหามาจาก พัสดุที่ต้องการจัดซื้อมักมีราคาสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เพราะราคามาตรฐานไม่ทันสมัยตามสภาวะเศรษฐกิจ ร้านค้าที่ต้องการจัดซื้อพัสดุมีน้อย ทำให้หมดโอกาสเลือกซื้อ และการจัดซื้อมีขั้นตอนและรายละเอียดในการปฏิบัติมากทำให้ยุ่งยาก นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชินเชิง แก้วก่า (2550 : บทคัดย่อ) ซึ่งได้ทำการศึกษาการบริหารพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย พบว่า การบริหารพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยเป็นไปตามระเบียบที่เกี่ยวข้อง โดยปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านพัดสุยังขาดความรู้ความเข้าใจในระเบียบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบางครั้งทำให้การปฏิบัติงานไม่ถูกต้องตามระเบียบของทางราชการโดยไม่ได้ตั้งใจ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดหาด้วย ปัญหาที่พบมักอยู่ในกระบวนการกำหนดความต้องการพัสดุเกิดจากการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะสูงเกินไปโดยไม่เหมาะสมกับงบประมาณที่มี จึงทำให้ต้องกำหนดคุณลักษณะใหม่

3. ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ด้านการตรวจรับพัสดุ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านการตรวจรับพัสดุอยู่ในระดับมาก คือ การตรวจรับพัสดุมีการลงลายมือชื่อครบถ้วน ถูกต้องและระยะเวลาในการตรวจรับเป็นไปตามระเบียบของทางราชการ และระดับมาก คือ มีการตรวจรับพัสดุเป็นไปตามสัญญาหรือข้อตกลงและมีการกำหนดจำนวนคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ กรณีพัสดุมีมูลค่าสูงหรือมีความสำคัญ และกรณีที่การตรวจรับพัสดุมีข้อสังเกต หรือมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น พัสดุไม่ได้คุณภาพ พัสดุขาดหรือเสียหาย ได้มีรายงานสิ่งผิดปกตินั้นต่อผู้บริหารทราบ ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุด้านการจัดหาพัสดุที่มีประสิทธิภาพ เห็นได้จากผลการวิจัยมหาวิทยาลัยได้มีการดำเนินการจัดหาพัสดุตามขั้นตอนการจัดหาพัสดุเป็นไปตามระเบียบบริหารพัสดุตามที่กระทรวงการคลังได้กำหนด ทำให้การตรวจรับพัสดุของหน่วยงานต่าง ๆ ไม่พบปัญหามีการตรวจรับพัสดุทั้ง ๆ ที่พัสดุขาดคุณภาพ พัสดุชำรุด เสียหาย

4. ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ มีการกำหนดหมายเลขทะเบียนครุภัณฑ์ หรือวัสดุคงทน และการจัดทำทะเบียนคุมของครุภัณฑ์และเป็นปัจจุบัน การรายงานครุภัณฑ์ที่ใช้ในราชการ หรือไม่ใช้ในราชการมีความถูกต้องและเป็นไปตามความเป็นจริง มีการรับคืนครุภัณฑ์ที่ไม่ใช้ในราชการอย่างเป็นระบบ และการเบิกจ่ายวัสดุสิ้นเปลืองวัสดุคงทนเป็นปัจจุบันและสามารถรายงานต่อผู้บังคับบัญชาได้ทันทีที่มีการร้องขอ ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุมีประสิทธิภาพ โดยจากผลการวิจัยมหาวิทยาลัยมีการกำหนดหมายเลขครุภัณฑ์ มีการจัดทำทะเบียนคุมอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า พัสดุบางประเภทโดยเฉพาะวัสดุสิ้นเปลืองมีเป็นจำนวนมาก หากหน่วยงานเจ้าของงบประมาณที่ทำหน้าที่ควบคุมและเก็บรักษาพัสดุไม่มีมาตรการที่รัดกุม อาจเกิดความเสี่ยงในการที่พัสดุสูญหายหรือนำไปใช้ส่วนตัว แม้ในปัจจุบันยังไม่พบว่ามีการสูญหายหรือนำไปใช้ส่วนตัวก็ตาม ซึ่งจากผลของแบบสอบถามปลายเปิด ผู้ตอบแบบสอบถามบางท่านยังให้ความคิดเห็นว่า ผู้ใช้งานพัสดุไม่ใช้ความระมัดระวังในการใช้งานพัสดุหรือขาดความตระหนักในการใช้งานพัสดุ เนื่องจากไม่ใช่ทรัพย์สินของตนเอง จึงทำให้มีโอกาสที่พัสดุจะชำรุดเสียหายได้ง่าย

5. ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ด้านการจำหน่ายพัสดุ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ด้านการจำหน่ายพัสดุ โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกข้อ คือ การจำหน่ายพัสดุเป็นไปตามระเบียบ มีการแต่งตั้งคณะกรรมการตรวจสอบพัสดุชำรุดที่มาจากตัวแทนของหน่วยงานต่าง ๆ กรณีที่พัสดุสูญหาย ได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการสอบหาข้อเท็จจริง เพื่อรายงานผลต่อผู้บังคับบัญชา หาก

ผลการสอบหาข้อเท็จจริงในกรณีพัสดุสูญหาย ปรากฏว่า ไม่ต้องมีผู้รับผิด เจ้าหน้าที่พัสดุจะสรุปรายงานและดำเนินการขออนุมัติจำหน่ายพัสดุเป็นสูญจากผู้มีอำนาจ ตามลำดับ และกรณีที่พัสดุชำรุดเสียหายจนใช้งานไม่ได้ จะทำการตรวจสอบและนำออกจำหน่าย ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุด้านการจัดจำหน่ายพัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการดำเนินการโดยหน่วยงานเพียงหน่วยงานเดียว คือ งานพัสดุกลางของมหาวิทยาลัย ทำให้การดำเนินการเป็นไปตามระเบียบของทางราชการและเกิดประสิทธิภาพเนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญ มีประสบการณ์นั่นเอง โดยเห็นได้จากผลการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีการจำหน่ายพัสดุเป็นไปตามระเบียบ และปฏิบัติการจำหน่ายพัสดุเป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชินเชิง แก้วก่า (2550 : 72) ซึ่งได้ทำการศึกษาการบริหารพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย พบว่า ในการจำหน่ายพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยนั้น ฝ่ายพัสดุกลาง ในสังกัดสำนักงานอธิการบดีเป็นผู้รับผิดชอบทำหน้าที่จำหน่ายพัสดุของมหาวิทยาลัยทั้งหมด ซึ่งหัวหน้าหน่วยงานนั้นที่เป็นผู้ดูแลพัสดุเป็นผู้แจ้งและเสนอให้มหาวิทยาลัยพิจารณาจำหน่ายพัสดุ ฝ่ายพัสดุก็จะแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อดำเนินการจำหน่ายตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 วิธีการจำหน่ายจะเป็นการขายและโอน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของระบบการควบคุมภายในด้านพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 ด้านโยบายในการบริหารพัสดุ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ผู้ทำหน้าที่ควบคุมหรือตรวจสอบภายในสามารถเข้าถึงผู้บริหารได้ง่ายและสามารถรายงานเหตุผิดปกติได้เร็ว โดยไม่เกิดผลกระทบต่อตัวของเจ้าหน้าที่ ดังนั้น มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยอาจต้องทบทวนการรายงานผลการตรวจสอบภายในต่อผู้บริหารให้มีกระบวนการที่กระชับ สามารถอำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่ที่ควบคุมหรือตรวจสอบให้มากขึ้น และจากการสัมภาษณ์ได้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ ควรมีนโยบายให้ผู้ใช้งานพัสดุ ต้องรับผิดชอบหากพัสดุชำรุดเสียหาย โดยไม่ให้หน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาเพียงหน่วยงานเดียว รวมทั้งควรมีนโยบายในการลดขั้นตอนการปฏิบัติงานด้านพัสดุให้ง่ายต่อการปฏิบัติ

1.2 ด้านการจัดหาพัสดุ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีกำหนดระยะเวลาของความต้องการพัสดุเหมาะสมซึ่งอาจทำให้เกิดการจัดหาวิธีพิเศษ โดยอ้างความจำเป็นเร่งด่วน หรือถ้ามีก็มีน้อยครั้ง ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานพัสดุจะต้องพยายามสำรวจพัสดุที่มีและต้องไม่จัดหาพัสดุเป็นกรณีเร่งด่วน และจากการสัมภาษณ์ได้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ บัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ควรเป็น

ปัจจุบัน เพื่อลดปัญหาจากการจัดหาพัสดุไม่เป็นไปตามบัญชีมาตรฐานครุภัณฑ์ จนทำให้การจัดหาพัสดุล่าช้าไม่ทันตามความต้องการ ไม่สามารถจัดหาพัสดุได้

1.3 ด้านการตรวจรับ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ กรณีที่การตรวจรับพัสดุมีข้อสังเกต หรือมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น พัสดุไม่ได้คุณภาพ พัสดุขาดหรือเสียหาย ได้มีรายงานสิ่งผิดปกตินั้นต่อผู้บริหารทราบ ดังนั้น เจ้าหน้าที่พัสดุหรือผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องจะต้องให้ความรู้กับคณะกรรมการตรวจรับพัสดุให้รายงานความผิดปกติตามจริง และรายต่อผู้บริหารตามระเบียบหากเกิดความผิดปกติขึ้น

1.4 ด้านการควบคุมและการเก็บรักษาพัสดุ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ การเบิกจ่ายวัสดุสิ้นเปลือง วัสดุคงทนเป็นปัจจุบันและสามารถรายงานต่อผู้บังคับบัญชาได้ทันทีที่มีการร้องขอ ดังนั้น หน่วยงานต่าง ๆ และมหาวิทยาลัยจะต้องมีการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถบันทึกข้อมูลด้านพัสดุที่เป็นปัจจุบัน สามารถรายงานจำนวนพัสดุต่อผู้บริหารให้ทันท่วงที และจากการสัมภาษณ์ได้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ ควรนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานด้านพัสดุ เช่น ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดทำทะเบียนคุมพัสดุ ใช้บาร์โค้ดสำหรับกำหนดรหัสครุภัณฑ์ เป็นต้น

1.5 ด้านการจำหน่ายพัสดุ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ กรณีที่พัสดุชำรุด เสียหายจนใช้งานไม่ได้ จะทำการตรวจสอบ และนำออกจำหน่าย ดังนั้น งานพัสดุ กองกลาง สำนักงานอธิการบดีจะต้องมีการสำรวจและประกาศจำหน่ายพัสดุชำรุดเป็นประจำ เพื่อเป็นการบริหารพัสดุที่ไม่ใช้ประโยชน์และไม่ต้องจัดหาสถานที่เพื่อจัดเก็บพัสดุเหล่านั้น

นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานด้านพัสดุของหน่วยงานกลางควรมีการศึกษา ทำความเข้าใจในระเบียบพัสดุ ฯ อย่างถ่องแท้ รวมถึงติดตามระเบียบพัสดุ ฯ ที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้ปฏิบัติงานด้านพัสดุของหน่วยงานกลางในมหาวิทยาลัยยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระเบียบพัสดุ ฯ ทำให้เมื่อสอบถามมักจะไม่ได้รับคำตอบทันที หรือได้รับคำตอบที่ไม่ถูกต้องเมื่อเกิดปัญหาในการปฏิบัติงานด้านพัสดุขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเรื่องการสภาพการปฏิบัติงานด้านพัสดุตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านพัสดุตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

กรมบัญชีกลาง. (2547). **การตรวจสอบภายในภาคราชการ**. กรุงเทพฯ : กระทรวงการคลัง.

กรมบัญชีกลาง. (2547). **แนวปฏิบัติระบบการควบคุมภายในภาคราชการ**. กรุงเทพฯ : กระทรวงการคลัง.

จันทนา สาขากรและคณะ. (2550). **การควบคุมภายในและการตรวจสอบภายใน**. กรุงเทพฯ : ทีพีเอ็นเพรส.

ชินเชิง แก้วก่า. (2550). **การศึกษาการบริหารพัสดุของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศรี ฤกษ์ประทุมรัตน์. (2543). **การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน ปัญหาและแนวทางการพัฒนากระบวนการบริหารพัสดุ คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2554). **SPSS การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 5 มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560. (2560, 28 กุมภาพันธ์). **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 134 ตอนที่ 24 ก.

ระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560. (2560, 24 สิงหาคม). **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 210 ง.

สำนักงานคลังจังหวัดตรัง. (2556). **ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม.** ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2556, จาก http://klang.cgd.go.th/trg/laws.html

เอกชัย บุตรแสนคม. (2539). **ศึกษาปัญหาการปฏิบัติงานการพัสดุของผู้ปฏิบัติงานพัสดุ โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดสกลนคร**. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ผลของการดูแลแบบแกงการูต่อความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาทารกคลอดก่อนกำหนดน้ำหนักน้อยกว่า 1500 กรัม ในหออภิบาลทารกแรกเกิด โรงพยาบาลปัตตานี

Effects of Kangaroo Care on Maternal Role Satisfaction Preterm infant weight less than 1500 gm in the neonatal intensive care unit of Pattani Hospital

อามานี กาเจ(Amanee Kaje) กนกวรรณ ทองนวล(Kanokwan Thongnual)
มุรนี ดาโอะ(Murnee Da-oh) ทิพสุดา นุ้ยแม้น(Tipsuda nuiman)
พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ โรงพยาบาลปัตตานี
Email : happy_inmind@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อศึกษาผลของการดูแลแบบแกงการูต่อความพึงพอใจบทบาทมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม ในหออภิบาลทารกแรกเกิดโรงพยาบาลปัตตานี กลุ่มตัวอย่างเป็นมารดาของทารกที่คลอดก่อนกำหนดอายุครรภ์ 28-34 สัปดาห์ แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการดูแลแบบแกงการู 25 ราย และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการดูแลตามปกติ 25 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาของมารดาทารกคลอดก่อนกำหนด ซึ่งผ่านการทดสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และนำไปทดสอบความเที่ยงกับมารดาที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.75 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเปรียบเทียบหาค่าที (Independent t-test) การดำเนินการวิจัยเริ่มหลังจากผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของโรงพยาบาลปัตตานี ผลการวิจัยพบว่า มารดารู้สึกพอใจที่ได้อุ้มบุตรทุกครั้งที่ลูกร้องไห้ มารดารู้สึกมีความสุขเมื่อคิดถึงวันที่ลูกจะได้กลับบ้าน ความพึงพอใจบทบาทมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม ทั้งสอง กลุ่มมีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย ความพึงพอใจบทบาทมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม หลังการทดลองระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการดูแล แบบแกงการูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 3.04$, $p = 0.01$) ผลการวิจัยสนับสนุนให้พยาบาลส่งเสริมมารดาดูแลทารกเกิดก่อนกำหนดแบบแกงการู โดยเฉพาะในหออภิบาลทารกแรกเกิด

ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมสายใยสัมพันธ์มารดาและทารก และอาจช่วยลดปัญหาการทอดทิ้งทารก และการทำทารุณกรรมทารกภายในครอบครัวต่อไปได้

คำสำคัญ: การดูแลแบบแกงการู ความพึงพอใจ บทบาทการเป็นมารดาทารกคลอดก่อนกำหนด น้ำหนักน้อยกว่า 1500 กรัม หออภิบาลทารกแรกเกิดโรงพยาบาลปัตตานี

Abstract

This research was a quasi-experimental research. A quasi-experimental design was used to examine the effect of caregiving on maternal role satisfaction of preterm infants weighing <1,500 g in the neonatal intensive care unit at Pattani Hospital. The samples were 28-34 weeks of gestational age. The experimental group consisted of 25 nursing staff and 25 regular caregivers. The data consisted of the satisfaction questionnaire on maternal role of preterm infant mothers. The content was tested by 3 experts. The sample size was 0.75. The data were analyzed using independent t-test. After the consideration of ethics in human research at Pattani Hospital. Maternal role satisfaction of premature infants weighing <1,500 grams was high in both groups. When comparing the average score The maternal satisfaction of preterm infants weighing <1,500 grams was found to be higher than that of the caregivers. The results of this study support nursing care for preterm infants of preterm infants (t = 1.98, p = 0.04). Especially in the neonatal intensive care unit. This is to promote maternal and fetal relationship. And may reduce the problem of abandoning the baby. And abusing the baby in the family.

