

MJU

ANNUAL CONFERENCE

2018

การประชุมวิชาการระดับชาติ
ประจำปี 2561

รายงานการประชุม ภาคโปสเตอร์

Proceedings of MJU Annual Conference 2018
"Poster Presentation"

11-13 ธันวาคม 2561

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ISBN 978-616-8146-15-6

รายงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561 ภาคโปสเตอร์

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือ : 978-616-8146-15-6

พิมพ์ครั้งที่ 1 : ธันวาคม 2561

ราคา : 1,200 บาท

ผู้เขียน : ผู้เสนอบทความทางวิชาการ ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการ : คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ (ฝ่ายวิชาการ) ประจำปี 2561
สาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์
สาขาเกษตรศาสตร์: ประมงและทรัพยากรทางน้ำ
สาขาเกษตรศาสตร์: สัตวศาสตร์
สาขาเกษตรศาสตร์: ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

จัดพิมพ์โดย : มหาวิทยาลัยแม่โจ้
เลขที่ 63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50210

พิมพ์ที่ : หจก. ดีพริ้นท์ เลขที่ 397 หมู่ที่ 3 ตำบลหนองหาร
อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

คำนำ

รายงานการประชุมวิชาการฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561 ระหว่างวันที่ 11-13 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา และ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมี เป้าหมายเพื่อเป็นเวทีในการนำเสนอความก้าวหน้าด้านการวิจัยในสาขาวิชาการต่างๆ ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเคลื่อนไหวทางด้านวิชาการทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื้อหาของรายงานการประชุมวิชาการ ในเอกสารฉบับนี้ มีทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ รวมทั้งสิ้นจำนวน 166 เรื่อง ทั้งนี้เอกสารรายงานการประชุม วิชาการฉบับนี้เป็นผลงานวิชาการภาคโปสเตอร์ รวมทั้งสิ้น 60 เรื่อง ประกอบด้วยสาขาเกษตรศาสตร์ (พืชศาสตร์ ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร และ สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการที่เสียสละเวลาในการตรวจประเมินผลงานวิชาการ และให้ ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์ที่ดำเนินการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิจัยของไทยและผู้สนใจทั่วไป



(รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชำมสี)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561



สารบัญ

หน้า

ผลงานทางวิชาการภาคโปสเตอร์

สาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์

1-51

การศึกษาความหลากหลายของลักษณะช่อดอกกว่านช้กมดลูกตัวผู้

(*Curcuma elata* Roxb. and *Curcuma latifolia* Rosc.) ในจังหวัดน่าน

พิกุล สุพรไพบุลย์ พิชัย สุพรไพบุลย์ บรรจง อุบแก้ว และกาญจนา รุจิพจน์..... 1

การเจริญและอายุการใช้งานของกล้วยไม้หวายซึ่ง่าภายใต้สภาพการจัดสวนแนวตั้งในอาคาร

ประนอม ยิ่งคำมัน สมชาย อารยพิทยา และอนุกิจ เสาร์แก้ว..... 10

การจำแนกพันธุ์ลำไยโดยใช้เครื่องหมายไอเอสเอสอาร์และเอสเอสอาร์

จันทร์เพ็ญ สระระ ฉันทนา วิชรรัตน์ ชีรนุช เจริญกิจ และแสงทอง พงษ์เจริญกิต..... 19

การศึกษาลักษณะคุณภาพผลและรูปแบบโปรตีนในผลของลำไยพันธุ์ดอ

ที่ปรากฏอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล

เอกวิทย์ ตรีเนตร วัลลภา ดอนคำ อัจฉรา แก้วกล้า วินัย วิริยะอลงกรณ์
และอดิศักดิ์ จุมวงษ์..... 28

ผลของระยะความสุกแก่ต่อลักษณะทางกายภาพของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น

อดิศักดิ์ จุมวงษ์ ปาริชาติ เทียนจุมพล ศุภลักษณ์ ชิตวรกุล และจินตนา จุมวงษ์..... 36

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ โดยวิธีการเร่งอายุ

ละออทิพย์ ไมตรี ไกรกรินทร์ สารภาพ และประภคิต์ โกะสูงเนิน..... 43

สาขาเกษตรศาสตร์: ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

53-111

ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และปริมาณการสะสมคาร์บอนในป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อม

อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

อานุช ศิริรัฐนิคม และสุภฎา ศิริรัฐนิคม..... 53

สมบัติและศักยภาพของดินที่ปลูกลองกองในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

กรรณก ดิพรมกุล นิวัตติ อนงศ์รักษ์ และสุนทร คำयोग..... 62

ศักยภาพของดินในสวนลิ้นจี่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

วิชญ์ เจียมใจ นิวัตติ อนงศ์รักษ์ และสุนทร คำयोग..... 70

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการใต้ทรงพุ่มมะม่วง อำเภอลำลูกเกด จังหวัดสระบุรี	
<i>สุทธิภัทร แสงสว่าง และจิราภรณ์ อินทสาร</i>	78
ผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในดินปลูกข้าว ต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสมบัติบางประการของดิน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการน้ำแบบขังน้ำ	
<i>ชฎาภา ใจหมั่น ศุภธิดา อำทอง ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์</i>	88
ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนครราชสีมาต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด <i>ศิราณี วงศ์กระจ่าง</i>	99
การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราโดยใช้กระบวนการสร้างและรวมตะกอนร่วมกับถูกรีตตะกอน <i>ดารินทร์ ล้วนวิเศษ และอิสระ นนธิราช</i>	104
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	113-331
ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในลินีจี้จากลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน <i>matK</i> <i>ยุพเยาว์ คบพิมาย สิริมา สุวรรรัตน์ วินัย วิริยะอลงกรณ์ จันทรเพ็ญ สาระ และศรัณย์ จิณะเจริญ</i>	113
การโคลนและศึกษาคุณสมบัติของยีน <i>Osc1</i> ที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในข้าวไทย ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์เก่า <i>ช่อทิพา สกกุลสิงหาโรจน์ รอยพิมพ์ สุขเกษ ลลิตา ณ ราชสีมา แสงทอง พงษ์เจริญกิต วรารักษ์ แสงทอง และศรีเมฆ ชาวโพงพาง</i>	122
การแยกและคัดเลือกลีโอสต์ชอบแรงดันออกซิเจนสูงจากน้ำฝิ่งท้องถิ่นเพื่อผลิตเอทานอล <i>โชติชัย มาหะมะ อัมนี้ มะงง และวาสนา มุสา</i>	132
การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสจากดินป่า <i>ขวัญจรัส เชิงปัญญา ทินาพร มาตย์ชาวนา ฌมรัตน์ ชัชวาลย์ ศิริโสภา อินชะ วรรณวงศ์ และกฤษดา พงษ์การณภาส</i>	141
การคัดแยกเชื้อราที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยาราสาด <i>มธุรส ชัยนาญ สายสมร ลำยอง พิชามณูชู้ น้อยสุวรรณ และวชิระ ชุ่มมวงค</i>	148

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การเตรียมเอนไซม์อาหารสัตว์จากก้อนเพาะเห็ดเก่าเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ ของอาหารสัตว์เศรษฐกิจในท้องถิ่น	
ภานรินทร์ ปรีชาวัฒนากร ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน และนงคราญ พงศ์ตระกูล.....	156
การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างโดย <i>Bacillus</i> sp. PS53	
เชาวนิพร ชีพประสพ.....	165
การผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน	
ศรียาภิญญา คล้ายเรือง ศิราภรณ์ ชื่นบาล ปิยะนุช เนียมทรัพย์ และฐปน ชื่นบาล.....	175
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแอลฟาแมงโกสตินจากเปลือกมังคุดและแคปโนเรตินจากรากพหมี	
ทวีสิน นาวารัตน์ และนันทิดา ลิมเสฎฐ์.....	182
ประสิทธิภาพสารสกัดยับยาดอกกระถินทุ่ง (<i>Xyris indica</i> Linn.) ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในนาข้าว	
ธีรวรรณ บุญโทแสง.....	192
สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่าย <i>Anabaena siamensis</i> TISTR 8435	
ศิราภรณ์ ชื่นบาล ฐปน ชื่นบาล และวิภาพร จารุธนกุล.....	201
ศักยภาพการใช้ประโยชน์ของไซเลจที่ได้จากการหมักใส่ไก่ด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก <i>Lactobacillus acidophilus</i> เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ	
เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ จงกล พรมยะ กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และจอมสุดา ดวงวงษา.....	209
การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในงาขี้ม่อนที่เพาะเลี้ยงร่วมกับ <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
ศรียาภิญญา คล้ายเรือง นพมณี โทบุญญานนท์ ปวีณา ภูมิสุทธาผล และปิยะนุช เนียมทรัพย์.....	218
การสังเคราะห์และดัดแปลงพื้นผิวอนุภาคแมกนีไทต์ขนาดนาโนและการประยุกต์ใช้ในการกำจัดตะกั่ว	
ปรีชา กลิกรรมไพบุลย์ ภาณุวัฒน์ สาบวช และอุไรวรรณ ขุนจันทร์.....	225
การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นเพื่อการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ	
กุลวรรณ ไสร์จจ์.....	235
การศึกษาอิทธิพลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคในวัสดุผสมซีเมนต์	
ศุภรัตน์ นาคสิทธิพันธ์ นิตยา ใจทอง และवलันต์ วรรณศรี.....	245
ลักษณะเฉพาะของวัสดุผสมซีเมนต์ปอซโซลาน/เซรามิก/พอลิเมอร์	
นิตยา ใจทอง และศุภรัตน์ นาคสิทธิพันธ์.....	252

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียว (<i>Vigna radiata</i>) <i>นงา อารยะสกุล บุษบสม บุษบรณ มนฤดี ชัยโพธิ์ และสุภารัตน์ ลีธน์ชอุดม</i>	261
การสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาโดยวิธีสกัดเย็นและการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวแบบอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ <i>ฮาลาห์ บิลสุลต่าน</i>	269
การพัฒนาโลชั่นจากหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม่อน และน้ำมันมะกูด <i>ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์ นिकासล จิตต์หมั่น ปวารณา โยปนเตี้ย และนิรันุช ไชยรังษี</i>	278
ประสิทธิผลและความปลอดภัยของการรักษาด้วยการอบสมุนไพรสำหรับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง <i>นุรีชน ยูโซะ จินดาพร ภูริพัฒนาวงษ์ กฤษณ์ พงศ์พิรุฬห์ ประสาน ตั้งยีนยงวัฒนา มณฑกา อีร์ชัยสกุล</i>	287
ปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ จังหวัดสงขลา <i>มณิสรา เลื่อนนง วรรณมล ฤทธิไพโรจน์ และขวัญกมล ขุนพิทักษ์</i>	297
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก บนเครือข่าย <i>ประพรรณพร รัตน์ะ และอดิศักดิ์ เต็มเพชรหนอง</i>	305
เทคโนโลยีเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจสอบการทำงานของพัดลมในระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย <i>วัชรินทร์ สาระไชย ภารต รัตน์ปิณฑะ และพิชชยานิดา คำวิชัย</i>	314
การศึกษาความต้องการของชุมชนเพื่อนำมาพัฒนาระบบต้นแบบที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ และสื่อสังคมออนไลน์มาส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ <i>พิชชยานิดา คำวิชัย ภารต รัตน์ปิณฑะ และวัชรินทร์ สาระไชย</i>	323
สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร	333-421
การผลิตและปรับปรุงลักษณะของฟิล์มเจลลาตินจากหนังปลาไนที่เติมกลีเซอรอล <i>กิตติมา ลีละพงค์วัฒนา ปิยวรรณ กิติทรัพย์ ผกาพรรณ กันธะมูล ปัทมาภรณ์ อินมา เจนจิรา นิเวศน์ และธีระพล เสนพันธ์</i>	333
การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำจากการแช่ส้มแห้ง <i>จันทร์เพ็ญ บุตรใส และเสนห์ บัวสนิท</i>	343