Keyword: Kangaroo Care Satisfaction Role in Maternal Maternity Weight less than 1500 gm Newborn Infant Hospital, Pattani Hospital

บทนำ

ทารกคลอดก่อนกำหนดเป็นปัญหาสำคัญของกรมอนามัยแม่และเด็ก เนื่องจากเป็นปัญหาของการเสียชีวิตและปัญหาการเจ็บป่วยระยะยาว จากการสำรวจพบว่ามีทารกแรกเกิดทั่วโลกประมาณ 12.9 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 9.6 ของทารกแรกเกิดทั้งหมด (Neonatal Center for health Statistics,2013) สำหรับประเทศไทยจากสถิติพบทารกเกิดก่อนกำหนดปี 2553 ร้อยละ 12 ของทารกเกิดมีชีพทั้งหมด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Blencowa et al.,2012) ซึ่งพบว่าทารกที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 2,500 กรัม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทารกคลอดก่อนกำหนด ทารกคลอดก่อนกำหนดเหล่านี้

มีความไม่สมบูรณ์ของระบบอวัยวะต่างๆ ในร่างกายจึงเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตของทารกไทยในระยะปริกำเนิด ส่วนสถิติของหออภิบาลทารกแรกเกิด โรงพยาบาลปัตตานี ในปี 2557 ,2558 , 2559 จำนวนทารกคลอดก่อนต่ออัตราการเกิดมีชีพ คิดเป็นร้อยละ 55.14 % , 61.87 % , 68.02 % ทารกเหล่านี้มักมีปัญหาสุขภาพและมีการเปลี่ยนแปลงของระบบทางเดินหายใจและมีความพิการแต่กำเนิด และพบว่าทารกคลอดก่อนกำหนดมีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน จากการที่ทารกมีการเจริญเติบโตในครรภ์น้อยกว่าปกติ ทำให้อวัยวะต่างๆ ในร่างกายเติบโตไม่สมบูรณ์ ทารกคลอดก่อนกำหนดจึงมีความจำเป็นที่ต้องได้รับการดูแลที่เฉพาะเจาะจงในหออภิบาลทารกแรกเกิด ทั้งการดูแลอุณหภูมิที่เหมาะสม การดูแลเฉพาะในแต่ละโรคของทารกคลอดก่อนกำหนด การป้องกันการติดเชื้อและลดการกระตุ้นจากภายนอก เป็นต้น ทำให้ทารกคลอดก่อนกำหนดต้องแยกจากบิดามารดา ซึ่งการถูกแยกจากกันมีผลกระทบต่อการสร้างสัมพันธภาพระหว่างบิดามารดาและทารกและทารกคลอดก่อนกำหนดจะมีพัฒนาการล่าช้า ใช้ระยะเวลานานในการหายจากโรค และอยู่โรงพยาบาลนานขึ้น ส่งผลให้ให้ค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลเพิ่มสูงขึ้น ร่วมทั้ง ทารกและมารดาแยกจากกันทำให้ความผูกพันระหว่างมารดาและทารกลดน้อยลง ส่วนใหญ่มารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่เข้ามาเยี่ยมบุตรในหออภิบาลทารกแรกเกิดวิกฤติ ไม่กล้าที่จะจับตัว สัมผัสหรืออุ้มบุตร เนื่องจากบุตรตัวเล็ก กลัวจะทำให้บุตรอันตราย ความรู้สึกที่เกิดขึ้นนี้จะไปขัดขวาง สัมพันธภาพระหว่างมารดากับทารกได้ ประกอบกับทารกมีรูปร่างไม่สมบูรณ์ และได้รับการรักษาโดยใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์ ทำให้มารดา ไม่ได้สัมผัสบุตร บางรายไม่ยอมมาเยี่ยมบุตร บางรายวิตกกังวลว่าตนจะสามารถดูแลบุตรได้หรือไม่ซึ่งได้มีงานวิจัยต่างๆมากมายได้บอกถึงวิธีการทำให้มารดาและทารกมีความผูกพันกันเพื่อช่วยให้มารดาและทารกได้ใกล้ชิดกันมากขึ้น อาทิเช่น การดูแลทารกแบบแกงการู (Kangkaroo care) (Adnderson,1989)

จากการศึกษาการดูแลแบบแกงการู (Kangkaroo care) ก่อให้เกิดผลดีทั้งต่อมารดาและทารก ซึ่งการดูแลอย่างใกล้ชิดในกระเป๋าหน้าท้องของแม่ มารดาจะได้โอบอุ้มทารกให้ผิวหนังมารดาสัมผัสผิวหนังทารกโดยตรง ทำให้มารดาและทารกได้ใกล้ชิด สัมผัส ประสานสายตา และสื่อสารซึ่งกันและกัน มีปฏิกิริยาการตอบสนองระหว่างมารดากับบุตร มารดาสามารถตอบสนองความต้องการของบุตรได้ ทำให้เกิดความพึงพอใจในการที่จะดูแลบุตร ในต่างประเทศมีรายงานวิจัยพบว่าการดูแลทารกแบบแกงการูจะทำให้ทารกมีระยะหลับนานขึ้น ลดกิจกรรมและอัตราการเต้นของหัวใจลดลง ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น การควบคุมอุณหภูมิร่างกายดี จึงนับว่าผลจากการดูแลทารกแบบแกงการูช่วยให้ทารกปลอดภัย โดยผลดีต่อทารกเกิดก่อนกำหนดพบว่าขณะปฏิบัติการอุ้มแบบแกงการู อาการทางสรีรวิทยาของทารกจะคงที่ ทั้งอาการหยุดหายใจชั่วคราว อัตราการเต้นของหัวใจช้าเกิดขึ้นน้อย ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดจะมีค่าคงที่ (Messmer , Rodriguez ,Adams , Well-Gentry ,Washborn ,Zabaleta , & Abreu ,1997) อุณหภูมิกายคงที่ (ณัฏฐา วรรธนะวิโรจน์

;2545,Bauer ,Pasel ,Sperling& Wieland ,1997) การติดเชื้อของโรคปอดอักเสบลดลง (Sloan ,Camacho ,Rojas &Sterm ,1994) อัตราการตายและจำนวนวันนอนโรงพยาบาลลดลง(Charpark . Figueroa de & Ruiz – pelaze ,2001) อีกทั้งยังมีผลต่อระยะเวลานอนหลับลึกเพิ่มขึ้น การตื่นลดลง มีผลต่อการใช้พลังงานลดลง ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของร่างกายเพิ่มขึ้น (Ludington-Hoe, Johnson, Morgan, Lewis, Gutman, Wilson, & Scher, 2006) ส่วนผลดีต่อมารดา ทำให้มารดามีความเชื่อมั่นในการดูแลบุตรมากขึ้น มารดารู้สึกผ่อนคลายและเครียดน้อยลง นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ การเรียนรู้และการสร้างความคุ้นเคยระหว่างมารดากับบุตร (Roller ,2003)และทำให้มารดามีน้ำนมเลี้ยงทารกได้อย่างต่อเนื่อง (Ohgi, Fukuda, Moriuchi, Kusumoto, Akiyama, Nugent et al., 2002) ซึ่งส่งผลต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่

การดูแลแบบแกงการู(Kangaroo care)เป็นการดูแลทารกโดยการโอบอุ้มทารกแบบเนื้อแนบเนื้อ โดยมารดาอุ้มทารกที่นุ่งเฉพาะผ้าอ้อมไว้แนบชิดอกให้ผิวหนังบริเวณใบหน้า ลำตัว แขนและขาของทารกสัมผัสผิวหนังบริเวณอกของมารดา โดยจัดศีรษะของทารกเอียงให้หูแนบกับผนังหน้าอกซ้ายของมารดาที่บริเวณหัวใจ งอแขนและขาเข้าหาลำตัว จัดวางมือให้อยู่ใกล้ปาก สวมหมวก สวมถุงเท้า ใช้ผ้าอ้อมหรือผ้าห่มคลุมที่หลังทารกและจัดสิ่งแวดล้อมให้มีความเงียบสงบ มีความเป็นส่วนตัว อากาศถ่ายเทสะดวก โดยใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติ ประมาณ 1-3 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคงที่ของอาการทารกและความอดทนของมารดา(DiMenna, 2006) การดูแลแบบแกงการูสามารถทำให้ทารกคลอดก่อนกำหนดและทารกคลอดครบกำหนดที่มีอาการคงที่ (World Health Organization , 2003) ทั้งนี้การดูแลแบบแกงการูในทารกคลอดก่อนกำหนดมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากทารกคลอดก่อนกำหนดจะถูกแยกจากมารดาตั้งแต่แรกเกิด ดังนั้นควรส่งเสริมให้ทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีอาการคงที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักตัวและอายุครรภ์ของทารก ซึ่งมีการกำหนดถึงความเหมาะสมในการดูแลแบบแกงการูว่าทารกคลอดก่อนกำหนดควรมีอายุครรภ์ตั้งแต่ 28 สัปดาห์ขึ้นไป (Ludington – Hoc, Ferreira, Swinth,&Ceccardi , 2003) ถึงแม้ทารกจะได้รับการใส่ท่อเครื่องช่วยหายใจ ได้รับสารน้ำทางหลอดเลือดดำ และได้รับยาที่มีผลต่อหลอดเลือดดำหรือระบบทางเดินหายใจก็สามารถให้การดูแลแบบแกงการูได้เช่นกัน (Ludington – Hoc,1990)

การดูแลแบบแกงการูอย่างมีประสิทธิภาพ ควรเริ่มปฏิบัติตั้งแต่ทารกคลอดก่อนกำหนดเข้ารับการรักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิด ดังนั้นทางหน่วยงานหออภิบาลทารกแรกเกิดจึงตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลแบบแกงการูในทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก น้อยกว่า 1,500 กรัม เพื่อส่งเสริมการสร้างสัมพันธภาพระหว่างมารดาและทารก ซึ่งส่งผลต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ พร้อมทั้งเฝ้าติดตามการเพิ่มของน้ำหนักตัว อุณหภูมิกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการดูแลแบบแกงการูต่อความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาทารกคลอดก่อนกำหนด
2. เพื่อเปรียบเทียบผลจากการดูแลแบบแกงการู ได้แก่ อุณหภูมิกาย ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ น้ำหนักตัวของทารก ในทารกคลอดก่อนกำหนด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการดูแลแบบแกงการูในทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1500 กรัม ต่อ ความพึงพอใจ ความมั่นใจบทบาทการเป็นมารดา และอาการทางสรีรวิทยาของทารก ได้แก่ อุณหภูมิกาย ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ น้ำหนักตัวของทารก ที่กำหนดไว้ในคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi experimental design) โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อศึกษาผลของการดูแลแบบแกงการูต่อความพึงพอใจบทบาทมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม ในหออภิบาลทารกแรกเกิดโรงพยาบาลปัตตานี

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง ทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500 กรัม มีอายุครรภ์อยู่ในช่วง 28 - 34 สัปดาห์ที่ไม่มีปัญหาระเกี่ยวกับระบบการหายใจ ทารกไม่ได้ใช้ออกซิเจนและไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 ราย แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองที่ได้รับการดูแลแบบแกงการู 25 ราย และกลุ่มที่ได้รับการดูแลที่ปกติ 25 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างแนวคำถามจากวัตถุประสงค์ ของการวิจัยและผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลเด็ก และพยาบาลเด็ก โดยนำไปแบบสอบถามไปทดลองใช้กับมารดาทารกคลอดก่อนกำหนด 20 ราย ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้ 1. แบบบันทึกข้อมูลทั่วไปของมารดาและทารกมีลักษณะคำถามแบบปลายเปิดและปลายปิด เช่น อายุของบิดา มารดา สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ จำนวนบุตร ประวัติการเจ็บป่วยของบุตร

2.แบบสอบถามความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาของมารดาทารกคลอดก่อนกำหนดมีลักษณะคำถามแบบปลายปิด เช่น ฉันรู้สึกพอใจที่ได้อุ้มลูกทุกครั้งที่ลูกร้องไห้, ฉันรู้สึกมีความสุขเมื่อคิดถึงวันที่ลูกจะได้กลับบ้าน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกาดูแลแบบแกงการู(Kangkaroo care)
2. วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมและวางแผนในการปฏิบัติ 1.กำหนดกลุ่มเป้าหมาย เป็นทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500 กรัม 2. เก็บข้อมูลก่อนและหลังการดูแลแบบแกงการู โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ ทารกที่ได้รับการดูแลแบบแกงการู กับทารกที่ได้รับการดูแลแบบปกติ
3. รวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ก่อนและหลัง สรุปผลการแก้ปัญหาและตั้งเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการ จริยธรรมในคนของโรงพยาบาลปัตตานี หลังจากนั้นนำไปเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1 เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2 เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนัก อุณหภูมิกาย ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจทารก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการใช้สถิติ t- independent

ผลการวิจัย

จากการทดสอบข้อมูลส่วนบุคคลของทารกและมารดาทั้ง สองกลุ่มด้วยสถิติไคสแควร์พบว่าไม่มีความแตก ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ มารดาคลอดโดยผ่าตัดคลอดทางหน้า เป็นส่วนใหญ่ อายุครรภ์เฉลี่ย 30 สัปดาห์ อายุของมารดา ส่วนใหญ่มีอายุ 26-30 ปี มารดามีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา อาชีพ แม่บ้าน โดยส่วนใหญ่ครรภ์ที่ 3 ส่วนทารก น้ำหนักแรกคลอดครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 1001-1500 gm อุณหภูมิกายเฉลี่ยครั้งที่ 1ถึง 5 อยู่ในเกณฑ์ปกติ 37.1-37.4 c HR เฉลี่ย 120-160 ครั้ง/นาที o_2 sat เฉลี่ย 95-100%

ความพึงพอใจในบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนด ทั้งสองกลุ่มมีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม

(Mean SD) ของกลุ่มทดลอง ก่อนและหลัง = (67.5 2.27) และ (78.7 2.31) กลุ่มควบคุม = (66.9 6.15) และ (69.6 6.0) (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูมีค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500 กรัม สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (t = 3.04, p = 0.01) (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 2.58, p = 0.01) ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการู พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังและก่อนการทดลองไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 1.83, p = 0.09) (ตารางที่ 1)

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500 กรัม ก่อนและหลังการทดลอง เปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูและกลุ่มที่ ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการู ด้วยสถิติทีคู่ (paired t-test) (N = 50)

กลุ่ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	Mean	SD	Mean	SD		
กลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการู						
- การสัมผัส	12.1	1.38	14.3	1.23	1.99	0.01
- การประสานสายตา	10.2	1.30	12.3	1.55	2.30	0.01
- การพูดคุย	11.8	2.00	13.8	2.13	2.13	0.01
- การแสดงออกทางสีหน้า	12.4	1.23	14.3	1.58	2.22	0.01
- การกอดของมารดา	8.9	1.30	10.0	1.38	2.35	0.01
- ความรู้สึกผูกพัน	12.1	1.65	14.0	1.42	2.10	0.01
คะแนนรวมความพึงพอใจ	67.5	2.27	78.7	2.31	2.58	0.01

กลุ่ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	Mean	SD	Mean	SD		
กลุ่มที่ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการู						
- การสัมผัส	12.1	1.38	12.3	1.20	1.70	0.09
- การประสานสายตา	9.2	1.29	10.3	1.45	1.30	0.09
- การพูดคุย	10.9	2.10	11.8	1.82	1.39	0.09
- การแสดงออกทางสีหน้า	12.1	1.43	12.2	1.12	1.45	0.09
- การกอดของมารดา	9.3	1.45	10.0	1.01	1.45	0.09
- ความรู้สึกผูกพัน	13.3	1.65	13.0	1.32	1.50	0.09
คะแนนรวมความพึงพอใจ	66.9	6.15	69.6	6.00	1.60	0.09

$p < 0.05$

ตาราง 2 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนด ที่มีน้ำหนัก < 1,500กรัม หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการูกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการูโดยใช้สถิติทีอิสระ (independent t-test) (N=50)

กลุ่ม	หลังการทดลอง		t	p
	Mean	SD		
กลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบแกงการู	78.7	2.31	3.04	0.01
กลุ่มที่ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการู	69.6	6.00		

$p < 0.05$

สรุปและอภิปรายผล

มารดาที่มีทารกเกิดก่อนกำหนด หลังได้รับ การดูแลแบบแกงการู ติดต่อกัน มีผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ย ความพึงพอใจบทบาทการเป็นมารดาของทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก < 1,500 กรัม สูงกว่ากลุ่ม ที่ไม่ได้รับการดูแลแบบแกงการูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 3.04$, $p = 0.01$) เนื่องจากความรักใคร่ผูกพัน เป็นความสัมพันธ์ที่มีลักษณะพิเศษระหว่างบิดากับทารก และคงอยู่ตลอดระยะเวลานานที่ถูกพรากจากกัน พฤติกรรมระหว่างมารดาและทารกที่บ่งชี้ถึงความผูกพัน คือ การสัมผัสและแสดงความรัก ซึ่งสามารถส่งเสริม โดยการสัมผัสแบบเนื้อแนบเนื้อ เนื่องจากผิวหนัง

เป็นอวัยวะที่รับความรู้สึกที่ใหญ่ที่สุดของร่างกาย การส่งเสริมให้มารดาได้มีโอกาสสัมผัสทารกแบบเนื้อแนบเนื้อ โดยจัดให้มารดาได้อุ้มทารกเกิดก่อนกำหนด ที่นุ่งเฉพาะผ้าอ้อม ไม่ใส่เสื้อ ให้อยู่ในท่านอนคว่ำศีรษะ สูงตะแคงหน้าไปทางใดทางหนึ่งและอุ้มทารกให้ผิวหนัง ทารกแนบสัมผัสผิวหนังบริเวณหน้าอกเปลือยของมารดา รวมทั้งการลูบสัมผัส การจ้องตา การพูดคุย การจูบ การยิ้มกับทารกและการกอดทารกแนบอกในขณะให้ การดูแลแบบแกงการูระหว่างการทดลองเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การสร้างความผูกพัน ระหว่างมารดากับทารก เป็นการเพิ่มความใกล้ชิดและ มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ส่งผลให้เพิ่มความรักใคร่ ผูกพันขึ้นด้วย ผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนทฤษฎีความรักใคร่ผูกพัน (bonding theory) ของเคลาส์ และเคนแนล ที่กล่าวไว้ว่า พันธะความรักใคร่ผูกพันระหว่างบิดากับทารกจะเกิดขึ้นเป็นเวลาที่ยาวนาน และไม่หยุดชะงักอย่างทันที มีแต่จะเพิ่มพูนมากขึ้น ทุกครั้งที่มารดาได้สัมผัสโอบกอดใกล้ชิดทารก สนับสนุนคำกล่าวของ ดอกเตอร์ นีลส์ เบิร์กแมน แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการการดูแลแบบแกงการู ที่บอกว่าระยะเวลาที่ให้ผลดีที่สุดในการดูแลแบบ แกงการูแต่ละครั้ง ควรใช้เวลาอย่างน้อย 60 นาทีต่อวัน ซึ่งการสัมผัสผิวหนังใกล้ชิดระหว่างมารดาและทารก อย่างต่อเนื่องมีความสำคัญต่อความรักใคร่ผูกพันความผูกพันที่มั่นคงหรือพันธะความรักใคร่ผูกพัน ระหว่างบิดากับทารกจะเพิ่มมากขึ้นทุกครั้งที่มารดาได้ สัมผัสโอบกอดใกล้ชิดทารกซึ่งความผูกพันที่แนบแน่น ที่พัฒนากับทารกเป็นความรู้สึกที่ต้องการแสดงความรัก และความผูกพันเพื่อที่จะปกป้องทารกให้รอดพ้นจาก อันตรายและมีชีวิตอยู่รอดได้บิดาที่มีโอกาสดูแล ทารกแบบแกงการูจะมีความพอใจและมีความมั่นใจ ในการดูแลทารกด้วยตัวเองมากขึ้น สามารถปรับตัว กับการมีบุตรที่เจ็บป่วยได้ดีขึ้น โดยเฉพาะทารกเกิด ก่อนกำหนด ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับกรณีศึกษาของปาร์คเกอร์ และแอนเดอร์สัน ที่พบว่าบิดาที่ได้ ให้การดูแลแบบแกงการูกับทารกมีความรู้สึกว่าผูกพัน กับทารกที่รับมาเลี้ยงเป็นบุตรบุญธรรม โดยบอกว่า การดูแลแบบแกงการูเป็นการเริ่มต้นที่จะรู้จักทารก เป็นโอกาสที่จะเริ่มความรักใคร่ผูกพัน ทำให้มีความ ใกล้ชิดกับทารกมากกว่าที่คาดคิดไว้ จึงเป็นการเพิ่ม ความรักใคร่ผูกพันระหว่างมารดาและทารกมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับผลการศึกษาหลายการศึกษา ที่พบว่า การดูแลแบบแกงการูทำให้ความรักใคร่ผูกพันระหว่าง มารดาและทารกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ เทสเซอร์ และคณะ ที่ทำการศึกษาผลของการดูแลแบบแกงการูของ มารดากับทารกเกิดก่อนกำหนด ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุม เนื่องจากมารดาทั้งสองกลุ่มมีพฤติกรรมที่ปรับ ตัวเข้ากับภาวะสุขภาพของทารกที่ต้องการการดูแล แบบวิกฤติ ซึ่งทารกเกิดก่อนกำหนดที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง มีน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 2,000 กรัม และต้องรับ การรักษาในตู้อบเป็นเวลานาน จนกระทั่งจำหน่ายออก จากโรงพยาบาล ผู้วิจัยจึงสรุปว่า ภาวะสุขภาพของทารก มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมความผูกพันของมารดาที่มี ต่อทารกมากกว่าการดูแลแบบแกงการู และการศึกษา อื่นๆ ที่พบว่า การดูแลแบบเนื้อ