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การพัฒนาแผนแบ่งจากข้าวเจ้าและมันสำปะหลังที่เดิมผงเปลือกกล้วยน้ำว่าเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด ประภาพร ร้อยพรมมา สุรวิทย์ นันทการรัตน์ อนัญญา ไทยบุญนาค สุวรรณา รุ่งเรือง รชรัตน์ แยมพวง กิติศาสตร์ กระบวน และพุดกรอง พันธุ์อู๋มิ่งค์.....	350
การคัดเลือกและศึกษาจุลินทรีย์ <i>Bacillus siamensis</i> ที่ผลิตสารพีไอบोटิก ในรูปของลีแวนจากถั่วเหลืองหมัก ณัฐวุฒิ ไตรโอสถ ฐลัชชันทน์ สายเครีอคำ ณัฐพงศ์ ทาคำ และวิทวัส แจ้งเอี่ยม.....	363
ผลของชนิดโปรตีนต่อลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ ปัทมาภรณ์ อินมา พรพิมล ทานันท์ เจนจิรา นิเวศ และธีระพล เสนพันธ์.....	372
การเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำสำหรับใช้เป็นวัสดุปิดแผล อัจฉรา แก้วกล้า เอกวิทย์ ตรีเนตร และไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน.....	382
การอบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ และภคมน ปินตานา.....	390
การออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาคุ เสริมศักดิ์ เกิดวัน และพนม อินทฤทธิ์.....	398
การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด อภิรัฐ จันทร์ทอง ภารดา อุทโท และมนตรี อารีย์.....	407
ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าถ่านหินก้นเตา กานต์ นามิผล มณีรัตน์ องค์กรธรณี กมลชัย ยงประพัฒน์ และธนาชาติ เพ็งพรม.....	414
สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์	423-524
ศึกษาความต้องการเงินทุนของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร่ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย วรรณวิศา นครขวาง.....	423
การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG ₂ ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดปราจีนบุรี อมรา คำแหง ขนิษฐา เสถียรพีระกุล ปราโมช ศีตะโกเศศ และรัตนา โพธิ์สุวรรณ.....	431

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช	
จตุพร อภิโชติภูตินันท์ ศิริพร ทุมรัตน์ ปาริฉัตร หนูแก้ว อัญชลี สาธิกุล กนกพร ตระการศิริวัฒน์ และปณิสรา รัตนบุรี.....	439
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร	
สุขสันต์ สอนนวล.....	447
การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	
สารภี จุลแก้ว กันต์ธมน สุขกระจ่าง และธนะรัตน์ รัตนกุล.....	459
แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี	
วัฒน์จิรัชย์ เวชชินินนาท.....	466
การจัดการขยะมูลฝอยบนพื้นที่สูง กรณีศึกษา บ้านตุงลอย ตำบลอมก๋อย อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่	
ต่อพงศ์ ตี๋บ่มัง ฐปน ชื่นบาล ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ผานิตย์ นายพันธ์ รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย และปรมินทร์ นาระทะ.....	472
การควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช	
อัญชลี บ่มไโล พัทญ์สินี แก้วคงจันทร์ จตุพร อภิโชติภูตินันท์ ปุณยพรรณ คงแก้ว อารยา แก้วคง กชกร สุวรรณจำรูญ กมลชนก วงศ์สิงห์ เกียรติศักดิ์ อินทรมณี และสุตารัตน์ มนัสชล.....	481
ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และปัจจัยในการเลือกศึกษา ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา	
สมิหลา ศิริศรี และศักดิ์ชัย ศิริศรี.....	487
กระบวนการนิเทศแบบ APPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัด การทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	
อุษณีย์ ยาโกะ.....	495
ความพึงพอใจของประชาชนในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้	
พิชญ์ เจียวคุณ ปรีชา ล่ามช้าง และเอกสิทธิ์ กระจ่างกิจใจชุ่ม.....	507

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การละเล่นพื้นบ้านเพื่อส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในสังคมพหุวัฒนธรรม: กรณีศึกษา
จังหวัดศรีสะเกษ

เตชภณ ทองเต็ม จีรนนท์ แก้วมา และกัญจน์ จันทร์ศรีสุคต..... 515



ผลงานทางวิชาการ
ภาคโปสเตอร์
สาขาเกษตรศาสตร์: พืชศาสตร์



การศึกษาความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้
(*Curcuma elata* Roxb. and *Curcuma latifolia* Rosc.) ในจังหวัดน่าน
Study on the Inflorescence Diversity of Wan Chak Modluk Tour Poo
(*Curcuma elata* Roxb. and *Curcuma latifolia* Rosc.) in Nan Province

พิกุล สุรพรไพบูลย์* พิชัย สุรพรไพบูลย์ บรรจง อุปแก้ว และกาญจนา รุจีพจน์

Pikul Surapornpiboon*, Pichai Surapornpiboon, Bunjong Oupkaew and Kanjana Rujiphot

สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านน่าน น่าน 55000

Plant Science Department, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan

Nan, Thailand 55000

*Corresponding author: pikul.rmutl@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ในจังหวัดน่าน ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึงกันยายน พ.ศ. 2560 มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำว่านชักมดลูกตัวผู้มาใช้ประโยชน์ด้านพืชสวนประดับ และเป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ โดยพิจารณาจากความแตกต่างของลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอก ผลการศึกษาพบความหลากหลายของช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ทั้งชนิด *Curcuma elata* Roxb. และ *C. latifolia* Rosc. โดยว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. elata* Roxb. สามารถจำแนกความหลากหลายของช่อดอกได้ 5 กลุ่ม ในขณะที่ว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. latifolia* Rosc. สามารถจำแนกได้ 18 กลุ่ม และจากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความหลากหลายของว่านชักมดลูกตัวผู้ พบว่ามีว่านชักมดลูกชนิด *C. elata* Roxb. จำนวน 1 กลุ่ม และ *C. latifolia* Rosc. จำนวน 5 กลุ่ม ที่มีลักษณะช่อดอกโดดเด่นเหมาะสำหรับใช้ปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับ และเป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์

คำสำคัญ: ความหลากหลาย ว่านชักมดลูกตัวผู้ จังหวัดน่าน

Abstract

Study on the inflorescence diversity of Wan Chak Modluk Tour Poo in Nan province during May 2016 to September 2017. The objective was to collect basic information about bract characters and colors, including inflorescence size of Wan Chak Modluk Tour Poo for utilization as ornamental plant and germplasm resources for plant breeding. The result showed the inflorescence variation of 2 species of Wan Chak Modluk Tour Poo. *C. elata* Roxb. was classified into 5 groups while *C. latifolia* Rosc. was classified into 18 groups. In all collections, 1 group of *C. elata* Roxb. and 5 groups of *C. latifolia* Rosc. were potential groups for development.

Keywords: diversity, Wan Chak Modluk Tour Poo (*Curcuma elata* Roxb. and *Curcuma latifolia* Rosc.)

Nan province

คำนำ

พืชสกุลขมิ้น (*Curcuma*) เป็นพืชสกุลหนึ่งในวงศ์ขิง ที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของพืชสวนประดับ แม้ว่าสีของดอกอาจจะไม่เป็นที่สะดุดตา แต่สีของกลีบประดับส่วนบน (coma) ก็มีเสน่ห์เป็นที่สะดุดตาของผู้พบเห็น (Nirmal Babu *et al.*, 2011) ซึ่งความสวยงาม แปรกต่าง และความหลากหลายของพืชในสกุลขมิ้นนี้ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมาก (สุรวิช, 2539) และเป็นที่รู้จักมากขึ้นในฐานะไม้ดอกเมืองร้อน แต่เนื่องจากในแวดวงอุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับนั้น การนำพันธุ์ที่แปลกใหม่เข้าสู่ตลาดเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง (Pinto and Graziano, 2003) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีเชื้อพันธุกรรมที่หลากหลาย เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีความสวยงามและมีลักษณะที่โดดเด่นสะดุดตา ซึ่งว่านชักมดลูกตัวผู้เป็นหนึ่งในพืชพื้นถิ่นสกุลขมิ้นที่พบในจังหวัดน่าน ที่มีช่อดอกสวยงาม และมีความหลากหลายของลักษณะช่อดอกที่น่าสนใจนำมาใช้ประโยชน์เป็นพืชสวนประดับ หรือเป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งในประเทศไทยนั้น พบว่ามีว่านชักมดลูกตัวผู้อยู่ 2 ชนิด คือ *Curcuma elata* Roxb. และ *C. latifolia* Rosc. โดยทั้ง 2 ชนิดนี้ มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์แตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ทั้ง *C. elata* Roxb. และ *C. latifolia* Rosc. ต่างมีเหง้ารูปกลมแตกแขนงออกด้านข้าง เนื้อในของเหง้ามีสีเหลืองจาง มีเส้นใย ผิวใบด้านล่างมีขน มีช่อดอกแบบเชิงลาดออกจากโคนต้น ใบประดับแบบ coma สีชมพูแกมขาว กลีบเลี้ยงสีเหลืองอ่อน ก้านช่อดอกยาว 8-15 ซม. และช่อดอกยาว 10-15 ซม. แต่ *C. elata* Roxb. มีเส้นกลางใบสีเขียว ปลายใบประดับรูปแหลม ส่วน *C. latifolia* Rosc. มีเส้นกลางใบสีแดง ปลายใบประดับรูปแหลม (Soontornchinaksaeng and Jenjittikul, 2010) ในขณะที่ Nirmal Babu *et al.* (2011) ได้กล่าวถึง *C. elata* Roxb. ว่ามีใบประดับแบบ coma สีกุหลาบเข้มไปจนถึงสีแดงเข้ม อย่างไรก็ตาม การนำพืชสกุลขมิ้นมาใช้ประโยชน์เป็นพืชสวนประดับนั้น สุรวิช (2539) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาเบื้องต้นในการใช้ประโยชน์จากพืชสกุลขมิ้นไว้ดังนี้ คือ 1) กรณีเป็นไม้ตัดดอก จะต้องมียอดของใบประดับส่วนบนที่สดใส โดยอาจจะมียอดสีเข้มหรือสีอ่อนก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ก้านช่อดอกแข็งแรงและความยาวมากกว่า 50 ซม. 2) กรณีเป็นไม้กระถาง จะต้องมีการแตกกอที่ดี ออกดอกคราวละหลายๆ ช่อ ก้านช่อดอกไม่ยาวจนเกินไป ใบประดับส่วนบนมีสีสดใสสะดุดตา และ 3) กรณีเป็นไม้ประดับแปลง จะต้องมีความสูงที่เหมาะสม ทนต่อสภาพแสงมากได้ดี ควรมีข้อไหล่พันธุ์พุ่ม และควรมียอดของใบประดับที่หลากหลายสดใสสะดุดตา ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาถึงความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ โดยพิจารณาจากความแตกต่างของลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำว่านชักมดลูกตัวผู้มาใช้ประโยชน์ด้านพืชสวนประดับ และเป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ในจังหวัดน่าน ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 โดยสำรวจและเก็บรวบรวมว่านชักมดลูกตัวผู้ในพื้นที่ป่าชุมชน 8 แห่งของจังหวัดน่าน ได้แก่ 1) ป่าชุมชนบ้านใหม่สันติสุข ตำบลน้ำเกีฮัน อำเภอกู่เพียง 2) ป่าชุมชนบ้านศรีนาป่าน ตำบลเรือง อำเภอมือ 3) ป่าชุมชนบ้านไหล่น่าน ตำบลไหล่น่าน อำเภอเวียงสา 4) ป่าชุมชนบ้านจอมจันทร์ ตำบลจอมจันทร์ อำเภอเวียงสา 5) ป่าชุมชนบ้านนาเคียน ตำบลจอมจันทร์ อำเภอเวียงสา 6) ป่าชุมชนบ้านทัพม่าน ตำบลบัวใหญ่