แนบเนื้อไม่มีผล ต่อพฤติกรรมความรักใคร่ผูกพันระหว่างมารดาและ ทารกทั้งนี้อาจเนื่องจากการศึกษาเหล่านั้น มีจำนวน กลุ่มตัวอย่างน้อยเกินไปหรือการใช้เครื่องมือวัด ที่ไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการติดตามผลการวิจัยในระยะยาว เกี่ยวกับผลของการดูแลแบบแกงการูต่อความรักความอบอุ่นและการเลี้ยงดูทารกของบิดา โดยเปรียบ เทียบระหว่างกลุ่มบิดากับทารกที่ได้รับการดูแลแบบ แกงการูกับกลุ่มบิดากับทารกที่ไม่ได้รับการดูแล แบบแกงการู

2. ควรมีการศึกษาในทารกกลุ่มอื่นๆ เช่น ทารกที่วิกฤติ ทารกที่มีมารดาในกลุ่มเสี่ยง ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาเด็กถูกทอดทิ้ง เด็กถูกทำทารุณกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณจินตา เกียรติศักดิ์โสภณ หัวหน้าพยาบาลโรงพยาบาลปัตตานีและ นพ.ศักดิ์ชัย ตั้งจิตวิทยา ผู้อำนวยการโรงพยาบาลปัตตานี ที่ให้ขวัญและกำลังใจในการทำงานและการสนับสนุนเสมอมา และขอบคุณ ดร.ฐปรัตน์ รักษ์ภาณุสิทธิ์ อาจารย์คณะพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และอาจารย์พยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานวิจัย และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอบคุณมูลนิธิโรงพยาบาลปัตตานี ที่ให้ทุนสนับสนุนงาน วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุษกร พันธ์เมธาฤทธิ์. การดูแลแบบแกงการู : ผลต่อความรักใคร่ผูกพันและการเลี้ยงลูกด้วยนมมารดา.สงขลา : บริษัท เอสพริ้นท์ (2004) จำกัด ; 2548.

วิไล เลิศธรรมเทวี และคณะ. ผลขอลการดูแลแบบ Kangaroo care ต่อ อุณหภูมิของร่างกาย น้ำหนักตัว และความพึงพอใจของมารดาในทารกคลอดก่อนกำหนด. สารศิริราช 2543 ; 52(2) :114 – 21.

วัชรี นุ่นประเสริฐ.ผลของการดูแลทารกนำหนักน้อยแบบแกงการู ต่อสัมพันธภาพระหว่างมารดาและทารก และการปรับตัวต่อบทบาทการเป็นมารดา. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลแม่และเด็ก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล 2559.

Anderson GC.Skin to skin : Kangkaroo care in Westem Europe. Am J Nurs 1989;89:662-7.

Swinth J,Nelson,Hadeed A,Anderson G.C.Shared kangaroo(Skin to skin) care for triple.MCN, Am J Matern Chil Nurs 1995;25:214 -6.

ผลของการส่งเสริมสมรรถนะของผู้ดูแล ต่อความรู้ และความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้

The effectiveness of the Self-efficacy on caregiver of knowledge and ability care on patients with dependency

อามัล สาเหาะ(Amal Sahoh) อรทัย ชูเมือง(Orathai Chumuang)
ลมัย แดงประดิษฐ์(Lamai Dangpradit)
หอผู้ป่วยพิเศษอายุรฉัฐ ฝ่ายการพยาบาล โรงพยาบาลปัตตานี
Email : Add_chumuang@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเดียววัดผล ก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความรู้ ความสามารถของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ และเข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยพิเศษอายุรฉัฐ โรงพยาบาลปัตตานี จำนวน 25 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ซึ่งพัฒนามาจากทฤษฎีการดูแลตนเองของโอเร็มครอบคลุมความจำเป็นในการดูแลตนเองทั้งหมด มีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.86 และความเที่ยงของแบบวัดความสามารถของผู้ดูแลจากการสังเกตของผู้สังเกต 2 คน (interrater reliability) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.94 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยายโดยใช้ค่า ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความรู้และความสามารถของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (Paired t test)

ผลการวิจัย พบว่า ความรู้ของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ สูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าผู้ดูแลมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะของผู้ดูแล อยู่ในระดับ ดีมาก โปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลเป็นกิจกรรมการพยาบาลที่ช่วยเพิ่มความสามารถให้แก่ผู้ดูแล ในด้านความรู้ และทักษะในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ส่งผลให้ผู้ดูแลมีความมั่นใจ และสามารถดูแลผู้ป่วยได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ ลดภาวะแทรกซ้อน และมีคุณภาพชีวิตที่ดี

คำสำคัญ : โปรแกรมส่งเสริมสมรรถนะ ผู้ดูแล ผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้

บทนำ

จากสถานการณ์ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้สูงอายุราว 10 ล้านคน ในจำนวนนี้ประมาณ 70,000 คนที่นอนติดเตียง และอีกประมาณ 170,000 คนที่ต้องอยู่กับบ้าน ไม่สามารถไปไหนมาไหนได้ตามลำพัง ส่งผลกระทบต่อภาระการดูแล และค่าใช้จ่ายทั้งด้านสุขภาพและด้านสังคมของครัวเรือน และภาพรวมของประเทศเพิ่มสูงขึ้นประเทศไทย ในปี พ.ศ.2558 มีสัดส่วนผู้สูงอายุ ร้อยละ 16 ของประชากรทั้งหมด (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุ, 2559) ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ยังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีสาเหตุจากการเจ็บป่วย และ/หรือมีอายุมาก การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงยังเป็นบทบาทของครอบครัว (ศิราณี ศรีหาภาค และคณะ, 2556) จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของขนาดครัวเรือน จาก 6 คน ในปี 2503 เหลือ 3 คน ในปี 2553 และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้ที่อยู่คนเดียวสูงขึ้น (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, 2557) ย่อมส่งผลต่อความสามารถในการดูแลผู้สูงอายุของครอบครัวไทยยิ่งขึ้น

การเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังเป็นปัญหาสุขภาพ ที่สำคัญของคนไทยในปัจจุบันและมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการมีพฤติกรรม สุขภาพที่ไม่เหมาะสม ประกอบกับสังคมไทยเข้าสู่สังคม ผู้สูงอายุ สัดส่วนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการพึ่งพิงประชากรของประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีปัญหาของสุขภาพจากการเสื่อมของร่างกายตามวัย เจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง เกิดผลกระทบทั้งด้านเศรษฐกิจ ภาวะสุขภาพ เศรษฐกิจ สังคม เศรษฐกิจ ภาวะสุขภาพ ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีปัญหาในด้านการเคลื่อนไหวและอยู่ในภาวะพึ่งพา พบว่าจำนวนผู้ป่วยเกือบร้อยละ 50 ส่งผลทำให้เกิดความสามารถในการดูแลตัวเองบกพร่องและเกิดอัมพฤตอัมพาต ซึ่งมีผลกระทบต่อผู้ดูแล และสมาชิกครอบครัว ครอบครัวและสมาชิกในครอบครัวเป็นบุคคลสำคัญที่สุดที่จะดูแลผู้ป่วยเมื่อกลับบ้าน ผลกระทบต่อญาติผู้ดูแลจากการดูแลผู้ป่วยเรื้อรัง การดูแลผู้ป่วยเรื้อรังที่บ้านโดยเฉพาะผู้ป่วยเรื้อรัง ที่มีปัญหาสุขภาพที่ซับซ้อน เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจวายเรื้อรัง โรคมะเร็งระยะลุกลาม โรคไตวาย เรื้อรัง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง สมองเสื่อมและอัลไซเมอร์ เป็นต้น นับว่าเป็นภาระที่หนัก ไม่สามารถไปไหนได้อย่างอิสระ มีความกังวลกลัวว่าผู้ป่วยจะเป็นอะไรไปในระหว่างที่ตัวเองไม่อยู่ อาการของผู้ป่วยที่เปลี่ยนแปลงไป และมีความทุกข์ใจเมื่อไม่สามารถช่วยให้ผู้ป่วยมีอาการดีขึ้นได้ เกิดความรู้สึกผิด และรู้สึกหมดหนทางช่วยเหลือ เมื่อผู้ป่วยเรื้อรังมีอาการเลวลง นอกจากนี้ญาติผู้ดูแลยังต้องอดทนกับสภาพอารมณ์ของผู้ป่วยที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากภาวะเจ็บป่วย เช่น หงุดหงิด โกรธง่าย เอาแต่ใจ เอาใจไม่ให้ความร่วมมือ เป็นต้น นอกจากนี้ยัง พบว่าญาติผู้ดูแลส่วนหนึ่งต้องลาออกจากงานเพื่อรับหน้าที่ดูแล ดังนั้นการเตรียมความพร้อมของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

โปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยจึงเป็นการเตรียมความรู้และฝึกทักษะที่จำเป็น ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลมีความมั่นใจในการดูแลผู้ป่วยเมื่อจำหน่ายกลับบ้าน ผู้ดูแลบางรายไม่

ต้องการให้ผู้ป่วยกลับบ้านเนื่องจากมีความกังวลเกี่ยวกับการดูแลเมื่อกลับไปอยู่ที่บ้าน ทำให้นอนโรงพยาบาลนานเป็นปี หรือจนผู้ป่วยเสียชีวิตในโรงพยาบาล ดังนั้นการเตรียมผู้ดูแลมีความสำคัญเพื่อให้มีความรู้ ความสามารถ และมีความมั่นใจว่าสามารถที่จะกลับไปดูแลผู้ป่วยต่อที่บ้านได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ สมรรถนะของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ประกอบด้วย ความรู้และความสามารถในการดูแล ญาติผู้ดูแลต้องประสบ กับความเครียดเรื้อรังซึ่งส่งผลลบต่อภาวะสุขภาพของ ญาติผู้ดูแลเอง ซึ่งจะส่งผลลบต่อคุณภาพการดูแลผู้ป่วยเรื้อรัง ดังนั้นญาติผู้ดูแลจึงเป็นกลุ่มเป้าหมายของบุคลากรสุขภาพ ที่ควรให้ความสนใจและไม่ควรมองข้าม พยาบาลมีบทบาทสำคัญในการประเมินความรู้ ความสามารถของผู้ดูแลในระยะก่อนจำหน่าย ผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล เป็นการตรวจสอบความพร้อมของผู้ดูแล จากงานวิจัย พบว่า การจำหน่ายผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาลเป็น สถานการณ์การเปลี่ยนผ่านที่ก่อให้เกิดความเครียดกับผู้ดูแล อย่างไรก็ตามผู้ดูแลที่มีความสามารถในการดูแลสูง จะมีแนวโน้มการประเมินสถานการณ์การดูแลผู้ป่วยว่าไม่ใช่เรื่องยากลำบาก สามารถช่วยเหลือกระทำกิจกรรมต่างๆ ให้ผู้ป่วยโดยใช้เวลาไม่มากนัก และสามารถวางแผนจัดการสอดแทรก การดูแลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลที่ดี มีการฟื้นหายเร็ว (Barker, 1993) อัตราการกลับเข้ารักษาซ้ำลดลง (Evan, Bishop, & Mathlock, 1987) ความสามารถของญาติผู้ดูแลเป็นปัจจัยทำนายประสบการณ์และการตอบสนองในบทบาทของญาติ ผู้ดูแลทางบวก (Browing & Schwirian, 1994) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความสามารถของญาติผู้ดูแลเปรียบเสมือนกุญแจสำคัญที่นำไปสู่การบรรลุถึงเป้าหมายคุณภาพชีวิตที่ดี เพิ่มความพึงพอใจในชีวิตทั้งของผู้ป่วย และผู้ดูแล

หอผู้ป่วยพิเศษอายุรฉัฐ โรงพยาบาลปัตตานี รับผู้ป่วยทุกแผนก ส่วนมากจะเป็นแผนกอายุรกรรม และเป็นผู้ป่วยสูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ติดเตียง ญาติปฏิเสธที่จะนำผู้ป่วยกลับไปดูแลต่อที่บ้านบางรายอยู่โรงพยาบาลเป็นปี เนื่องจากเป็นผู้บริจาค และค่อนข้างมีฐานะทางเศรษฐกิจ พยาบาลต้องใช้พลังกาย พลังใจเป็นอย่างมากในการดูแลกลุ่มผู้ป่วยดังกล่าว เพื่อให้ผู้ป่วยได้กลับไปใช้ชีวิตที่บ้าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเพื่อ ประเมินความรู้และความสามารถของผู้ดูแลใน การดูแลผู้ป่วยสูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ก่อนจำหน่ายออกโรงพยาบาล เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการวางแผนจำหน่ายที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นต่อไปเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยเลวลง และอาจเสียชีวิตเร็วขึ้น การลดจำนวนวันนอนแต่ต้องอยู่ภายใต้การบริการ ที่มีคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความรู้ ความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะฯ

๒.เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถ ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะฯ

๓. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ดูแลต่อโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะฯ

สมมติฐานการวิจัย

1. คะแนนความรู้ ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ หลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ มีค่าคะแนนสูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

๒. คะแนนความสามารถ ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ หลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ มีค่าคะแนนสูงกว่าก่อนการได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

๓. คะแนนความพึงพอใจของผู้ดูแลหลังการได้รับโปรแกรมส่งเสริมสมรรถนะมีความพึงพอใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ชนิด 1 กลุ่ม วัดก่อนและหลังการทดลอง เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ต่อความรู้ และความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา : ญาติและผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ หอผู้ป่วยพิเศษอายุรฉัฐ โรงพยาบาลปัตตานี ระหว่างเดือน ตุลาคม 2559 – ธันวาคม 2560 โดยกำหนดคุณสมบัติ ดังนี้ 1) ต้องเป็นผู้ดูแลประจำ หรืออาศัยกับผู้ป่วยตลอดเวลา 2) ผู้ดูแลสามารถเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะจนจบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

ญาติหรือผู้ดูแลที่ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ที่ หอผู้ป่วยพิเศษอายุรฉัฐ โรงพยาบาลปัตตานี ระหว่างเดือน ตุลาคม 2559 – ธันวาคม 2560 คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางของ เครจซี่ และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970) เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 25 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (inclusion criteria) ดังนี้ 1) ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย 2) สามารถสื่อสารภาษาไทยได้

เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้ป่วยที่อยู่ในความดูแลย้ายหอ/โรงพยาบาล หรือมีภาวะแทรกซ้อน อาการรุนแรงจนบำบัดโดยใช้เครื่องช่วยหายใจ หรือเสียชีวิตก่อนสิ้นสุดโปรแกรม หรือญาติผู้ดูแลไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมที่จัดไว้ในโปรแกรมได้จนสิ้นสุดโปรแกรม หรือญาติผู้ดูแลขอถอนจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ดูแล ประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคล เพศ อายุ สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ รายได้ ความเพียงพอของรายได้ความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย ลักษณะของครอบครัว ประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแล เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เป็นคำถามปลายปิดมี 10 ข้อ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ คือ ไม่พอใจได้ 1 คะแนน พอใจน้อยได้ 2 คะแนน พอใจปานกลางได้ 3 คะแนน พอใจมากได้ 4 คะแนน พอใจมากที่สุดได้ 5 คะแนน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผ่านการตรวจสอบความเชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านอายุรกรรม 1 ท่าน อาจารย์พยาบาลด้านอายุรกรรม 1 ท่าน และพยาบาลวิชาชีพด้านอายุร กรรม 1 ท่าน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1) คู่มือการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ประกอบด้วยการดูแล 1) ด้านร่างกาย 1.1) การดูแลทำความสะอาดร่างกายและเปลี่ยนเสื้อผ้า 1.2) การดูแลการขับถ่ายปัสสาวะ และอุจจาระ 1.3) การดูแลการหายใจ 1.4) การดูแลการให้อาหารทางสายยาง 1.5) การดูแลด้านการเคลื่อนไหว 1.6) การดูแลจัดสิ่งแวดล้อมให้สะอาดและปลอดภัย 2) ความสามารถของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยด้านจิตสังคม โดยผู้วิจัยนำไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (content validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา

2) แบบวัดความรู้ของผู้ดูแลเกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับ สาเหตุของโรค ภาวะแทรกซ้อน การดูแลเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน การดูแลเพื่อฟื้นฟูสภาพ และการปฏิบัติตัวเมื่อผู้ป่วยกลับไปอยู่บ้าน มีลักษณะเป็นคำถามถูกผิด เพื่อใช้ในการประเมินความรู้ของผู้ดูแลก่อนให้โปรแกรมฯและหลังให้โปรแกรม ผู้วิจัยนำแบบประเมินความรู้เกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ไปทดลองใช้กับผู้ดูแลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 แล้วนำมาหาค่าความเที่ยงของแบบวัดความรู้โดย ใช้ KR-20 ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.86

3) แบบวัดความสามารถของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เป็นแบบสังเกต ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบประเมินของ วิราวรรณ คล้ายหิรัญ (2544) ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการดูแลด้านร่างกายได้แก่ การดูแลทำความสะอาด ร่างกายและการเปลี่ยนเสื้อผ้า การดูแลการ