อำเภอพาน้อย 7) ป่าชุมชนบ้านพาน้อย ตำบลพาน้อย อำเภอพาน้อย 8) ป่าชุมชนบ้านนาบัว ตำบลหนองแดง อำเภอแม่จริม และ 9) ป่าชุมชนบ้านโป่งคำ ตำบลคู่งษ์ อำเภอสันติสุข ในระหว่างสำรวจและรวบรวมทำการถ่ายภาพและบันทึกรายละเอียดหลักฐานวิทยาของว่านชั้กมดลูกตัวผู้ที่พบ และสภาพนิเวศวิทยาที่ขึ้น แล้วนำไปตรวจสอบชนิดของว่านชั้กมดลูกตัวผู้กับฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2556) หนังสือพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557) หนังสือพืชสกุลขมิ้นในประเทศไทย (จรัส และ พวงเพ็ญ, 2555) เพื่อจำแนกชนิดและตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำต้นและหัวว่านชั้กมดลูกตัวผู้ที่รวบรวมได้ไปปลูกในภาชนะปลูก อนุบาล และดูแลรักษาในโรงเรือนเพาะชำที่มีการพรางแสงร้อยละ 50 และบันทึกลักษณะของช่อดอก ได้แก่ ความยาวของก้านช่อดอก ความกว้างของช่อดอก ความยาวของช่อดอก จำนวนชั้นของใบประดับ และลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการสำรวจและรวบรวมว่านชั้กมดลูกตัวผู้ที่ขึ้นในพื้นที่ป่าชุมชนของจังหวัดน่าน พบว่านชั้กมดลูกตัวผู้ 2 ชนิด คือ *C. elata* Roxb. และ *C. latifolia* Rosc. เฉพาะในพื้นที่ป่าชุมชนของบ้านนาบัว ตำบลหนองแดง อำเภอแม่จริม ซึ่งมีสภาพนิเวศวิทยาเป็นป่าเบญจพรรณ มีพรรณไม้ป่าชนิดต่างๆ ขนาดเล็กจนถึงขนาดปานกลางขึ้นอยู่ทั่วไปในพื้นที่ มีต้นไม้ขนาดเล็กเป็นพืชหลักในพื้นที่ มีแสงแดดส่องลอดผ่านทรงพุ่มไม้ถึงพื้นดินได้ดี ปริมาณแสงสว่างประมาณร้อยละ 50-60 และบางบริเวณเป็นที่โล่งแจ้งมีแสงแดดส่องได้เต็มที่ ความหนาแน่น 2-6 ต้นต่อตร.ม. โดยมีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยวไม่มีการแตกกอและขึ้นเป็นหย่อม และเมื่อนำว่านชั้กมดลูกตัวผู้มาปลูกในสภาพโรงเรือนพรางแสง เพื่อศึกษาของความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชั้กมดลูกตัวผู้ โดยพิจารณาจากความแตกต่างของลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอก ผลจากการศึกษาพบว่า ว่านชั้กมดลูกตัวผู้ที่สำรวจพบนี้มีความหลากหลายของลักษณะช่อดอก โดยในกลุ่มของว่านชั้กมดลูกตัวผู้ชนิด *C. elata* Roxb. สามารถจำแนกลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอกได้ 5 กลุ่ม (Table 1; Figure 1) โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนชั้นของใบประดับไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นกลุ่มที่ 3 ที่มีจำนวนชั้นของใบประดับมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาความยาวของก้านช่อดอก พบว่า ลักษณะช่อดอกทั้ง 5 กลุ่มนี้มีก้านช่อดอกสั้น โดยมีความยาวก้านช่อดอกผันแปรอยู่ระหว่าง 16.2-29.1 ซม. ไม่เหมาะที่จะใช้ประโยชน์เป็นไม้ตัดดอก เนื่องจากการใช้ประโยชน์เป็นไม้ตัดดอกนั้น ก้านช่อดอกควรมีความยาวมากกว่า 50 ซม. (สุรวี, 2539) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงขนาดของช่อดอกของทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า ช่อดอกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โดยมีความกว้างของช่อดอกอยู่ระหว่าง 8.0-13.2 ซม. และความยาวของช่อดอกอยู่ระหว่าง 13.1-21.1 ซม. (Table 1) ดังนั้น ว่านชั้กมดลูกตัวผู้ชนิด *C. elata* Roxb. ที่สำรวจพบนี้ หากจะนำมาปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในทางพืชสวนประดับ ควรปลูกในรูปแบบของไม้กระถางหรือไม้ประดับแปลง สอดคล้องกับ Skornickova et al. (2007) ที่กล่าวว่า *C. elata* Roxb. นั้นเหมาะสำหรับใช้ในการตกแต่งภูมิทัศน์ โดยลักษณะของช่อดอกทั้ง 5 กลุ่มนี้ ลักษณะของช่อดอกกลุ่มที่ 2 ซึ่งมีช่อดอกขนาดใหญ่เกินไป กลีบใบประดับผายกว้าง ปลายมนกึ่งแหลม ใบประดับบนมีสีชมพูเข้มอมม่วงสวยงามสะดุดตา สามารถพัฒนาเป็นไม้ประดับได้ดี ส่วนในกลุ่มของว่านชั้กมดลูกตัวผู้ชนิด *C. latifolia* Rosc. นั้น พบว่า สามารถจำแนกความแตกต่างของลักษณะรูปร่างและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอก ได้ 18 กลุ่ม (Table 1; Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Skornickova et al. (2007) ที่สำรวจพบว่า ว่านชั้กมดลูก

ตัวผู้ชนิดนี้มีความหลากหลายของลักษณะช่อดอกมาก และเมื่อพิจารณาความยาวของก้านช่อดอก พบว่า ลักษณะของช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. latifolia* Rosc. ทั้ง 18 กลุ่มนี้มีก้านช่อดอกสั้น โดยมีความยาวของก้านช่อดอกผันแปรอยู่ระหว่าง 16.2-38.0 ซม. จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์เป็นไม้ตัดดอกเช่นกัน สำหรับขนาดของช่อดอกนั้นพบว่า ว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. latifolia* Rosc. จะมีขนาดของช่อดอกเล็กกว่า *C. elata* Roxb. โดยมีความกว้างของช่อดอกอยู่ระหว่าง 4.6-11.7 ซม. และความยาวของช่อดอกอยู่ระหว่าง 13.1-23.8 ซม. (Table 1) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนจำนวนชั้นของใบประดับส่วนล่างและใบประดับส่วนบน พบว่าส่วนใหญ่มีใบประดับส่วนล่างหลายชั้นทำให้ช่อดอกแลดูไม่สวยสะดุดตาเท่าที่ควร แต่มีบางกลุ่มที่มีลักษณะช่อดอกน่าสนใจและมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เป็นไม้ประดับได้ คือ กลุ่มที่ 1, 3, 10, 11 และ 14 ซึ่งมีรูปทรงช่อดอกผิงผาย ก้านช่อดอกตรง สัดส่วนจำนวนชั้นของใบประดับส่วนล่างและใบประดับส่วนบนไม่ต่างกันมาก และมีการจัดเรียงตัวไม่ถี่หรือห่างมากเกินไป กลีบค่อนข้างหนา คงรูปไม่บิดพับหรือห้อยลง ประการสำคัญ คือ กลีบใบประดับส่วนบนมีสีขาวอมชมพู ปลายกลีบแต้มสีชมพูเข้มสดไล่สะดุดตา ซึ่งความเข้มของสีปลายกลีบประดับจะมีความแปรปรวนตั้งแต่สีชมพูเข้ม สีมชมพูอมแดง ไปจนถึงสีชมพูอมม่วง