ขับถ่าย ปัสสาวะและอุจจาระ การดูแลการหายใจ การดูแลการให้อาหารทางสายให้อาหาร การดูแลการเคลื่อนไหวของ ร่างกาย การดูแลจัดสั่งแวดล้อมให้สะอาดปลอดภัย และความสามารถในการดูแลด้านจิตสังคม จำนวน 20 ข้อ ผู้วิจัยนำเครื่องมือแบบวัดความสามารถไปตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะ และทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง 15 ราย และหาความเที่ยงของแบบวัดความสามารถของผู้ดูแลจากการสังเกตของผู้สังเกต 2 คน (interrater reliability) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.94

4. แบบวัดความพึงพอใจของผู้ดูแลต่อโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง และแบบประเมิน ความสามารถของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการทดลอง

1.2 ประชุมชี้แจงผู้ดำเนินการวิจัยทั้ง คน เกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการทดลอง

2. ขั้นดำเนินการ

หลังจากได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย แล้ว ผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัยและขอ ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยสำรวจรายชื่อผู้ป่วยที่มีลักษณะตรงตามคุณสมบัติที่กำหนดของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละวัน สอบถามข้อมูลส่วนบุคคลก่อนให้การส่งเสริมสมรรถนะของผู้ดูแล

2.2 ผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่างแต่ละรายในหอผู้ป่วย เพื่อสร้างสัมพันธภาพกับกลุ่มตัวอย่างให้เกิดความไว้วางใจ โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย ประโยชน์ ของการวิจัย ตลอดจนขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจง การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างในการเข้าร่วมการวิจัย เมื่อผู้ป่วยแจ้งยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจึงให้ ให้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และแบบวัดความวิตกกังวลในสถานที่เงียบสงบภายในหอผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างแต่ละราย จะใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 15-30 นาที โดยมีรายละเอียดตามโปรแกรมดังนี้ สร้างสัมพันธภาพผู้ดูแล ประเมินปัญหาและความต้องการของผู้ดูแล ประเมินความรู้ เพื่อกำหนดรายละเอียดการสอนตามโปรแกรมฯ ดำเนินการอบรมตามโปรแกรม ประเมินผลโดยวัดความรู้ ประเมินความสามารถของผู้ดูแล ก่อนและ

หลังให้ความรู้ตามโปรแกรม ประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลหลังได้รับโปรแกรมส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้

การพิทักษ์สิทธิและจริยธรรมการวิจัย

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาและได้รับอนุมัติ จากคณะกรรมการจริยธรรมเกี่ยวกับการวิจัยในมนุษย์ของโรงพยาบาลปัตตานี ทั้งนี้คณะผู้วิจัยพบผู้ดูแลผู้ป่วยเพื่อขออนุญาตและขอความร่วมมือในการเข้าร่วมการวิจัย อธิบายให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ และวิธีการวิจัย โดยผู้ดูแลผู้ป่วยสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัยโดยไม่มีข้อบังคับใดๆ และสามารถยุติการเข้าร่วมการทำวิจัยในช่วงใดก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลกับผู้วิจัยและไม่มีผลต่อการรักษาที่ได้รับ

ผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 25 คน พบว่า ผู้ดูแลส่วนใหญ่เป็นเพศ หญิง จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 84.0 อายุระหว่าง 31-40 ปี จำนวน 15 คน คิดเป็น ร้อยละ 60.0 มีสถานภาพสมรส คู่ จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมาโสด จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 มีการศึกษาระดับ ปริญญาตรี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 52.0 ส่วนใหญ่มีรับจ้างทั่วไป จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 48.0 รายได้ต่อเดือน 10,001-20,000 บาท 16 คน คิดเป็นร้อยละ 52.0 ส่วนใหญ่มีรายได้ ไม่เพียงพอ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 52.0 ความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย ส่วนใหญ่เป็นบุตรหลาน 12 คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมาเป็นผู้ดูแล 10 คิดเป็นร้อยละ 40 ลักษณะของครอบครัวเป็นครอบครัวเดียว จำนวน 15 คิดเป็นร้อยละ 60.0 และส่วนใหญ่ไม่ประสบการณ์ดูแลผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 68.0 (ตารางที่ 1)

ตาราง 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน ความเพียงของรายได้ ความเกี่ยวข้อง ลักษณะครอบครัว และประสบการณ์ดูแลผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ **(n=25)**

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่าง	
	จำนวน (n=25)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	4	16
หญิง	21	84
2. อายุ (ปี)		
ต่ำกว่า 31 ปี	1	4
31-40 ปี	15	60

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่าง	
	จำนวน (n=25)	ร้อยละ
41-50 ปี	9	36
3. สถานภาพสมรส		
คู่	12	48
โสด	10	40
หย่า/แยก	1	4
หม้าย	3	12
4.ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	9	36
ปริญญาตรี	13	52
สูงกว่าปริญญาตรี	3	12
5. อาชีพ		
แม่บ้าน	4	16
ธุรกิจส่วนตัว	2	8
เกษตรกรรม	3	12
ข้าราชการ	4	16
รับจ้างทั่วไป	12	48
6. รายได้ตนเองต่อเดือน		
5,001 – 10,000 บาท	6	24
10,000-20,000 บาท	16	52
มากกว่า 20,000 บาท	3	12
7. ความเพียงพอของรายได้		
เพียงพอ	6	24
ไม่เพียงพอ	13	52
เพียงพอและเก็บ	6	24
8. ลักษณะของครอบครัว		
ครอบครัวเดี่ยว	15	60
ครอบครัวขยาย	10	40
9. ความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย		
ภรรยา/สามี	2	8
บุตร/หลาน	12	48
ญาติ	1	4
ผู้ดูแล	10	40

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่าง	
	จำนวน (n=25)	ร้อยละ
10. ประสบการณ์ดูแลผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้		
มี	8	32
ไม่มี	17	68

2.เปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถดูแลตนเองได้ พบว่าผู้ดูแลมีค่าเฉลี่ยความรู้ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ระยะก่อน การทดลอง เท่ากับ 6.56 (SD=.21) และภายหลังสิ้นสุดการทดลอง เท่ากับ 12.64 (SD=.19) เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติ Paired t-test พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ภายหลังสิ้นสุดทดลอง พบว่าสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 20.68$, $p < .05$) ดังแสดง ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนความรู้ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

คะแนนความรู้ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้	$\bar{X}$	S.D.	t	p-value
ก่อนส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล	6.56	.21	20.68	*.000
หลังส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล	12.64	.19		

*p < .05

3. ค่าเฉลี่ยเฉลี่ยความสามารถในการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ 1) ความสามารถด้านร่างกาย พบว่า หลังได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการดูแลผู้ป่วยด้านร่างกายอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ =2.76, S.D. = .32) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล คะแนนเฉลี่ยอยู่ ในระดับต้องปรับปรุง ($\bar{X}$ = 1.49, S.D. = .25) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า 1.1)การดูแลทำความสะอาดร่างกายและเปลี่ยนเสื้อผ้า มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.88, S.D. = .22) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 1.94, S.D. = .23) 1.2)การดูแลการขับถ่ายปัสสาวะ และอุจจาระ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการดูแลการขับถ่ายปัสสาวะ และอุจจาระ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.84, S.D. = .18) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่

คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 1.78, S.D. = .28) 1.3) การดูแลการหายใจ มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.84, S.D. = .18) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับปรับปรุง ($\bar{X}$ = 1.25, S.D. = .38) 1.4)การดูแลการให้อาหารทางสายยาง มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.88, S.D. = .18) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 1.80, S.D. = .24) 1.5)การดูแลด้านการเคลื่อนไหว มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.73, S.D.= .28) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$= 1.72, S.D. = .16) 1.6) การดูแลจัดสิ่งแวดล้อมให้สะอาดและปลอดภัย มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.71, S.D. = .27) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 1.94, S.D=.23) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูแลด้านร่างกายของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ก่อนและหลังการส่งเสริมสมรรถนะ ทั้งโดยรวม และรายด้าน พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ที่ระดับ .05 (ตารางที่ 3) 2) ความสามารถของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วยด้านจิตสังคม มีคะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.68, S.D. = .26) ซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล ที่คะแนนเฉลี่ย อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 1.78, S.D=.28) เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูแลด้านจิตสังคม ของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ก่อนและหลังการส่งเสริมสมรรถนะการดูแลด้านจิตสังคม พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ที่ระดับ .05 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

คะแนนความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้	$\bar{X}$	S.D.	t	p-value
ก่อนส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล	1.49	.25	20.68	*.000
หลังส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล	2.76	.32		

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะ

กิจกรรม	ความสามารถในการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้						Sig (2talled)
	ก่อนส่งเสริมสมรรถนะฯ			หลังส่งเสริมสมรรถนะฯ			
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	
การดูแลด้านร่างกาย	1.49	.25	ปรับปรุง	2.76	.32	ดี	.000
การดูแลทำความสะอาดร่างกายและเปลี่ยนเสื้อผ้า	1.94	.23	พอใช้	2.88	.22	ดี	*000
การดูแลการขับถ่ายปัสสาวะ อุจจาระ	1,78	.28	พอใช้	2.84	.18	ดี	*000
การดูแลการหายใจ	1.25	.31	ปรับปรุง	2.56	.38	ดี	*000
การดูแลการให้อาหารทางสายยาง	1.80	.24	พอใช้	2.88	.22	ดี	*000
การดูแลเรื่องการเคลื่อนไหว	1.72	.16	พอใช้	2.73	.28	ดี	*000
การดูแลจัดสิ่งแวดล้อมให้สะอาด และปลอดภัย	1.94	.23	พอใช้	2.71	.27	ดี	*000
การดูแลด้านจิตสังคม	1.78	.28	พอใช้	2.68	.26	ดี	*000

*p < .05

4. คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ดูแลต่อโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หลังได้รับการโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะผู้ดูแล

การบริการที่ได้รับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.มีแผนการเตรียมการสอนโปรแกรมส่งเสริมสมรรถนะฯ	4.42	0.63	มาก
2.การสอนและฝึกการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ให้ผู้ดูแลเข้าใจ และสามารถนำไปปฏิบัติได้	4.32	0.59	มาก
3.เปิดโอกาสให้ผู้ดูแลได้สอบถามเกี่ยวกับวิธีการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้	4.10	0.51	มาก
4.ให้ความช่วยเหลือผู้ดูแลขณะที่ผู้ดูแลปฏิบัติกับผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้	3.92	0.46	มาก
5.ระยะเวลาการให้ความรู้และฝึกความสามารถเหมาะสม	4.09	0.43	มาก
6. คู่มือการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ช่วยให้ผู้ดูแลปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น	4.29	0.58	มาก
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อสมรรถนะ	4.34	0.57	มากท

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 25 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 84.0 อายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็น ร้อยละ 60.0 มีสถานภาพสมรส คู่ คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมาโสด คิดเป็นร้อยละ 40.0 มีการศึกษาระดับ ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 52.0 ส่วนใหญ่มีรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 48.0 รายได้ต่อเดือน 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 52.0 ส่วนใหญ่มีรายได้ ไม่เพียงพอ คิดเป็นร้อยละ 52.0 ความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย ส่วนใหญ่เป็นบุตรหลาน คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมาเป็นผู้ดูแล คิดเป็นร้อยละ 40 ลักษณะของครอบครัวเป็นครอบครัวเดียว คิดเป็นร้อยละ 60.0 และส่วนใหญ่ไม่ประสบการณ์ดูแลผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 68.0

ความรู้ของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ พบว่า ภายหลังการทดลอง ผู้ดูแลมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ สูงกว่าก่อนได้รับการส่งเสริมสมรรถนะฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 20.68$, $p < .05$) ความสามารถของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ พบว่า ภายหลังการทดลอง ผู้ดูแลมีค่าคะแนนความสามารถ ทั้งโดยรวมและรายด้าน พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ที่ระดับ.05 และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูแลด้านจิตสังคม ของผู้ดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ก่อนและหลังการส่งเสริมสมรรถนะการดูแลด้านจิตสังคม พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ที่ระดับ .05 เพิ่มงานวิจัยสอดคล้องกับการวิจัยของนวรัตน์ สุทธิพงศ์ (2550) ศึกษาเรื่อง ผลของการพัฒนาความสามารถตนเองร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยผ่าตัดเปลี่ยนลิ้นหัวใจ สถาบันโรคทรวงอก จังหวัดนนทบุรี พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองโดยใช้คู่มือการปฏิบัติตัวก่อน-หลังผ่าตัดเปลี่ยนลิ้นหัวใจมีคะแนนความรู้ด้านการดูแลตนเองเพื่อการฟื้นสภาพหลังการผ่าตัดสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ดังนั้นผู้ดูแลควรได้รับการพัฒนาความรู้ ความสามารถในการดูแลผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ทุกราย และพยาบาลยังเป็นบุคลากรที่สำคัญของญาติ ผู้ดูแล เช่นเดียวกับญาติที่เป็นบุคลากรที่สำคัญในการดูแลผู้ป่วย พยาบาลควรมีการประเมินญาติ ผู้ดูแล ตั้งแต่แรกรับ เพื่อจะได้ให้ข้อมูลและพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดูแล เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องเหมาะสม สามารถกลับไปฟื้นฟูภาพต่อที่บ้าน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี ทั้งของผู้ป่วยและผู้ดูแล

ข้อเสนอแนะ

1. พยาบาลควรประเมินศักยภาพของผู้ดูแลในการดูแลผู้ป่วย ให้ความสนใจรับฟังปัญหาของผู้ดูแล และสงเสริมการมีส่วนร่วมในการดูแล/ญาติ โดยเลือกวิธีปฏิบัติที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาของผู้ป่วยแต่ละราย และมีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง

2. การดูแลผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงโดยครอบครัว เป็นบทบาทภาระของผู้ดูแล และสมาชิกในครอบครัว ควรมีการเตรียมความพร้อม เพื่อเพิ่มศักยภาพคนในครอบครัว และช่วยแบ่งเบาภาระและผลกระทบของผู้ดูแลหลักให้สามารถดูแลกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงได้อย่างเหมาะสม

3. ผู้สูงอายุ/ผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรกำหนดกลยุทธ์ในการป้องกันไม่ให้ผู้สูงอายุที่ยังแข็งแรงต้องเจ็บป่วยและกลายเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณจินตา เกียรติศักดิ์โสภณ หัวหน้าพยาบาล โรงพยาบาลปัตตานี นายแพทย์ศักดิ์ชัย ตั้งจิตวิทยา ผู้อำนวยการ โรงพยาบาลปัตตานี ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ดร. ฐปรัตน์ รักษ์ภาณุสิทธิ์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาให้ข้อเสนอแนะเป็นอย่างดี คอยช่วยเหลือในทำวิจัย ตลอดจนขอขอบพระคุณมูลนิธิฯโรงพยาบาลปัตตานี ที่ได้ผู้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

วิราวรรณ คล้ายหิรัญ. (2544). *ผลของการสอนแนะต่อความพึงพอใจและความสามารถของผู้ดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง*. กรุงเทพมหานคร: ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

จริยา วิทยะศุภร และจงรักษ์ อุตรารัชต์กิจ. ครอบครัวและการพยาบาลครอบครัวในแนวคิดของโอเร็ม. ในสมจิต หนุเจริกุล (บรรณาธิการ). *การดูแลตนเอง: ศาสตร์และศิลปะทางการพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: วี เจ พริ้นติ้ง; 2544. หน้า 223-249.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2559). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย* พ.ศ.2558. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

ศิราณี ศรีหาภาค, โกมาตร จึงเสถียรทรัพย์ และ คณิศร เต็งรัง. (2556). *ผลกระทบและภาระการดูแลผู้สูง อายุระยะยาวภายใต้วัฒนธรรมไทย.* กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม. (2557). *ประชากรและการพัฒนา.* ปีที่ 34 ฉบับที่ 5 (มิถุนายน – กรกฎาคม 2557). นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุวิณี วิวัฒน์วานิช ,สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, จิราพร เกศพิชญวัฒนา. (2555). *การศึกษาความพร้อมและความต้องการของผู้ป่วยที่ได้รับการจำหน่ายจากโรงพยาบาลในโรงพยาบาลทั่วไป และโรงพยาบาลศูนย์ สังกัดกระทรวงสาธารณสุข* : การสำรวจแบบวันเดียว. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2559). *คู่มือสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบริการดูแลระยะยาว ด้านสาธารณสุขสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ 2559.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.

Baker, A. C. (1993). The spouse's positive effect on the stroke patient's recovery. *Rehabilitation Nursing, 18*(1), 30-33.

Browing, J., & Schwirian, P. M. (1994). Spousal caregiver's burden: Impact of care recipient health problems and mental status. *Journal of Gerontological Nursing, 20*(2), 17- 22.

Davis, L. L. (1992). Building a science of caring for caregivers. *Family & Community Health, 15*(2), 1-10.

Evans, R. L., Bishop, D. S., & Matlock, A. L. (1987). Pre-stroke family interaction as a predictor of stroke outcome. *Archive of Physical Medicine and Rehabilitation, 68*(8), 508-512.

การประเมินระบบเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย

EVALUATION OF INFLUENZA SURVEILLANCE SYSTEM IN WIANG KAEN HOSPITAL, CHAING RAI PROVINCE

พิมพ์ชนก ระพีพัฒน์(Pimchanok Rapepat) [1] ธิดารัตน์ เอี่ยมอร่าม(Thidarat Iam-aram) [1]
กิตติพัฒน์ ลาชโรจน์(Kittipat Lacharoch)[2] พัชรินทร์ นุธรรม(Patcharin Nutham)[2]
วุฒิชัย นาชัยเวียง(Woottichai Nachaiwieng)[3]
[1,3] สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
[2] โรงพยาบาลเวียงแก่น
[*]Corresponding author. ดร.วุฒิชัย นาชัยเวียง

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการเฝ้าระวังไข้หวัดใหญ่ ในโรงพยาบาลเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ในคุณลักษณะเชิงประมาณและเชิงคุณภาพ รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากระบบเฝ้าระวัง ประชากรที่ทำการศึกษาเป็นผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษาและบริการที่โรงพยาบาลเวียงแก่น ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยค้นหาผู้ป่วยตามบัญชีจำแนกโรค (ICD-10) J00,J06.9,J11,J108, J10,J100,J101,J111 และ J110 พบประชากร 767 ราย กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ป่วยที่เข้าข่ายตามนิยามที่ใช้ในการ ศึกษา จำนวน 256 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ จำนวน ความถี่ และร้อยละของตัวแปรที่ศึกษา

ผลการศึกษา พบว่า เมื่อใช้นิยามการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ตามคู่มือนิยามโรคติดเชื้อในประเทศไทย มีค่าความไวของการรายงานโรคไข้หวัดใหญ่เท่ากับร้อยละ 96.06 ค่าพยากรณ์บวกเท่ากับร้อยละ 85.88 ค่าความถูกต้องของการบันทึกข้อมูลเท่ากับร้อยละ 100 ยกเว้นตัวแปรวันที่เริ่มมีอาการมีค่าเท่ากับร้อยละ 98.82 และ วันที่พบผู้ป่วยมีค่าเท่ากับร้อยละ 97.64 มีความทันเวลาในการแจ้งรายงานผู้ป่วยภายใน 24 ชั่วโมงเท่ากับร้อยละ 100 ข้อมูลจากทั้งสองกลุ่มสามารถเป็นตัวแทนได้ทั้งตัวแปรด้านเพศและอายุ ในส่วนของผลการศึกษาเชิงคุณภาพพบว่า มีคู่มือและแนวทางการดำเนินงานด้านการเฝ้าระวังโรคและแผนผังแสดงขั้นตอนการรายงานโรค บุคลากรในโรงพยาบาลส่วนใหญ่ยอมรับระบบเฝ้าระวังของโรงพยาบาล การแจ้งข่าวการระบาดได้หลายช่องทาง มีการเก็บข้อมูลการตรวจรักษาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ การบริหารจัดการเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในระบบเฝ้าระวังโรคที่เป็นระบบ ผู้บริหารในระดับจังหวัดและอำเภอมีนโยบายที่ชัดเจนโดยกำหนดให้เป็นตัวชี้วัดหลัก (KPI) มีการส่งข้อมูลย้อนกลับให้ผู้รับผิดชอบ เพื่อใช้ประโยชน์ในการสอบสวน

ควบคุมโรค การพยากรณ์แนวโน้มการเกิดโรคและใช้ในการวางแผนแก้ไขปัญหาในพื้นที่ หากพิจารณาในภาพรวมแล้วสรุปได้ว่าระบบเฝ้าระวังกลุ่มโรคไข้หวัดใหญ่อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย เมื่อใช้นิยามการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ตามคู่มือนิยามโรคติดเชื้อในประเทศไทย มีค่าความไวในการรายงานโรคไข้หวัดใหญ่อยู่ในระดับสูง และการระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่ในปี 2559 น่าจะเกิดจากเนื่องจากทางโรงพยาบาลเวียงแก่นไม่มีการตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาเชื้อไข้หวัดใหญ่ที่มีความจำเพาะเจาะจง วันที่เริ่มป่วยของผู้ป่วยมีความผิดพลาดในการลงข้อมูล แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีจัดอบรมเกี่ยวกับนิยามของโรคไข้หวัดใหญ่ที่ถูกต้องและชัดเจน อบรมเกี่ยวการใส่รหัสโรค (ICD-10) ให้กับบุคลากรในโรงพยาบาลทุกภาคส่วนให้ครอบคลุม ถูกต้อง และทันสมัยเพื่อลดปัญหาการใส่รหัสโรคผิด และควรมีการตรวจหาเชื้อทางห้องปฏิบัติการที่มีความจำเพาะเจาะจงกับตัวเชื้อไข้หวัดใหญ่มากขึ้น เพื่อให้ระบบเฝ้าระวังโรคให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานและมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: โรคไข้หวัดใหญ่, ค่าพยากรณ์บวก, การเฝ้าระวัง, ค่าความไว, ความถูกต้อง, ความทันเวลา

Abstract

The objectives of this study were to study the process of Influenza Surveillance system, to study quantitative and qualitative attribution of Influenza surveillance system, and to evaluate the quality of the influenza reporting system of Wiang Kaen Hospital. The research was a cross-sectional descriptive study. The participants of this study were patients who come to receive medical treatment at the hospital in 1 January – 31 December, 2016 from International Classification of Disease (ICD-10) J00, J06.9, J11, J108, J10, J100, J101, J111 and J110. Total of patients were 767 peoples and the number of sample size of this research were 256 peoples. Data were analyzed using descriptive statistics including the number, frequency and percentage of variables studied.

The study found that when using the definition of influenza surveillance The sensitivity of influenza reporting in the hospital was 96.06%, the positive predictive value was 85.88%, the accuracy of the record was 100%, except the onset of symptoms was 98.82% and the day The patients were 97.64%, The time to report the patient within 24 hours was 100%.The data from both groups can be representative of sex and age. In terms of qualitative results was found that the hospital has guidelines for disease surveillance and disease screening, the most of

healthcare provider accept in hospital surveillance, multi-channel outbreak reporting, computerized data collection system and manage all of staff responsible for systematic surveillance. Management at the provincial and district level has a clear policy as a key indicator (KPI) to use in the investigation of disease control, trends of disease, and use for problem solving in the area.

Keywords: Influenza, PPV, Surveillance, Sensitivity, Accuracy, Timeliness

บทนำ

โรคไข้หวัดใหญ่เป็นการติดเชื้อไวรัสที่ระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลัน สามารถเกิดได้ในทุกเพศ ทุกวัย เป็นโรคที่เกิดได้ตลอดปี แต่พบได้สูงขึ้นในช่วงฤดูหนาว สามารถติดต่อได้ทางการหายใจ ไอ จาม หรือสัมผัสกับสารคัดหลั่งของผู้ป่วยที่เป็นโรคโดยตรงและของใช้ส่วนตัวของผู้ป่วยโดยบริเวณที่อาจมีการติดเชื้อได้แก่ จมูก คอ และปอด อาการโดยทั่วไปของโรคไข้หวัดใหญ่ คือ มีไข้สูงที่ประมาณ 38 องศาเซลเซียสขึ้นไป น้ำมูก ไอมีเสมหะ บางคนมีอาการเจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัว อ่อนเพลียไม่มีแรง อาการส่วนใหญ่จะไม่รุนแรง เป็นอยู่ประมาณ 3-5 วัน ซึ่งบางครั้งจะคล้ายโรคไข้หวัดธรรมดา แต่ท้ายที่สุดอาการก็จะหายไปเองได้ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะมีอาการรุนแรง เช่น ไอมาก หอบเหนื่อย หายใจลำบาก ซึ่งอาจเกิดการอักเสบของปอด ทำให้เกิดปอดบวม ซึ่งอาการอาจจะรุนแรงจนถึงเสียชีวิต ซึ่งถือว่าเป็นโรคที่มีสำคัญที่สุดโรคหนึ่งในกลุ่มโรคติดต่ออุบัติ ใหม่และโรคติดต่ออุบัติซ้ำและเกิดการระบาดใหญ่ทั่วโลกมาแล้วหลายครั้ง แต่ละครั้งของการระบาดโรคได้แพร่กระจายไปกว้างขวางเกือบทุกทวีปที่ทำให้มีผู้ป่วยและเสียชีวิตนับล้านคนสาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ซึ่งมี 3 ชนิด คือ A B และ C โดยไวรัสชนิด A เป็น ชนิดที่ทำให้เกิดการระบาดทั่วโลกที่เกิดการติดเชื้อในคนที่พบในปัจจุบัน เชื้อที่พบจากการรายงานการติดเชื้อในคนบ่อยที่สุด ได้แก่ A(H1N1) และ A(H3N2)

จากรายงานสถานการณ์เกิดโรคไข้หวัดใหญ่ในประเทศไทย ในช่วงปี 2558 และ 2559 พบว่าจำนวนผู้ป่วยทั้ง 2 ปีมีแนวโน้มการกระจายใกล้เคียงกัน กล่าวคือ จำนวนผู้ป่วยสูงในช่วงต้นปีระหว่าง เดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และจะมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนใหญ่พบผู้ป่วยอยู่ในกลุ่มอายุ 0-4 ปี มีอัตราป่วยสูงสุด คือ551.73 ต่อประชากรแสนคน รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 5–9 ปี มีอัตราป่วย 490.80 ต่อประชากรแสนคน สถานการณ์โรคไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น แสดงจำนวนผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษา แยกเป็นรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : จำนวนผู้ป่วยไข้หวัดใหญ่ที่มาเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลเวียงแก่น แยกเป็นรายเดือน ในช่วงปี 2555-2559

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบการเฝ้าระวังไข้หวัดใหญ่
2. เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณของการเฝ้าระวังไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น
3. เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพของการเฝ้าระวังไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น
4. เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการรายงานสถานการณ์โรคไข้หวัดใหญ่ในโรงพยาบาลเวียงแก่น

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) ทั้งคุณลักษณะเชิงปริมาณ ได้แก่ ความไว/ความครบถ้วนของการรายงาน (Sensitivity) ค่าพยากรณ์บวก (Positive Predictive Value) ความทันเวลา (Timeliness) และคุณภาพของข้อมูล (Data quality) และการศึกษาคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ได้แก่ การนำไปใช้ประโยชน์ (Usefulness) การยอมรับของผู้ที่เกี่ยวข้อง (Acceptability) ความยากง่าย (Simplicity) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และความมั่นคงของระบบ (Stability) ทำการศึกษาในโรงพยาบาลเวียงแก่น อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม 2559

ประชาชนที่ทำการศึกษา ได้แก่ รายงานผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ (รหัสโรค J10, J11, J100, J101, J110, J111, J108) จากระบบเฝ้าระวังโรคทางระบาดวิทยา (R506) ของโรงพยาบาลเวียงแก่น ในปี พ.ศ. 2559 และเวชระเบียนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเวียงแก่น ทั้งแผนกผู้ป่วยใน

และผู้ป่วยนอกตามการวินิจฉัยโรค จากผู้มาเข้ารับบริการที่โรงพยาบาลเวียงแก่น ตั้งแต่วันที่ วันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม 2559 ที่มีรหัส ICD-10 ดังนี้

- J00 : Acute nasopharyngitis (common cold)
- J06.9: Acute upper respiratory tract infection (URI)

ขนาดตัวอย่างของเวรระเบียน กำหนดให้เลือกเวรระเบียนรหัส โรค J10, J11, J100, J101, J110, J111, J108 มาทำการทบทวนทั้งหมด 85 (R506) ส่วนรหัส J00 และ J06.9 ทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยใช้สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง Krejcie&Morgan ได้ตัวอย่างเวชระเบียนมาศึกษาทั้งสิ้น 171 ราย แยกเป็น J00 = 153 ราย และ J06.9 = 18 ราย รวมขนาดตัวอย่างของเวชระเบียนที่นำมาทบทวนทั้งหมด 256 ราย

นิยามศัพท์ ผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาใน โรงพยาบาลเวียงแก่นทุกรายในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ที่มีอาการเข้าได้กับนิยามผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค

เกณฑ์ทางคลินิก : มีไข้ ≥ 38 องศาเซลเซียสและมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ร่วมกับอาการอื่นๆอย่างน้อย 1 อาการดังต่อไปนี้

- ✓ ปวดศีรษะ
- ✓ ไอมีเสมหะหรือไอรุนแรง
- ✓ เจ็บคอ
- ✓ อ่อนเพลีย
- ✓ คัดจมูก เป็นต้น

ผู้ป่วยที่สงสัย (Suspected case) หมายถึง ผู้มีอาการตามเกณฑ์ทางคลินิก

ผู้ป่วยที่เข้าข่าย (Probable case) หมายถึง ผู้ที่มีอาการตามเกณฑ์ทางคลินิก ร่วมกับมีข้อมูลทางระบาดวิทยาเชื่อมโยงกับผู้ป่วยที่ยืนยันผล

ผู้ป่วยที่ยืนยันผล (Confirmed case) หมายถึง ผู้ที่มีอาการตามเกณฑ์ทางคลินิก ร่วมกับเกณฑ์ทางห้องปฏิบัติการอย่างใดอย่างหนึ่ง

การวิเคราะห์ผลการวิจัยเป็นการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Research) ซึ่งจะประเมินระบบเฝ้าระวังตามดัชนีตัวชี้วัด ต่อไปนี้คือ ความไวของระบบเฝ้าระวัง ค่าพยากรณ์บวกของระบบ เฝ้าระวัง ความถูกต้องของข้อมูลระบบเฝ้าระวัง และความทันเวลา ของระบบเฝ้าระวัง โดยเกณฑ์ในการประเมินมีดังนี้

ผลการประเมิน	ระดับ
มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80	ดี
ระหว่างร้อยละ 60-79	ปานกลาง
น้อยกว่าร้อยละ 60	ควรปรับปรุง

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป อำเภอเวียงแก่นมีพื้นที่ทั้งหมด 526 ตารางกิโลเมตร อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงราย 150 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ราบลุ่มสลับหุบเขาอยู่ระหว่าง ดอยยาว ดอยผาหม่น และดอยผาจิ มีแม่น้ำสายสำคัญคือ แม่น้ำงาว พื้นที่การปกครองแบ่งออกเป็น 4 ตำบล ได้แก่ ตำบลม่วงยาย มีทั้งหมด 9 หมู่บ้าน ตำบลหล่ายงาว มีทั้งหมด 6 หมู่บ้าน ตำบลท่าข้าม มีทั้งหมด 6 หมู่บ้าน และตำบลปอ มีทั้งหมด 20 หมู่บ้าน มีประชากรทั้งหมด 35,040 คน แบ่งออกเป็น 9 ชนเผ่า ประกอบไปด้วย คนเมือง เย้า ม้ง ยูนาน ขะหมุ มูเซอลื้อ และอาข่า โดยมีโรงพยาบาลเวียงแก่นเป็นโรงพยาบาลทุติยภูมิ ขนาดกลาง มี 30-90 เตียง มีบุคลากรทั้งหมด 143 คน และแบ่งออกเป็น 11 หน่วยงาน

โครงสร้างระบบการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ของอำเภอเวียงแก่น รายงานผู้ป่วยโรคไข้หวัดใหญ่ด้วยระบบ รง. 506 จะรายงานเมื่อพบผู้ป่วยตั้งแต่เข้าข่ายสงสัยโรคไข้หวัดใหญ่ที่มาเข้ารับ การรักษาในโรงพยาบาลทั้งแผนกผู้ป่วยนอกและแผนกผู้ป่วยใน โดยพยาบาลจะทำหน้าที่ซักประวัติและคัดกรองโรคเบื้องต้น จากนั้นจะส่งต่อให้แพทย์วินิจฉัยโรค เมื่อผู้ป่วยได้รับการ วินิจฉัยโรคจากแพทย์ นักเวชสถิติจะเป็นผู้ลงรหัสโรคตาม ICD-10 เข้าในโปรแกรม M report จากนั้นผู้รับผิดชอบงานระบาดวิทยาจะทำหน้าที่ดึงข้อมูลผู้ป่วยจากโปรแกรม M report ตามรหัส ICD-10 ที่เกี่ยวข้องทุกวันราชการ นำมาตรวจสอบความถูกต้อง และบันทึกเข้าในระบบรายงาน 506 (การรายงานทุกครั้งจะใช้ทั้งเกณฑ์นิยามการเฝ้าระวังของสำนักระบาดวิทยาและการวินิจฉัยของแพทย์) ส่งให้ศูนย์ระบาดวิทยาระดับ อำเภอและศูนย์ระบาดวิทยาระดับจังหวัด

2. ผลการศึกษาคุณลักษณะเชิงปริมาณ

จากการทบทวนเวชระเบียนผู้ป่วยตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม- 31 ธันวาคม 2559 มีเวชระเบียนผู้ป่วยที่เข้าได้กับรหัส ICD 10 ตาม 9 รหัสโรค จำนวน 767 ราย ได้ทำการสุ่มตัวอย่างเวชระเบียนที่เข้าได้ตามเกณฑ์ของการศึกษานี้ทั้งหมด 256 ราย แบ่งเป็น โรค Influenza (J10, J11, J100, J101, J110, J111, J108) จำนวน 85 เวชระเบียน, Common cold (J00) จำนวน 153 เวชระเบียนและ URI จำนวน 18 เวชระเบียน พบว่ามีผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์ตามนิยามการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่จำนวน 85 ราย ตรงตามนิยามและรายงานในรง. 506 จำนวน 73 ราย คิดเป็นความครบถ้วนหรือความไวร้อยละ 96.05 และค่าพยากรณ์บวกร้อยละ 85.88 ดังตารางที่ 2

ความครบถ้วนของการบันทึกข้อมูลร้อยละ 100 ความถูกต้องของการบันทึกข้อมูล (Accuracy) การบันทึกข้อมูลตัวแปรสำคัญ ที่มีความถูกต้อง ร้อยละ 100 ได้แก่ อายุ เพศ ที่อยู่ มีเพียงแค่ตัวแปรวันที่เริ่มมีอาการหรือเริ่มป่วยมีค่าเท่ากับร้อยละ 98.82 และ วันที่พบผู้ป่วยหรือวันที่เข้ารับการรักษามีค่าเท่ากับร้อยละ 97.64 ความทันเวลาในการแจ้งรายงานผู้ป่วยภายใน 3 วัน (Timeliness) เท่ากับร้อยละ 100

ตารางที่ 2

Sensitivity and Predictive Positive value	Case definition for surveillance		Total
	Meet the criteria	Not meet criteria	
Reported	73	12	85
No reported	3	168	171
Total	76	180	256

Sensitivity = A/A+C = 73/76*100 = 96.05 %

Positive Predictive Value = A/A+B = 73/85*100 = 85.88 %

3. ผลการศึกษาคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 7 คน ได้แก่ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลเวียงแก่น/แพทย์ 1 คน พยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก พยาบาลแผนกผู้ป่วยใน และพยาบาลห้องอุบัติเหตุและฉุกเฉิน รวม 3 คน เจ้าหน้าที่ระบาดวิทยา ศูนย์ควบคุมโรคอำเภอเวียงแก่น 1 คน เจ้าหน้าที่ IC (Infectious Control) 1 คน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ 1 คน

3.1ความยากง่ายของระบบเฝ้าระวัง

จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการรายงาน โรคในระบบเฝ้าระวังฯ พบว่าในการลงข้อมูลเข้าสู่รายงาน 506 มีความง่ายไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ส่วนการส่งข้อมูลรายงาน 506 ก็สามารถทำได้ง่ายเช่นเดียวกัน เพราะโรงพยาบาลใช้โปรแกรม M report ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกครั้ง ในการสอบสวนโรคเบื้องต้นรายคน ใช้เวลาในการสอบสวนประมาณ 20 นาที ในการแจ้งโรคไม่ควรเกิน 3 วัน ดังแผนภาพที่ 1