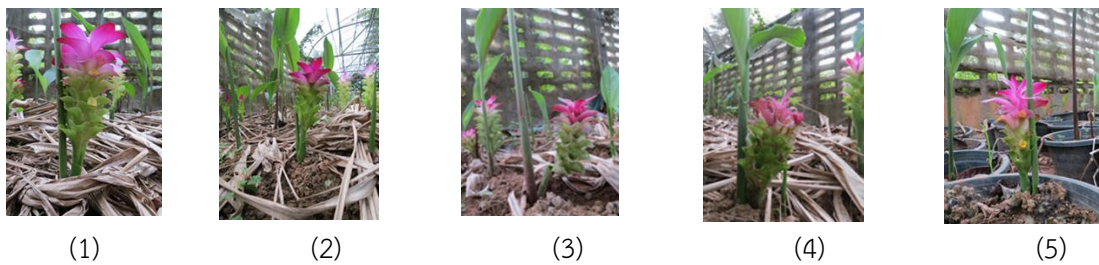


Figure 1 Inflorescence variation of *Curcuma elata* Roxb. (1)–(5)



Figure 2 Inflorescence variation of *Curcuma latifolia* Rosc. (1)–(18)

Table 1 Inflorescence variation of *Curcuma elata* Roxb. and *Curcuma latifolia* Rosc. in Nan Province

Group No.	Peduncle length (cm)	Inflorescence		Number of bract layers		Bract characters and color	
		Width (cm)	Length (cm)	Lower bracts (number)	Upper bracts (number)	Lower bracts	Upper bracts
<i>Curcuma elata</i> Roxb.							
1	8.0	13.2	21.1	5	3	ovate with a blunt upper end, green color	flat; wide with blunt upper end, bright pink color tinged with reddish - pink
2	8.8	8.0	14.6	5	3	ovate with a blunt upper end, green color	alike line no. 1 but magenta color
3	8.6	11.8	19.5	6	5	ovate with a blunt upper end, green color	narrower and raised edge, reddish - purple color
4	3.1	10.2	13.1	4	3	oblong narrow and raised edge, green color	narrow and raised edge, reddish - purple color tinged with darker reddish - pink
5	4.1	11.0	17.9	4	3	wide ovate with a blunt upper end, green color with brownish - red tip	upper bracts narrower and raised edge with pink color tinged with dark reddish - purple
<i>Curcuma latifolia</i> Rosc.							
1	16.0	10.0	15	6	4	ovate with a blunt upper end, green tinged with dark pink	narrow oblong with a blunt upper end, light pink tinged with dark pink
2	16.1	11.7	13.1	6	4	ovate with a blunt upper end, green tinged with reddish-purple	flat, wide and a blunt upper end, pinkish purple to reddish - purple tinged with blackish - purple
3	12.2	10.5	18.2	6	4	ovate with a blunt upper end, green color	flat, wide and a blunt upper end, light pink tinged with reddish - purple and reddish - purple stripe alongside middle of bract

Table 1 (continued)

Group No.	Peduncle length (cm)	Inflorescence		Number of bract layers		Bract characters and color	
		Width (cm)	Length (cm)	Lower bracts (number)	Upper bracts (number)	Lower bracts	Upper bracts
<i>Curcuma latifolia</i> Rosc.							
4	8.8	10.3	15.1	4	4	ovate with a blunt upper end, green color	narrow oblong with tapered upper end, reddish – purple with white edge
5	15.8	10.3	22.2	6	4	ovate with a blunt upper end, loose arrangement, narrow, oblong and raised edge, light green color.	narrow oblong with tapered upper end, loose arrangement of layer of bracts, raised edge bract purplish – reddish pink color
6	8.3	8.3	18.3	6	1	ovate with a blunt upper end, dense arrangement as layer of bracts, light green color	flat, wide with blunt upper end light pink tinged with reddish - pink
7	9.4	4.6	20.8	6	3	ovate with a blunt upper end, green color tinged with reddish - purple	flat, wide with tapered and twisted fold end, light purplish - pink tinged with darker purplish - pink
8	4.6	8.3	14.6	6	2	ovate with a blunt upper end, green color tinged with reddish - purple	flat, wide with blunt upper end, light pink tinged with dark purplish – pink and pink stripe alongside middle of bract
9	3.1	10.2	13.1	4	3	ovate with a blunt upper end, light green color tinged with reddish - purple	narrow, oblong with blunt upper end, light pink tinged with dark purplish – pink and pink stripe alongside middle of bract
10	11.4	9.8	17.7	5	3	ovate with a blunt upper end, green color	flat, wide with a blunt upper end, base of bract narrow and raised edge close together, reddish – purple color
11	7.0	10.0	17.6	6	3	ovate with a blunt upper end, green color tinged with reddish - purple tip	flat, wide and a blunt upper end, base of bract narrow and raised edge, reddish – pink to purplish – pink color with white edge and base of bracts

Table 1 (continued)

Group No.	Peduncle length (cm)	Inflorescence		Number of bract layers		Bract characters and color	
		Width (cm)	Length (cm)	Lower bracts (number)	Upper bracts (number)	Lower bracts	Upper bracts
<i>Curcuma latifolia</i> Rosc.							
12	7.8	11.3	23.8	9	4	narrow oblong, raised edge close together, green color	narrow, oblong a tapered upper end, base of bract narrow and slightly raised edge, reddish - pink color with white edge and tinged reddish - purple
13	9.5	10.0	21.5	8	4	ovate with a blunt upper end, light green color	alike line no. 12 but flat and more wider bracts
14	9.5	10.1	16.6	4	4	ovate with a blunt upper end, green color	flat, wide with a blunt upper end, base of bract narrow and slightly raised edge, pink color tinged with reddish - pink
15	9.8	8.4	19.8	9	4	wide ovate with a blunt upper end, light green color	flat, wide and acute tip, base of bract narrow and raised edge, light pink color tinged with purplish - pink
16	3.3	10.8	19.1	6	4	wide ovate with acute upper end, green color	flat, wide with a tapered end, light pink tinged with dark purplish - pink and purplish - pink stripe alongside middle of bract
17	4.3	8.2	14.7	6	3	narrow, oblong with acute upper end, green color	narrow, oblong, with a tapered end, pinkish - white tinged with bright reddish - pink and reddish - pink alongside middle of bracts
18	2.6	9.0	15.0	6	3	wide ovate with acute upper end, green color	alike line no.16 but reflect and blackish - purple tip, dark purple stripe alongside middle of uppermost bract