3.2 ความยืดหยุ่นของระบบเฝ้าระวัง

มีเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบงานระบาดวิทยาเป็นหลัก 2 คนมีประสบการณ์ปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยามากกว่า 3 ปีได้รับการอบรมการใช้โปรแกรม สามารถทำรายงานได้ตามระบบเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ ในกรณีที่เจ้าหน้าที่ประชุมหรือลางาน ก็สามารถประสานผ่านช่องทางสื่อสารส่วนตัวได้

แต่ไม่มีตัวแทนที่ชัดเจนในการรายงานโรคเข้ารายงาน 506 กรณีที่ผู้รับผิดชอบหลักติดภารกิจทั้ง 2 คน ทางบุคลากรฝ่าย IC จะเป็นผู้ดำเนินการแทน และทางโรงพยาบาลเองก็มีการจัดบุคคลากรในทุกฝ่าย ให้มีผู้รับผิดชอบมากกว่า 1 คน ที่จะช่วยกันทำงานสามารถทำงานทดแทนกันได้

3.3 ความยอมรับของระบบเฝ้าระวัง

ผู้บริหารเห็นความสำคัญและมีการกำหนดเป็นตัวชี้วัดหลัก ทั้งในระดับอำเภอและจังหวัด ในการกำกับ ติดตาม และประเมินผลมาตรฐานการดำเนินงานระบาดวิทยาและมาตรฐานทีม SRRT ส่วนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกแผนก เห็นความสำคัญให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในทุกขั้นตอนของการรายงานโรค และไม่มีปัญหาในการประสานขอข้อมูลในการเฝ้าระวังและสอบสวนโรค

3.4 ความมั่นคงของระบบเฝ้าระวัง (Stability)

ผู้บริหาร แพทย์พยาบาล และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ส่วนใหญ่ทราบถึงนโยบายที่ชัดเจนในการดำเนินงานด้านเฝ้าระวังป้องกัน ควบคุมโรคไข้หวัดใหญ่ และมีการกำหนดเป็นตัวชี้วัดหลักของระดับอำเภอและจังหวัด มีคู่มือการดำเนินงานที่ชัดเจน เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งในระดับอำเภอและจังหวัด เจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ ทราบถึงแนวทางการรายงานโรคไข้หวัดใหญ่ของโรงพยาบาล โดยเมื่อมีผู้ป่วยเข้าข่ายสงสัยโรคไข้หวัดใหญ่ จะต้องแจ้งให้งานระบาดวิทยาของโรงพยาบาลเข้าไปดำเนินการสอบสวนและควบคุมโรค และการแจ้งผู้บริหารรับทราบ

3.5การใช้ประโยชน์จากระบบเฝ้าระวัง (Usefulness)

เจ้าหน้าที่งานระบาดวิทยา ใช้ในการแจ้งเตือน ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องในระบบ ได้รับทราบทุกครั้งเมื่อพบผู้ป่วยไข้หวัดใหญ่รายใหม่ โดยผ่านทางกลุ่มโซเชียลเนตเวิร์ค ในช่วงเย็นของทุกวันราชการ ทำให้ทุกฝ่ายรับรู้สถานการณ์การระบาดของโรคได้อย่างรวดเร็ว แพทย์และพยาบาล ส่วนใหญ่เห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเฝ้าระวัง แต่มีการใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย อาทิเช่น ในกรณีพบผู้ป่วยที่มีอาการคลุมเครือยังไม่สามารถวินิจฉัยได้ชัดเจน แพทย์ก็มีการใช้ข้อมูลความสัมพันธ์เชื่อมโยงทางระบาดวิทยากับผู้ป่วยยืนยันรายอื่น ๆ มาสนับสนุนประกอบการวินิจฉัยเป็นต้น ในส่วนพยาบาลมีเพียง 3 คน ที่มีการใช้ข้อมูลจากการแจ้งเตือนสถานการณ์การระบาด มาประยุกต์ใช้ในดูแลรักษาผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยใน โดยการปรับระบบให้มีการซักประวัติดูอาการเบื้องต้น และการส่งตรวจ Complete blood count (CBC) ให้เข้มข้นขึ้น ในช่วงการระบาดของไข้หวัดใหญ่ เพื่อตรวจจับผู้ป่วยให้ได้ตั้งแต่ในระยะเริ่มแรก (Early detection) และให้การดูแลรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

<u>แผนภาพที่ 1</u> แผนผังการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ของอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย

สรุปและอภิปรายผล

ระบบเฝ้าระวังในภาพรวมของโรงพยาบาลเวียงแก่น มีขั้นตอนกระบวนการรายงานโรคที่ชัดเจน เป็นระบบ และมีความต่อเนื่อง โดยมีเจ้าหน้าที่งานระบาดวิทยาเป็นผู้ประสานงาน ทั้งกับแพทย์พยาบาลและผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในการร่วมกันดำเนินงานเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่เป็นอย่างดี ภายใต้การสนับสนุนเชิงนโยบายจากผู้บริหารทั้งในระดับอำเภอและจังหวัด

สำหรับผลการประเมินระบบเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่ของโรงพยาบาลเวียงแก่น พบว่าค่าความไวของการรายงานโรคอยู่ในระดับที่ดี คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 96.05 ค่าพยากรณ์บวก อยู่ในระดับที่ดี คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 85.88 เนื่องจากทางโรงพยาบาลเวียงแก่นไม่มีการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่มีความจำเพาะเจาะจงกับโรคไข้หวัดใหญ่จึงทำให้ไม่สามารถหาเชื้อไข้หวัดใหญ่ได้อย่างแม่นยำ คุณภาพข้อมูลการรายงานตัวแปรที่สำคัญ มีความครบถ้วนของการบันทึกข้อมูลร้อยละ 100 ความถูกต้องของการบันทึกข้อมูล (Accuracy) การบันทึกข้อมูลตัวแปรสำคัญ ที่มีความถูกต้อง ร้อยละ 100 ได้แก่ อายุ เพศ ที่อยู่ มีเพียงแค่ตัวแปรวันที่เริ่มมีอาการหรือเริ่มป่วย อยู่ในระดับที่ดี คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 98.82 และ วันที่พบผู้ป่วยหรือวันที่เข้ารับการรักษา อยู่ในระดับที่ดี คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 97.64 ความทันเวลาในการแจ้งรายงานผู้ป่วยภายใน 3 วัน (Timeliness) เท่ากับร้อยละ 100

ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเห็นความสำคัญของระบบเฝ้าระวัง โดยให้การสนับสนุนเชิงนโยบาย และให้ความร่วมมือในกระบวนการรายงานโรค ตลอดจนสนับสนุนการเฝ้าระวังสอบสวนโรคให้แก่ทีม SRRT เป็นอย่างดีการลงรายงาน 506 มีความง่าย การสื่อสารได้หลายช่องทาง ช่วยเสริมให้ความยืดหยุ่นในการทำงานสูงขึ้น มีการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการแจ้งเตือนติดตามสถานการณ์การเกิดโรคและการสอบสวนควบคุมโรคไข้หวัดใหญ่ในพื้นที่ได้ทันเวลา

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาเชื้อไข้หวัดใหญ่ที่มีความจำเพาะเจาะจง เพราะจะทำให้สามารถหาเชื้อไข้หวัดใหญ่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทำให้สามารถควบคุม ป้องกันการแพร่กระจายของโรคได้ทันเวลา และควรมีการตรวจสอบข้อมูลสำคัญของผู้ป่วยอย่างละเอียดทุกครั้งก่อนส่งรายงาน เช่น วันที่เริ่มมีอาการของผู้ป่วย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีจัดอบรมเกี่ยวกับนิยามของโรคไข้หวัดใหญ่ที่ถูกต้องและชัดเจน อบรมเกี่ยวการใส่รหัสโรค (ICD-10) ให้กับบุคลากรในโรงพยาบาลทุกภาคส่วนให้ครอบคลุม ถูกต้อง และทันสมัยเพื่อลดปัญหาการใส่รหัสโรคผิด และควรมีการตรวจหาเชื้อทางห้องปฏิบัติการที่มีความจำเพาะเจาะจงกับตัวเชื้อไข้หวัดใหญ่มากขึ้น เพื่อให้ระบบเฝ้าระวังโรคให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานและมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายแพทย์กิติพัฒน์ ลาชโรจน์ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลเวียงแก่น นางพัชรินทร์ นุธรรมหัวหน้ากลุ่มงานปฐมภูมิและองค์รวม และเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายในโรงพยาบาลเวียงแก่นที่ให้คำแนะนำและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

รวมทั้งอาจารย์วุฒิชัย นาชัยเวียง อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ประจำสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

เอกสารอ้างอิง

คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล. (2011). *โรคระบาดประจำปี ไข้หวัดใหญ่*. สืบค้น 28 มีนาคม 2561, จาก http://www.tm.mahidol.ac.th/th/tropical-medicine-knowledge/new/Influenza.html

พวงทอง ไกรพิบูลย์. (2018). *ไข้หวัดใหญ่ (Influenza)*. สืบค้น 31 พฤษภาคม 2561, จาก http://journal.human.cmu.ac.th/files/form2.pdf

อิสระ แสงทอง, ธนู ยิ้มย่อง. (2017). การประเมินระบบเฝ้าระวังโรคไข้เลือดออกในโรงพยาบาลห้วยยอด อำเภอห้วย ยอด จังหวัดตรัง ปี พ.ศ. 2558. สืบค้น 1 มิถุนายน 2561, จาก http://www.wesr.moph.go.th/wesr_new/file/y60/Fs6007_1559.pdf

Bereau of Emerging Infectious Disease, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2017).Forecasing the situation of Influenza in Thailand.

Institute for Urban Disease Control and Prevalence. (2016).การศึกษาระบบเฝ้าระวังโรคไข้หวัดใหญ่และข้อเสนอเชิงนโยบายเพื่อพัฒนาการรับมือโรคติดต่ออุบัติใหม่ทางเดินหายใจในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.

Ministry of Public Health.(2010).การศึกษาระบบเฝ้าระวังไข้หวัดใหญ่และไข้หวัดใหญ่สายพันธ์ใหม่ H1N1. Retrieved from : interfetpthailand.net/femt/.../femt_2011_12_19hirun_1400a.ppt

ภาคผนวก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและวิพากษ์บทความวิจัย
การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18
และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4
“บูรณาการงานวิจัยสู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน”

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์บทความวิจัยแบบบรรยาย (Oral presentaion) มีหน้าที่ให้ข้อเสนอแนะ ซักถามผู้นำเสนอผลงานวิจัย

1. ศาสตราจารย์จำเนียร นันทดิลก
2. รองศาสตราจารย์ ดร.นันทะ บุตรน้อย
3. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญฑวรรณ วิงวอน
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ยุพร ริมชลการ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล
7. รองศาสตราจารย์ ดร.สุวารีย์ วงศ์วัฒนา
8. รองศาสตราจารย์สนิท สัตโยภาส
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวีร์ ชัยอมรไพศาล
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กังสดาล กนกหงษ์
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วงศ์สิริสถาพร
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร มีสำลี
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวิศ จิตรวิจารณ์
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐ์ดนัย ประเทืองบริบูรณ์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐรดา วงษ์นายะ
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงจันทร์ เดี่ยววิไล
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรนันท์ สอนแก้ว
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร สิริสุคันธา
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวิทย์ บุตรอุดม
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัมมะทินนา ศรีสุพรรณ

23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทินา ดำรงวัฒนกูล
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรหมขันธ์
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา โกวิทยางกูร
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรภพ จันทร์แสนตอ
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล ริ้วธงชัย
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล ศัยยกุล
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วศิน์วิโรฒน์ เนติศักดิ์
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา จำลองราษฎร์
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยดา เหล่มตระกูล
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุณสิริ ใจมา
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เสริตานนท์
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ เวชกามา
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน ฟูแสง
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขเกษม ลางคุลเสน
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันมีนสกุล
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หฤทัย ไทยสุชาติ
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อุปสอด
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชนา ปรีชาวรพันธ์
42. อาจารย์ ดร.ประจักษ์ กึกก้อง
43. อาจารย์ ดร.พัฒนา นาคทอง
44. อาจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สอนทน
45. อาจารย์ ว่าที่ ร.อ. ดร.ขจร ตรีโสภณากร
46. อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.โอฬาร เชี่ยวชาญ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์บทความวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster presentaion) มีหน้าที่ ให้ข้อเสนอแนะ ซักถามผู้นำเสนอผลงานวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธุ์ วงษ์บูรณาวาทย์
2. รองศาสตราจารย์ศรีวิไล พลมณี
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐ์กานต์ ปันแก้ว
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุติมา เมทนีธร
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย สุขจิตต์
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเหลือ ใจมโน
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรอนันต์ บุญก่อน
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรธิดา วัฒนาพรรณกิตติ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รพิพรรณ จันทร์มะณี
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ เลิศสมพร
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองคำ
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุจน์ มะโนธรรม
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาษ์ รัชเวทย์
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมเรศ เนตาสิทธิ์
16. อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ วงษ์ไพบูลย์
17. อาจารย์ ดร.จันทร์ทิลา ศรีกระจ่าง
18. อาจารย์ ดร.เชาวฤทธิ์ จั่นจีน
19. อาจารย์ ดร.ณัฐกฤษฎ์ ธรรมกวินวงศ์
20. อาจารย์ ดร.นงลักษณ์ พรหมติงการ
21. อาจารย์ ดร.บัณฑิตา อินสมบัติ
22. อาจารย์ ดร.ปมณฑ์ ภูมาศ
23. อาจารย์ ดร.ปริยนุช ปัญญา
24. อาจารย์ ดร.พัชราวลัย มีทรัพย์
25. อาจารย์ ดร.วิภานุช ใบศล
26. อาจารย์ ดร.สุดาพร สืบสุติน
27. อาจารย์ ดร.สุภาพร พงศ์ภิญโญโอภาส
28. อาจารย์ ดร.เสาวภา ปัญจอริยะกุล

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ภายนอก) มีหน้าที่ ในการตรวจสอบตามถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชาการและพิจารณาบทความวิจัย ก่อนนำเสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ ประกอบด้วย

1. ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.มนัส สุวรรณ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ภูรีพงศ์
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรนภา พรหมมา
4. รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ปาจรีย์ ผลประเสริฐ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.ยุพร ริมชลการ
7. รองศาสตราจารย์ ดร.วารีรัตน์ แก้วอุไร
8. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ์ เล็กวิไล
9. รองศาสตราจารย์ ดร.สุวารีย์ วงศ์วัฒนา
10. รองศาสตราจารย์ ดร.สุวารีย์ วงศ์วัฒนา
11. รองศาสตราจารย์ ดร.อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล
12. รองศาสตราจารย์นราวัลย์ พูลพิพฒน์
13. รองศาสตราจารย์สนิท สัตโยภาส
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กังสดาล กนกหงษ์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญฐณา ดิษฐ์แก้ว
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลวดี ปิ่นวัฒนะ
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวิศ จิตรวิจารณ์
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล บุญคุ้มพรภัทร
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยนันท์ ปัญญาศิริ
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาลิสาร์ ต้นสอน
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐรดา วงษ์นายะ
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษยากร ตีระพฤติกุลชัย
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานฉัตร อาการักษ์
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ มูลศรี

28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุฒินันท์ แพทย์พิทักย์
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตน์ชนก พราหมณ์ศิริ
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรขา อรัญวงศ์
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุณสิริ ใจมา
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เสริตานนท์
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน ฟูแสง
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญชัย ลั้งแท้กุล
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยจรัส เตชะตันมีนสกุล
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งหทัย ชัยอาภร
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชนา ปรีชาวรพันธ์
38. อาจารย์ ดร.กมล อยู่สุข
39. อาจารย์ ดร.กัญญารัตน์ เดือนหงาย
40. อาจารย์ ดร.กาญจน์ คุ้มทรัพย์
41. อาจารย์ ดร.เกรียงไกร ทิมศร
42. อาจารย์ ดร.จันทร์ธิลา ศรีกระจ่าง
43. อาจารย์ ดร.ฉลาด ยืนยาว
44. อาจารย์ ดร.นงลักษณ์ พรหมติงการ
45. อาจารย์ ดร.นันทรักษ์ รอดเกตุ
46. อาจารย์ ดร.ประจักษ์ กึกก้อง
47. อาจารย์ ดร.พัชราวลัย มีทรัพย์
48. อาจารย์ ดร.พัฒนา นาคทอง
49. อาจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สอนทน
50. อาจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร
51. อาจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์
52. อาจารย์ ดร.วัชรี เหล่มตระกูล
53. อาจารย์ ดร.ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ
54. อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ คำเตจา
55. อาจารย์ ดร.สุดาภรณ์ สืบสุติน
56. อาจารย์ ดร.เสาวภา ปัญจอริยะกุล
57. อาจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ภายใน) มีหน้าที่ ในการตรวจสอบตามถูกต้องสมบูรณ์ตามหลักวิชาการและพิจารณาบทความวิจัย ก่อนนำเสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ ประกอบด้วย

1. ศาสตราจารย์จำเนียร นันทดิลก
2. รองศาสตราจารย์ ดร.นันทะ บุตรน้อย
3. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญฑวรรณ วิงวอน
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ปองปรารถน์ สุนทรเภสัช
5. รองศาสตราจารย์ ดร.พรชนก ทองลาด
6. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน
7. รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล
8. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู
9. รองศาสตราจารย์วันทนา สุวรรณอัตถ์
10. รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ชัยพรเจริญศรี
11. รองศาสตราจารย์สุรกานต์ พยัคฆบุตร
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.Truong Thi Hang
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐ์กานต์ ปันแก้ว
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ใจมโน
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วงศ์สิริสถาพร
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร มีสำลี
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุติมา เมทนีธร
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติกานต์ รักธรรม
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐ์ดนัย ประเทืองบริบูรณ์
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงจันทร์ เดี่ยววิไล
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรนันท์ สอนแก้ว
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร สิริสุคันธา
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวิทย์ บุตรอุดม
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภาวรรณ เนตรประดิษฐ์
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทินา ดำรงวัฒนกูล
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเหลือ ใจมโน

28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรหมขันธ์
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา โกวิทยางกูร
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรอนันต์ บุญก่อน
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พอใจ สิงหเนตร
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมผกา โพธิลังกา
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรภพ จันทร์แสนตอ
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฟิสิกส์ ฌอน บัวกนก
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรธิดา วัฒนาพรรณกิตติ
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิภา ยงประยูร
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วศินวิโรฒน์ เนติศักดิ์
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพัฒน์ หมั่นการ
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยะดา เหล่มตระกูล
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลวรรณ ห่านจิตสุวรรณ์
42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขเกษม ลางคุลเสน
43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หฤทัย ไทยสุชาติ
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อุปสอด
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุจน์ มะโนธรรม
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ อาทิตย์กวิน
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ชัยเสนา
48. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมเรศ เนตาสิทธิ์
49. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจนา คุมา
50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักกฤษณ์ ฮั่นยะลา
51. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารุวรรณ ลิมป์ไพบูรณ์
52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมชัย สุขจิตต์
53. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นราธิป วงษ์ปัน
54. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรสวรรค์ มณีทอง
55. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพจิตร สุขสมบูรณ์
56. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุพา อภิโกมลกร
57. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ยิ้มละมัย
58. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรชัย เต็งรัตน์ล้อม

59. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมฤทธิ์ จันขันธ์
60. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีรา ทิพย์วิวัฒน์พจนา
61. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีย์ เอี่ยมอดุลย์
62. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณี จันทร์ตา
63. อาจารย์ ดร.เกษทิพย์ ศิริชัยศิลป์
64. อาจารย์ ดร.จีราภรณ์ พงศ์พันธุ์พัฒนะ
65. อาจารย์ ดร.เจือจันทร์ วงศ์พลกานันท์
66. อาจารย์ ดร.ชัดนารี มีสุขโข
67. อาจารย์ ดร.ณัฏฐ์ รัตนศิรินิชกุล
68. อาจารย์ ดร.ณัฐกฤษฏ์ ธรรมกวินวงศ์
69. อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ปัญญา
70. อาจารย์ ดร.ดวงใจ พุทธวงศ์
71. อาจารย์ ดร.ดวงพร อุ่นจิตต์
72. อาจารย์ ดร.ดุษฎี สีตลวรางค์
73. อาจารย์ ดร.ทิพรัตน์ ตีฆะปัญญา
74. อาจารย์ ดร.ธนพร หมูคำ
75. อาจารย์ ดร.นิศากร สุวรรณ
76. อาจารย์ ดร.ปณตนนท์ เถียรประภากุล
77. อาจารย์ ดร.ปริญญภาษ สีทอง
78. อาจารย์ ดร.ปริยนุช ปัญญา
79. อาจารย์ ดร.ฤๅชุตา เนตรจัด
80. อาจารย์ ดร.วิภานุช ใบศล
81. อาจารย์ ดร.ศรัญญา วัฒนานนท์
82. อาจารย์ ดร.ศิรญา จนาศักดิ์
83. อาจารย์ ดร.ศิวัช ตั้งประเสริฐ
84. อาจารย์ ดร.สมชาย บุญศิริเภสัช
85. อาจารย์ ดร.สุเทพ ทองคำ
86. อาจารย์ ดร.สุธิษณา โตธนายานนท์
87. อาจารย์ ดร.สุวรัฐ แลสันกลาง
88. อาจารย์ ดร.อดุลย์ ปัญญา
89. อาจารย์ ดร.อัจฉรา เมฆสุวรรณ

90. อาจารย์ ดร.อาชวิน ใจแก้ว
91. อาจารย์ ดร.อารยา อริยา

คณะกรรมการกลั่นกรอง มีหน้าที่ กลั่นกรองผลงานวิจัย และบทความวิจัย ในการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ ประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.พรชนก ทองลาด
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชดาพร หวลอารมณ์
3. อาจารย์ ดร.สมชาย บุญศิริเภสัช
4. อาจารย์ ดร.ณัฏฐ์ รัตนศิริวณิชกุล
5. อาจารย์ ดร.ดวงพร อุ่นจิตต์
6. อาจารย์ ดร.ปณตนนท์ เถียรประภากุล
7. อาจารย์ ดร.ฤาชุตา เนตรจัด
8. อาจารย์ ดร.เกษทิพย์ ศิริชัยศิลป์
9. อาจารย์ ดร.สุจิตรา ปันดี
10. อาจารย์ ดร.ปริญญภาษ สีทอง
11. อาจารย์ ดร.ดุษฎี สีตลวรางค์
12. อาจารย์ ดร.เยาวทิวา นามคุณ
13. อาจารย์ ดร.สุวรัฐ แลสันกลาง

คณะกรรมการดำเนินงาน
โครงการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘
และ ลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ “บูรณาการงานวิจัยสู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน”

ตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ได้กำหนดจัดงานประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ “บูรณาการงานวิจัยสู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน” ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ อาคารโอฬาร โรจน์หิรัญ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมวิชาการฯ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และบรรลุผล สมความมุ่งหมาย จึงแต่งตั้งบุคคลเพื่อเป็นคณะกรรมการจัดการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ดังต่อไปนี้

๑. **คณะกรรมการที่ปรึกษา** ประกอบด้วย

๑.๑ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
๑.๒ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๑.๓ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
๑.๔ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
๑.๕ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
๑.๖ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
๑.๗ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
๑.๘ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มีหน้าที่ ให้คำปรึกษาด้านนโยบาย และแนวทางในการจัดการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัย

๒. **คณะกรรมการอำนวยการ** ประกอบด้วย

๒.๑ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	ประธานกรรมการ
๒.๒ รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	รองประธานกรรมการ
๒.๓ รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๔ รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนาระบบกายภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๕ รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษาและสภามหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๖ รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๗ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านบริหารทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๘ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านสิทธิประโยชน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ

๒.๙ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๑๐ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๑๑ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านบริการวิชาการและกิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๑๒ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านอาคารสถานที่	กรรมการ
๒.๑๓ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการ
๒.๑๔ หัวหน้างานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	กรรมการ
๒.๑๕ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	กรรมการ
๒.๑๖ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์	กรรมการ
๒.๑๗ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์	กรรมการ
๒.๑๘ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	กรรมการ
๒.๑๙ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	กรรมการ
๒.๒๐ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม	กรรมการ
๒.๒๑ หัวหน้าสำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ให้คำแนะนำและอำนวยการ แก่คณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ เพื่อให้ดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุวัตถุประสงค์

๓. **คณะกรรมการดำเนินงาน** ประกอบด้วย

๓.๑ รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา	ประธานกรรมการ
๓.๒ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	รองประธานกรรมการ
๓.๓ คณบดีคณะครุศาสตร์	กรรมการ
๓.๔ คณบดีคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	กรรมการ
๓.๕ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๓.๖ คณบดีคณะวิทยาการจัดการ	กรรมการ
๓.๗ คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	กรรมการ
๓.๘ คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร	กรรมการ
๓.๙ ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี	กรรมการ
๓.๑๐ ผู้อำนวยการสำนักศิลปะและวัฒนธรรม	กรรมการ
๓.๑๑ ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ	กรรมการ
๓.๑๒ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการ
๓.๑๓ ประธานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ	กรรมการ
๓.๑๔ ประธานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาภาษาไทย	กรรมการ
๓.๑๕ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน	กรรมการ
๓.๑๖ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา	กรรมการ
๓.๑๗ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต	กรรมการ

สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา

๓.๑๘ ประธานหลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต กรรมการ

สาขาวิชาการบริหารและพัฒนาประชาคมเมืองและชนบท

๓.๑๙ ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ กรรมการ

๓.๒๐ ประธานหลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ กรรมการ

๓.๒๑ ประธานหลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต กรรมการ

๓.๒๒ ประธานหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู กรรมการ

๓.๒๓ อาจารย์ณรงค์ คชภักดี กรรมการและเลขานุการ

๓.๒๔ หัวหน้าสำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ กำหนดนโยบายการดำเนินงานการตรวจสอบ ติดตามการดำเนินงานตามนโยบาย และกำหนดแนวทางการปฏิบัติงานของคณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ

๔. **คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ พิธีเปิดและพิธีปิด** ประกอบด้วย

๔.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ชัยเสนา ประธานกรรมการ

๔.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร สิริสุคันธา รองประธานกรรมการ

๔.๓ นางสาวหอมนวล ศรีริ กรรมการ

๔.๔ นายนเรศ บัวลวย กรรมการ

๔.๕ นายวิทยา รักษ์อภิวันท์ กรรมการ

๔.๖ นางสาวบงกช สมรอบรู้ กรรมการ

๔.๗ นางสาวอัญชลี สามงามมี กรรมการ

๔.๘ นางสาวสุพรรษา พลแก้ว กรรมการ

๔.๙ นางสาวเจนจิรา ขุนเทา กรรมการ

๔.๑๐ นางสาวพัชรี ทิพย์ชมพู กรรมการ

๔.๑๑ นางสาวธนัญญา ขัดผาบ กรรมการ

๔.๑๒ นายธีระพงษ์ หงษ์สาม กรรมการ

๔.๑๓ นางสาวเวณุกรรณ พุฒใจกา กรรมการ

๔.๑๔ นางสาวเพชรรัตน์ กิติคำ กรรมการ

๔.๑๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจวรรณ เลาลลิต กรรมการและเลขานุการ

๔.๑๖ นางสาวศศธร เครือนันตา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) ดำเนินการดูแลความเรียบร้อยและประสานงานตลอดรายการ

๒) จัดทำคำกล่าวต้อนรับ คำกล่าวรายงาน และคำกล่าวเปิดและคำกล่าวปิด

๓) จัดทำวีดีทัศน์แนะนำมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อใช้เปิดในวันจัดการประชุมสัมมนาวิชาการฯ

๔) จัดเตรียมพิธีกร

๕) ออกแบบพิธีเปิด

๖) ดูแลพิธีมอบเกียรติบัตรผู้นำเสนอดีเด่นภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เตรียมของและมอบของ ที่ระลึกสำหรับมหาวิทยาลัยเครือข่ายและผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์งานวิจัย และพิธีมอบธงเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือสำหรับเจ้าภาพจัดการประชุมสัมมนาวิชาการฯ ครั้งที่ ๑๙

๕. คณะกรรมการฝ่ายฝึกซ้อมและการแสดง ประกอบด้วย

๕.๑ อาจารย์ปริตต์ สายสี	ประธานกรรมการ
๕.๒ อาจารย์ปิยะ วัตถพาณิชย์	รองประธานกรรมการ
๕.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิรัตน์ พัฒพิบูลย์	รองประธานกรรมการ
๕.๔ อาจารย์วาทิต ธรรมเชื้อ	รองประธานกรรมการ
๕.๕ อาจารย์ธิดารัตน์ ผมงาม	กรรมการ
๕.๖ อาจารย์สุทธิมั่น ปิยะโกศล	กรรมการ
๕.๗ นางณัฐชญา ขอบรูป	กรรมการ
๕.๘ นางปัญนบ อินนันชัย	กรรมการ
๕.๙ นางสาวพักตร์ชนก ริยาคำ	กรรมการ
๕.๑๐ นายวีรศักดิ์ ของเดิม	กรรมการ
๕.๑๑ นางสาวศิริพร สุทะปา	กรรมการ
๕.๑๒ นายสิทธิพงษ์ แสงเก่ง	กรรมการ
๕.๑๓ นางโสมลักษณ์ กูลพรม	กรรมการ
๕.๑๔ นายอาทิตย์ สุปินะ	กรรมการ
๕.๑๕ นางพรพิศ รินดวงดี	กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ จัดเตรียมและดำเนินการฝึกซ้อมการแสดงในพิธีเปิด

๖. คณะกรรมการฝ่ายจัดประชุมวิชาการและติดตามผล ประกอบด้วย

๖.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ชัยเสนา	ประธานกรรมการ
๖.๒ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	รองประธานกรรมการ
๖.๓ ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ	กรรมการและเลขานุการ
๖.๔ ประธานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ	รองประธานกรรมการ
๖.๕ ประธานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาภาษาไทย	รองประธานกรรมการ
๖.๖ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน	กรรมการ
๖.๗ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา	กรรมการ
๖.๘ ประธานหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา	กรรมการ
๖.๙ ประธานหลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารและพัฒนาประชาคมเมืองและชนบท	กรรมการ
๖.๑๐ ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์	กรรมการ
๖.๑๑ ประธานหลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ	กรรมการ

๖.๑๒ ประธานหลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต	กรรมการ
๖.๑๓ รองศาสตราจารย์ ดร.ปองปรารถน์ สุนทรเภสัช	กรรมการ
๖.๑๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิติมา คุณยศยิ่ง	กรรมการ
๖.๑๕ อาจารย์ณรงค์ คชภักดี	กรรมการ
๖.๑๖ อาจารย์ณิชา นภาพร จงกะสิกิจ	กรรมการ
๖.๑๗ นายจตุพร จันทรมา	กรรมการ
๖.๑๘ นางสาวฉันทาพัฒน์ สมปาน	กรรมการ
๖.๑๙ นางกัลยา เขื่อนแก้ว	กรรมการ
๖.๒๐ นางอภัสนันท์ วัฒนศิริศักดิ์	กรรมการ
๖.๒๑ นางสาวสุภัค โนกุล	กรรมการ
๖.๒๒ นางสาวรวีพรรณ แนบสนิทธรรม	กรรมการ
๖.๒๓ นายวิทยา รักษ์อภิวันท์	กรรมการ
๖.๒๔ หัวหน้าสำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา	กรรมการและเลขานุการ
๖.๒๕ นายลิขิต ศิริ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖.๒๖ นางสาวบงกช สมรอบรู้	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) จัดทำรูปแบบการจัดเตรียมต้นฉบับบทความวิจัยฉบับเต็ม

๒) จำแนกกลุ่มสาขาบทความวิจัย และพิจารณากลั่นกรองผลงานวิจัยเบื้องต้นเพื่อเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา

๓) จัดตารางการนำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับชาติ

๔) ประสานงานกับคณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ ให้การจัดประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ

๕) จัดทำเว็บไซต์ของงานประชุมสัมมนาวิชาการ และโปรแกรมลงทะเบียนผ่านเว็บไซต์

๖) ติดตามผลการพิจารณาบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิ

๗) ติดตามบทความวิจัยฉบับแก้ไขจากเจ้าของผลงานเพื่อลงพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องการประชุม (Proceedings)

๘) ตรวจสอบความถูกต้องของบทความวิจัยฉบับแก้ไขก่อนจัดพิมพ์เอกสารประกอบการประชุม/ รายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceedings)

๙) รวบรวมเอกสาร บทความฉบับแก้ไข และจัดพิมพ์เอกสารประกอบการประชุม/รายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceedings) และเผยแพร่ขึ้นเว็บไซต์และเขียนลง CD ให้ผู้เข้าร่วมประชุมและจัดพิมพ์ให้กับเครือข่าย

๑๐) ติดต่อและประสานงานโรงพิมพ์เพื่อจัดพิมพ์เอกสารประกอบการประชุม/รายงานสืบเนื่องจากการประชุม (Proceedings)

๑๑) ประกาศผลการพิจารณาบทความวิจัย

๗. คณะกรรมการฝ่ายจัดพิมพ์เอกสารประกอบการประชุมวิชาการฯ ประกอบด้วย

๗.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ชัยเสนา	ประธานกรรมการ
๗.๒ ผู้อำนวยการกองบริการการศึกษา	รองประธานกรรมการ
๗.๓ อาจารย์ณรงค์ คชภักดี	กรรมการ
๗.๔ อาจารย์ ดร.สุวรัฐ แลสันกลาง	กรรมการ
๗.๕ อาจารย์ณิชา นภาพร จงกะสิกิจ	กรรมการ
๗.๖ นายลิขิต ศิริ	กรรมการ
๗.๗ นางอิสสริยภรณ์ วานิชพิพัฒน์	กรรมการ
๗.๘ นายวิทยา รักษ์อภิวันท์	กรรมการ
๗.๙ นางสาวบงกช สมรอบรู้	กรรมการ
๗.๑๐ นางสาวอัญชลี สามงามมี	กรรมการ
๗.๑๑ นางสาวสุพรรษา พลแก้ว	กรรมการ
๗.๑๒ นางสาวเจนจิรา ขุนเทา	กรรมการ
๗.๑๓ นางสาวพัชรี ทิพย์ชมพู	กรรมการ
๗.๑๔ นางสาวธนัญญา ขัดผาบ	กรรมการ
๗.๑๕ นายธีระพงษ์ หงษ์สาม	กรรมการ
๗.๑๖ นางสาวเวณุกรรณ พุฒใจกา	กรรมการ
๗.๑๗ นางสาวเพชรรัตน์ กิติคำ	กรรมการ
๗.๑๘ นายนเรศ บัวลวย	กรรมการ
๗.๑๙ หัวหน้าสำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา	กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) จัดทำป้ายชื่อตั้งโต๊ะสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย

๒) ประสานงานกับคณะกรรมการฝ่ายจัดประชุมวิชาการเพื่อจัดเตรียมเอกสารประกอบการประชุมและเกียรติบัตร

๓) รับผิดชอบดูแลงานธุรการ

๘. คณะกรรมการประจำห้องวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย ประกอบด้วย

๘.๑ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญฑวรรณ วิงวอน	ประธานกรรมการ
๘.๒ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ อินต๊ะขัน	รองประธานกรรมการ
๘.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภาวรรณ เนตรประดิษฐ์	กรรมการ
๘.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกร สิริสุคันธา	กรรมการ
๘.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจนา คุมา	กรรมการ
๘.๖ อาจารย์ ดร.อาชวิน ใจแก้ว	กรรมการ
๘.๗ อาจารย์ ดร.ศิรญา จนาศักดิ์	กรรมการ
๘.๘ นักศึกษาคณะวิทยาการจัดการ	กรรมการ

๘.๙ อาจารย์ ดร.จีราภรณ์ พงศ์พันธุ์พัฒนะ กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) กำกับดูแลความเรียบร้อยและควบคุมการนำเสนอผลงานวิจัยภายในห้องวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายแต่ละห้อง

๒) นำป้ายชื่อตั้งโต๊ะสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย

๓) ประสานกับคณะกรรมการฝ่ายจัดประชุมวิชาการเพื่อเตรียมเอกสารประกอบการประชุมและเกียรติบัตร

๔) รวบรวมแบบประเมินผลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายแต่ละห้อง