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายของลักษณะช่อดอกว่านชักมดลูกตัวผู้ที่สำรวจพบในจังหวัดน่าน โดยพิจารณาจากความแตกต่างของลักษณะและสีของใบประดับ และขนาดของช่อดอก พบว่า ว่านชักมดลูกตัวผู้ที่สำรวจพบมีความหลากหลายของลักษณะช่อดอก โดยว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. elata* Roxb. สามารถจำแนกตามความหลากหลายของลักษณะช่อดอกได้เป็น 5 กลุ่ม ส่วนว่านชักมดลูกตัวผู้ชนิด *C. latifolia* Rosc. นั้นสามารถจำแนกตามความหลากหลายของลักษณะช่อดอกได้เป็น 18 กลุ่ม และจากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความหลากหลายของว่านชักมดลูกตัวผู้ พบว่า มีว่านชักมดลูกชนิด *C. elata* Roxb. จำนวน 1 กลุ่ม และ *C. latifolia* Rosc. จำนวน 5 กลุ่ม ที่มีลักษณะช่อดอกโดดเด่นเหมาะสมสำหรับใช้ปลูกเพื่อปลูกเป็นไม้ประดับโดยตรง ทั้งในรูปแบบของไม้กระถาง หรือไม้ประดับแปลงในสภาพที่มีร่มเงาเพื่อการตกแต่งภูมิทัศน์ให้สวยงาม ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ใหม่ที่แปลกใหม่และสวยงาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จรัล มากน้อย และพวงเพ็ญ ศิริรักษ์. 2555. พืชสกุลขมิ้นในประเทศไทย. เชียงใหม่: องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 160 น.
- สำนักงานหอพรรณไม้. 2557. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.dnp.go.th/botany/mplant/index.aspx> (20 มกราคม 2560).
- สุริวิช วรรณไกรโรจน์. 2539. ปทุมมาและกระเจียว: ไม้ดอกไม้ประดับ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน. 128 น.
- องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2556. ฐานข้อมูลพรรณไม้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.qsbg.org/Database/plantdb/> (20 มกราคม 2560).
- Nirmal Babu, K., K.N. Shiva, M. Sabu, M. Divakaran and P.N. Ravindran. 2011. Turmeric. p. 451-511. In Singh, R.J. (ed.). **Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Medicinal plant.** Vol. 6. Florida: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- Pinto, R.C.A. and T.T. Graziano. 2003. Potential ornamental de *Curcuma*. **Rev. Bras. Hortic. Ornam.** 9(2): 99-109.
- Skornicková, J., T. Rehse and M. Sabu. 2007. Other economically important *Curcuma* species. pp. 451-467. In Ravindra, P.N., K.N. Babu, and K. Sivaraman (eds.). **Tumeric: The genus Curcuma.** Florida: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- Soontornchinaksaeng, P. and T. Jenjittikul. 2010. Chromosome number variation of phytoestrogen producing *Curcuma* (*Zingiberaceae*) from Thailand. **J. Nat. Med.** 64: 370-377.

การเจริญและอายุการใช้งานของกล้วยไม้หวายซีซ่าภายใต้สภาพการจัดสวนแนวตั้งในอาคาร

Growth and Display Life of *Dendrobium* ‘Caesar’ under Indoor Vertical Garden

ประนอม ยังกำมัน^{1*} สมชาย อารยพิทยา² และอนุกิจ เสาร์แก้ว³
Pranom Yangkhamman^{1*}, Somchai Arayapitaya² and Anukit Saokeaw³

¹คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²งานวิจัยและพัฒนา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

¹Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Research and Development, Information Technology Center, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand 52100

*Corresponding author: yangkhamman@yahoo.com

บทคัดย่อ

จุดประสงค์การวิจัยเพื่อทราบการเจริญและอายุการใช้งานกล้วยไม้หวายซีซ่า (*Dendrobium* ‘Caesar’) ลูกผสมต้นขนาดใหญ่ดอกสีเขียวยาวปากแดง เมื่อนำมาปลูกเลี้ยงในสภาพการจัดสวนแบบแนวตั้งในอาคาร วางแผนการทดลองแบบ CRD ใช้สภาพพื้นที่เป็นทรีทเมนต์ (Treatments; Tr) ได้แก่ Tr1: พื้นที่สวนติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ Tr2: พื้นที่สวนติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ Tr3: พื้นที่สวนไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ Tr4: พื้นที่สวนไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ และ Tr5: พื้นที่โรงเรือนปลูกเลี้ยง (ชุดควบคุม) โดยได้นำต้นกล้วยไม้ที่มีระยะดอกเริ่มบานพร้อมใช้งานจำนวน 90 กระถาง มาจัดวางในแต่ละทรีทเมนต์ ทำการสุ่ม 10 กระถาง/ทรีทเมนต์ เพื่อวัดการเจริญและอายุการใช้งานในแต่ละสภาพพื้นที่ต่างกัน ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 26^oซ. สำหรับ Tr2 และ Tr4 โดยเปิดเครื่องปรับอากาศ ช่วง 8.00-17.00 น. ทุกพื้นที่มีการจัดการดูแลการให้น้ำแบบเว้นวันด้วยการพ่นฝอย และควบคุมการให้แสงแก่พืชในช่วงกลางวันโดยติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ อายุการใช้งานของกล้วยไม้พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การบานของดอกจากจำนวนดอกเริ่มต้นที่ไม่ต่ำกว่า 20% จากผลการทดลองพบว่าอายุการใช้งานของกล้วยไม้ขึ้นกับสภาพแวดล้อม กล่าวคือเมื่อปลูกเลี้ยงในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิมียอายุการใช้งานนานสุด 91 วัน รองลงมา ได้แก่ การเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิมียอายุการใช้งานนาน 84 วัน พื้นที่ไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิมียอายุการใช้งานนาน 77 วัน พื้นที่ไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิมียอายุการใช้งานนาน 70 วัน และพื้นที่โรงเรือนปลูกเลี้ยง มียอายุการใช้งานของกล้วยไม้นาน 56 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ สวนแนวตั้ง อายุการใช้งาน ภายในอาคาร