๕) สรุปผลคะแนนบทความดีเด่นประจำห้องให้กับคณะกรรมการฝ่ายจัดประชุมฯ

๙. คณะกรรมการประจำการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ ประกอบด้วย

๙.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนันท์ ฐิติยาปราโมทย์	ประธานกรรมการ
๙.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรภพ จันทร์แสนตอ	รองประธานกรรมการ
๙.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรธิดา วัฒนาพรรณกิตติ	กรรมการ
๙.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจนา รัตนธีรวิเชียร	กรรมการ
๙.๕ อาจารย์ ดร.อารยา อริยา	กรรมการ
๙.๖ อาจารย์ ดร.กรรณิการ์ สายเทพ	กรรมการ
๙.๗ อาจารย์ ดร.อัจฉรา เมฆสุวรรณ	กรรมการ
๙.๘ นักศึกษาคณะวิทยาการจัดการ	กรรมการ
๙.๙ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๙.๑๐ อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ปัญญา	กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) กำกับดูแลความเรียบร้อยและควบคุมการนำเสนอผลงานวิจัยในการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

๒) รวบรวมแบบประเมินผลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์แต่ละกลุ่มสาขา

๓) สรุปผลคะแนนบทความดีเด่นประจำกลุ่มให้กับคณะกรรมการฝ่ายจัดประชุมฯ

๑๐. คณะกรรมการฝ่ายรับลงทะเบียน สวัสดิการและประสานงานทั่วไป ประกอบด้วย

๑๐.๑ ผู้อำนวยการกองบริการการศึกษา	ประธานกรรมการ
๑๐.๒ นางสาวกฤติมา สมุทรจักร	กรรมการ
๑๐.๓ นายอาเขต รัตนวงค์	กรรมการ
๑๐.๔ นางสาวนิตยา ไชยปัญญา	กรรมการ
๑๐.๕ นางสาวศิริพร ควรคิด	กรรมการ
๑๐.๖ นายปรัชญา วัฒนธรรม	กรรมการ
๑๐.๗ นางสาวนงเยาว์ ตะนะวงค์	กรรมการ
๑๐.๘ นางดวงทิพย์ รัตนชมภู	กรรมการ
๑๐.๙ นางสาวอำพร แก้วหนองยาง	กรรมการ

๑๐.๑๐ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ กรรมการ

๑๐.๑๑ นางอิสสริยภรณ์ วานิชพิพัฒน์ กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) จัดเตรียมรายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมสัมมนา ผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และแขกผู้มีเกียรติ โดยจำแนกบุคคลภายนอก บุคคลภายในมหาวิทยาลัย

๒) จัดทำป้ายชื่อผู้นำเสนอผลงานวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เพื่อนำส่งคณะกรรมการประจำห้องวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย และคณะกรรมการประจำนิทรรศการการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

๓) จัดทำป้ายชื่อทีมงาน และป้ายจับเวลาสำหรับควบคุมเวลาในการวิพากษ์บทความ

๔) ประสานงานกับฝ่ายสวัสดิการและการเงิน เพื่อแจกใบเสร็จรับเงินค่าลงทะเบียนของผู้นำเสนอผลงานวิจัยและผู้เข้าร่วมการประชุมสัมมนาวิชาการฯ

๕) รับลงทะเบียนผู้เข้าร่วมประชุม ตามวัน เวลา และสถานที่ที่กำหนดจัดประชุม

๖) จัดเตรียมอาหาร เครื่องดื่ม ห้องประชุม

๗) ประสานรถ รับ – ส่ง ผู้ทรงคุณวุฒิ โดยประสานกับคณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ

๘) ประสานการจองที่พักสำหรับวิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เข้าร่วมประชุม

๙) ประสานและจัดเตรียมงานเลี้ยงต้อนรับสำหรับวิทยากรและผู้ทรงคุณวุฒิ

๑๑. คณะกรรมการฝ่ายปฏิคม ประกอบด้วย

๑๑.๑ อาจารย์ ดร.ดวงใจ พุทธวงศ์ ประธานกรรมการ

๑๑.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชดาพร หวลอารมณ์ รองประธานกรรมการ

๑๑.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขเกษม ลางคุลเสน รองประธานกรรมการ

๑๑.๔ นางนุชจรี นวลจันทร์ กรรมการ

๑๑.๕ นางสาวนุชรี ธิจินะ กรรมการ

๑๑.๖ นางสาวเอมวิกา ยะสืบ กรรมการ

๑๑.๗ นางสาวกนกพร หมอกใหม่ กรรมการ

๑๑.๘ นางสาวนริศรา เทพศิริ กรรมการ

๑๑.๙ นางสาวปาริชาติ ชัยยะ กรรมการ

๑๑.๑๐ นายจารุพงษ์ ค้ำจุน กรรมการ

๑๑.๑๑ นางสาวอชิรญาณ์ รัตนชัย กรรมการ

๑๑.๑๒ นางสาวชญาภา เปลี่ยนพานิช กรรมการ

๑๑.๑๓ นายกฤตนัย อินนันชัย กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) ประสานงานให้การต้อนรับประธาน วิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ แขกผู้มีเกียรติ และผู้เข้าร่วมประชุม

๑๒. คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์และสื่อมวลชน ประกอบด้วย

๑๒.๑ ประธานหลักสูตรนิเทศศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานิเทศศาสตร์ ประธานกรรมการ

๑๒.๒ รองศาสตราจารย์ ดร.ปองปรารถน์ สุนทรเภสัช กรรมการ

๑๒.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจวรรณ เลาลลิต	กรรมการ
๑๒.๔ อาจารย์ชุตินิษฐ์ ปานคำ	กรรมการ
๑๒.๕ อาจารย์กนกพร เอกกะสินสกุล	กรรมการ
๑๒.๖ อาจารย์กิติวัฒน์ กิติบุตร	กรรมการ
๑๒.๗ นายภาสกร สีเหลือง	กรรมการ
๑๒.๘ นายศรายุทธ แรกข้าว	กรรมการ
๑๒.๙ นายเครือณรงค์ หน่อคำ	กรรมการ
๑๒.๑๐ นักศึกษาหลักสูตรนิเทศศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานิเทศศาสตร์ทุกชั้นปี	กรรมการ
๑๒.๑๑ นายนเรศ บัวลอย	กรรมการ
๑๒.๑๒ นายสิทธิเดช สุวรรณผ่อง	กรรมการ
๑๒.๑๓ นายจุลทรรศน์ เยาวสกุลมาศ	กรรมการ
๑๒.๑๔ นางสาวศศธร เครือนันตา	กรรมการและเลขานุการ
๑๒.๑๕ นางสาวหอมนวล ศรีริ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข่าวทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

๒) ถ่ายทอดเสียงตามสาย วิทยุกระจายเสียง และประกาศในสื่อสิ่งพิมพ์และทางเว็บไซต์

๓) เชิญสื่อมวลชนเพื่อร่วมพิธีเปิดและทำข่าว

๔) ถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวในวันจัดการประชุมฯ ทั้งภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ ตลอดงานการประชุมฯ

๕) อำนวยความสะดวกด้านการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ เครื่องเสียง โสตทัศนูปกรณ์ให้กับผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์พิเศษและผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์

๑๓. คณะกรรมการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วย

๑๓.๑ ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ	ประธานกรรมการ
๑๓.๒ อาจารย์ศักดิ์ชัย ศรีมากรณ์	รองประธานกรรมการ
๑๓.๓ อาจารย์ชลาพันธ์ อุปกิจ	รองประธานกรรมการ
๑๓.๔ อาจารย์จิระประภา คำราช	รองประธานกรรมการ
๑๓.๕ นายภาสกร สีเหลือง	กรรมการ
๑๓.๖ นางสาวภัทรกาญจน์ เอ่งฉ้วน	กรรมการ
๑๓.๗ นายประวิทย์ ย่านเจริญกิจ	กรรมการ
๑๓.๘ นายปริญญา ปันสิน	กรรมการ
๑๓.๙ นายสมานมิตร เมฆโปธิ	กรรมการ
๑๓.๑๐ นายปฏิญญา อินทราวุธ	กรรมการ
๑๓.๑๑ นายจำเนียร หัตถา	กรรมการ
๑๓.๑๒ นายรวีพันธ์ หน่องาม	กรรมการ
๑๓.๑๓ นางสาวนิศารัตน์ วัจนสุนทร	กรรมการ

๑๓.๑๔ นางสาวปรียสุพัศ ตายัน กรรมการ

๑๓.๑๕ ว่าที่ร้อยตรีวชิระ นันตี กรรมการ

๑๓.๑๖ ว่าที่ร้อยตรีปิยะพันธ์ มูลเสน กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) กำกับดูแลการใช้ระบบอินเตอร์เน็ตดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพตลอดการประชุมฯ

๒) จัดทำ ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน ในการใช้ระบบอินเตอร์เน็ตให้ผู้เข้าร่วมประชุมประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ ใช้ชั่วคราวตลอดการประชุมฯ

๓) จัดเตรียมคอมพิวเตอร์สำหรับการบรรยายพิเศษ และห้องวิพากษ์บทความ

๑๔. คณะกรรมการฝ่ายสถานที่และรักษาความปลอดภัย ประกอบด้วย

๑๔.๑ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านบริหารทั่วไป ประธานกรรมการ

๑๔.๒ ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี รองประธานกรรมการ

๑๔.๓ นายสิทธิเดช สุวรรณผ่อง กรรมการ

๑๔.๔ นายพัฒนศักดิ์ ไชยยาสืบ กรรมการ

๑๔.๕ นายผลิตเดช แก้วบุญเรือง กรรมการ

๑๔.๖ นายสุทธิพงษ์ พุธมา กรรมการ

๑๔.๗ นายณัฐพล ทิไชยวงค์ กรรมการ

๑๔.๘ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยทุกคน กรรมการ

๑๔.๙ เจ้าหน้าที่งานสนามทุกคน กรรมการ

๑๔.๑๐ นางศรีสุนันท์ ยี่ดวง กรรมการ

๑๔.๑๑ นางสาวลินลดา พืชพัน กรรมการ

๑๔.๑๒ ผู้อำนวยการกองกลาง กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) อำนวยความสะดวกด้านการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องเสียง โสตทัศนูปกรณ์ให้กับวิทยากร และผู้นำเสนอผลงานวิจัย

๒) จัดเตรียม ทำความสะอาด และตกแต่งสถานที่ในการจัดการประชุมประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ ๑๘ และลำปางวิจัย ครั้งที่ ๔ เพื่อให้เกิดความสวยงามและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ร่วมงาน

๓) ดูแลระบบสาธารณูปโภคให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ

๔) ดูแลความสะอาดของห้องประชุม ห้องน้ำ และสถานที่บริเวณงาน

๕) ดูแลความปลอดภัยในบริเวณสถานที่จัดงานและผู้ร่วมงาน

๖) จัดการจราจรและบริเวณจอดรถ

๗) ขนย้ายและติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

๑๕. คณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ ประกอบด้วย

๑๕.๑ ผู้ช่วยอธิการบดีด้านบริหารทั่วไป ประธานกรรมการ

๑๕.๒ นายสงวน หมื่นแสงคำ กรรมการ

๑๕.๓ นายวิโรจน์ ไชยแก้วโห้	กรรมการ
๑๕.๔ นายอนุดิษฐ์ ปลอกปลูก	กรรมการ
๑๕.๕ นายปฐม บุญยรักษ์	กรรมการ
๑๕.๖ นายปรีชา ตาเมืองปลูก	กรรมการ
๑๕.๗ นายบุญยิ่ง พลไตร	กรรมการ
๑๕.๘ นายสุรศักดิ์ ต๊ะวิโล	กรรมการ
๑๕.๙ นายอรรณพ คำวัง	กรรมการ
๑๕.๑๐ นายสายันต์ ก๋าทอง	กรรมการ
๑๕.๑๑ นายสมาน ขนม	กรรมการ
๑๕.๑๒ นายสมพงศ์ จันทร์ต๊ะวงค์	กรรมการ
๑๕.๑๓ นายชนะนันท์ จันทร์มี	กรรมการ
๑๕.๑๔ นายบุญหลง ฝั้นคำอ้าย	กรรมการและเลขานุการ

มีหน้าที่ จัดเตรียมรถให้พร้อมใช้งานสำหรับรับ – ส่งวิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เข้าร่วมประชุมตลอดการจัดประชุม

๑๖. คณะกรรมการฝ่ายพัสดุและการเงิน ประกอบด้วย

๑๖.๑ รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา	ประธานกรรมการ
๑๖.๒ นายวรากร เนือยทอง	รองประธานกรรมการ
๑๖.๓ นางสาวสมพร ตะนะวงค์	กรรมการ
๑๖.๔ นางสาวศิริขวัญ วาวแวว	กรรมการ
๑๖.๕ นางศิริมา แย้มชู	กรรมการ
๑๖.๖ นางอรพิน ยาวิลัย	กรรมการ
๑๖.๗ นางสาวจีรวรรณ เกตุแก้ว	กรรมการ
๑๖.๘ นางสาวอรพรรณ เสริมกลิ่น	กรรมการ
๑๖.๙ นางสาววรรณนิกา ข่ายสุวรรณ	กรรมการ
๑๖.๑๐ นางสาวศิวพร ใจหงอก	กรรมการ
๑๖.๑๑ นางสาวธิดาพร วงศ์กันทะ	กรรมการ
๑๖.๑๒ นางสาวทัศนีย์ เสียงดัง	กรรมการ
๑๖.๑๓ นางมนฤดี มาปลูก	กรรมการ
๑๖.๑๔ นางสาวรัตนศิริ ยืนยัง	กรรมการ
๑๖.๑๕ นางสาวนิตยา ไชยปัญญา	กรรมการ
๑๖.๑๖ นางสาวกฤติมา สมุทรจักร	กรรมการ
๑๖.๑๗ นางสาวฉันทาพัฒน์ สมปาน	กรรมการและเลขานุการ
๑๖.๑๘ หัวหน้าสำนักงานประสานงานบัณฑิตศึกษา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ จัดจ้าง ยืมเงินทดรองจ่าย เตรียมเอกสารและดำเนินการเบิกจ่ายเงินให้เป็นไปตามระเบียบของทางราชการ

๒) ดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย และจัดส่งให้เมื่อกระบวนการพิจารณาสิ้นสุด

๓) ออกใบเสร็จค่าลงทะเบียนสำหรับผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ

๑๗. คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล ประกอบด้วย

๑๗.๑ รองศาสตราจารย์ ดร.ปองปรารถน์ สุนทรเภสัช	ประธานกรรมการ
๑๗.๒ อาจารย์ณรงค์ คชภักดี	รองประธานกรรมการ
๑๗.๓ นางสาวฉันทาพัฒน์ สมปาน	กรรมการ
๑๗.๔ นางกัลยา เขื่อนแก้ว	กรรมการ
๑๗.๕ นางอภัสนันท์ วัฒนศิริศักดิ์	กรรมการ
๑๗.๖ นางสาวนิตยา ไชยปัญญา	กรรมการ
๑๗.๗ นางสาวศิริพร ควรคิด	กรรมการ
๑๗.๘ นางสาวอำพร แก้วหนองยาง	กรรมการ
๑๗.๙ นางสาวนงเยาว์ ตะนะวงค์	กรรมการ
๑๗.๑๐ นางสาวสุภัค โนกุล	กรรมการและเลขานุการ
๑๗.๑๑ นางสาวรวีพรรณ แนบสนิทธรรม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) จัดทำแบบประเมินผล

๒) แจกและเก็บรวบรวมแบบประเมินผล

๓) ประมวลผลการประเมิน

๔) สรุปผลและรายงานผลการประเมิน

๑๘. คณะกรรมการประสานงาน ประกอบด้วย

๑๘.๑ อาจารย์ ดร.ดวงใจ พุทธวงศ์	เบอร์โทร ๐๘-๖๑๑๖-๘๘๕๕	ประธานกรรมการ
๑๘.๒ อาจารย์ณรงค์ คชภักดี	เบอร์โทร ๐๘-๖๘๙๗-๗๖๒๔	รองประธานกรรมการ
๑๘.๓ อาจารย์ ดร.สุวรัฐ แลสันกลาง	เบอร์โทร ๐๘-๓๒๐๑-๙๑๑๒	รองประธานกรรมการ
๑๘.๔ อาจารย์ณิชา นภาพร จงกะสิกิจ	เบอร์โทร ๐๘-๙๕๖๗-๓๓๙๔	กรรมการ
๑๘.๕ นายจตุพร จันทรมา	เบอร์โทร ๐๘-๕๘๖๕-๑๗๘๐	กรรมการ
๑๘.๖ นายลิขิต ศิริ	เบอร์โทร ๐๙-๗๙๒๔-๑๘๘๖	กรรมการ
๑๘.๗ นายวิทยา รักษ์อภิวันท์	เบอร์โทร ๐๙-๕๖๙๑-๙๓๓๓	กรรมการ
๑๘.๘ นางสาวชญาภา เปลี่ยนพานิช	เบอร์โทร ๐๘-๖๑๑๔-๕๖๖๗	กรรมการ
๑๘.๙ นางสาวอชิรญาณ์ รัตนชัย	เบอร์โทร ๐๘-๓๔๗๗-๘๑๑๑	กรรมการ
๑๘.๑๐ นายกฤตนัย อินนันชัย	เบอร์โทร ๐๘-๗๗๒๕-๖๑๐๓	กรรมการ
๑๘.๑๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชดาพร หวลอารมณ์	เบอร์โทร ๐๙-๑๐๖๙-๑๙๙๘	กรรมการ
๑๘.๑๒ รองศาสตราจารย์ ดร.พรชนก ทองลาด	เบอร์โทร ๐๙-๗๙๕๙-๘๑๐๓	กรรมการและเลขานุการ

๑๘.๑๓ นางสาวบงกช สมรอบรู้ เบอร์โทร ๐๘-๑๗๐๖-๔๐๔๔ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่ ๑) ประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิและวิพากษ์

๒) ประสานงานตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ

๓) ให้บริการข้อมูลแก่ผู้สอบถามทางโทรศัพท์

๔) ศูนย์กลางในการช่วยเหลือ ให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วง

ทัศนะ แนวคิด และรูปแบบการนำเสนอบทความวิจัยในเอกสารเล่มนี้ เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความ การนำบทความหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของบทความไปเผยแพร่ ให้อ้างอิงที่มาเกี่ยวกับผู้เขียนบทความและเจ้าของสิ่งตีพิมพ์