Abstract

The aim of research was to know the growth and display life of *Dendrobium* 'Caesar' (big size of stem with green flower and red lip) under indoor vertical garden. The experiment was performed in a Completely Randomized Design (CRD). Five different areas were managed for treatments e.g. Tr1: the garden area located near the window without temperature control, Tr2: the garden area located near the window with temperature control, Tr3: the garden area located far from window without temperature control, Tr4: the garden area located far from window with temperature control, Tr5: the garden area located in greenhouse (control). Nighty pots of *Den.* 'Caesar' with begin fully open flowers were decorated on each treatment. Ten pots (replications) were recorded for plant growth and display life on each treatment. The temperature control was set at 26°C for Tr2 and Tr4 by turn on the air condition during 8.00-17.00 o'clock. Water was sprayed over the plants one day interval. The artificial light was supplied by fluorescent lamp during day time. The display life of orchids was decided when the fully open flowers were not less than 20% of all flowers number on each plant. The result showed the longest display life for 91 days when they were decorated at the garden area located near the window without temperature control and 84 days at the garden area located near the window with temperature control, 77 days at the garden area located far from window without temperature control, 70 days at the garden area located far from window with temperature control and 56 days at the garden area located in greenhouse, respectively.

Keywords: orchid, vertical garden, display life, indoor

คำนำ

กล้วยไม้หวายเป็นไม้ดอกที่นำมาใช้เพื่อศึกษาการเจริญและอายุการใช้งานในอาคารเนื่องจากเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจของประเทศที่ปลูกเพื่อตัดดอกและไม้กระถางสำหรับขายทั้งในและส่งออกต่างประเทศ ออกดอกง่ายตลอดทั้งปี โดยไม่ต้องการดูแลหมิ่นตำในการกระตุ้นการออกดอก ในการจัดสวนแนวตั้งในอาคารส่วนมากไม้ที่ใช้จะเป็นไม้ใบประดับ ส่วนความนิยมในการนำไม้ดอกมาใช้ค่อนข้างน้อยเนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องแสงที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญและการออกดอกของพืชในแต่ละชนิดและพันธุ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการเจริญและอายุการใช้งานของกล้วยไม้หวายซีซ่าเพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกในการนำมาใช้จัดสวนแนวตั้ง ซึ่งได้นำกล้วยไม้สกุลหวายมาทำการจัดสวนเนื่องจากเป็นไม้ที่ต้องการแสงที่ไม่มาก คือ ประมาณ 50% สามารถปลูกทนต่อสภาพการปลูกในอาคารได้ค่อนข้างนาน ประมาณ 2-3 เดือน ในกรณีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (ครรชิต, 2550) จุดประสงค์การทำวิจัยนี้ต้องการทราบการเจริญและอายุการใช้งานของกล้วยไม้หวายเมื่อนำมาจัดสวนแนวตั้งในแต่ละสภาพพื้นที่ภายในอาคาร

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชที่ใช้สำหรับศึกษาการเจริญและอายุการใช้งาน ได้แก่ ต้นกล้วยไม้หวายซีซ่า (*Den. 'Caesar'*) ลูกผสมต้นขนาดใหญ่ดอกสีเขียวปากแดง วางแผนการทดลองแบบ CRD ใช้สภาพพื้นที่เป็นทรีทเมนต์ (Treatments; Tr) ได้แก่ Tr1: พื้นที่สวนติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ Tr2: พื้นที่สวนติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ Tr3: พื้นที่สวนไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ Tr4: พื้นที่สวนไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ และ Tr5: พื้นที่โรงเรือนปลูกเลี้ยง (ชุดควบคุม) โดยได้นำต้นกล้วยไม้ที่มีระยะดอกเริ่มบานพร้อมใช้งานจำนวน 90 กระถางมาจัดวางในแต่ละทรีทเมนต์ทำการสุ่ม 10 กระถาง/ทรีทเมนต์ เพื่อวัดการเจริญและอายุการใช้งานในแต่ละสภาพพื้นที่ต่างกัน ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 26°C. สำหรับ Tr2 และ Tr4 โดยเปิดเครื่องปรับอากาศ ช่วง 8.00-17.00 น. ทุกพื้นที่ที่มีการจัดการดูแลการให้น้ำ โดยระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชด้วยการปล่อยไ่ว์ส่วนบนเหนือกระถางต้นไม้แถวบนสุด กำหนดการให้น้ำเวลา 7.00 น. แบบวันเว้นวันเป็นเวลา 15 นาที ระบบควบคุมการให้แสงแก่พืชโดยติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดคอมแพกต์ (day light 23 วัตต์) จำนวน 3 หลอดส่วนบนเหนือต้นไม้ สูงจากต้นกล้วยไม้ชั้นบนสุดประมาณ 1 ฟุต และติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดตรง (สำหรับเลี้ยงต้นไม้ 36 วัตต์) ด้านซ้ายและขวาด้านละ 2 หลอด ควบคุมการให้แสงช่วงกลางวัน 6.00-17.00 น. ควบคุมการปิด-เปิดการให้แสงสว่างแบบอัตโนมัติขึ้นกับการวัดค่าความเข้มแสงจากแสงธรรมชาติของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยเซตการควบคุมถ้ากรณีความเข้มแสงธรรมชาติน้อยกว่า 5,000 lux ระบบจะเปิดไฟบนชั้นอัตโนมัติ แต่ถ้าความเข้มแสงธรรมชาติมากกว่า 5,000 lux ระบบจะปิดไฟบนชั้นอัตโนมัติ

ผลการวิจัย

การศึกษาข้อมูลการเจริญและอายุการใช้งานของกล้วยไม้หวายซีซ่า (*Den. 'Caesar'*) ลูกผสมต้นขนาดใหญ่ดอกสีเขียวปากแดง ภายใต้สภาพการปลูกเลี้ยงในอาคารโดยจัดวางต้นตามรูปแบบสวนแนวตั้ง ได้ผลการวิจัย ดังนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดหน่อจากจำนวนหน่อเริ่มต้น เมื่อเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 98 วัน พบว่ากล้วยไม้ที่ถูกจัดไว้ในสวนแนวตั้งในทุกพื้นที่ที่มีจำนวนหน่อใหม่ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Percentage of new shoots

Treatments	Percentage of new shoots (%)														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98 (days)
Tr1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tr2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tr3	100	100	100	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
Tr4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tr5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = non-significant difference

เปอร์เซ็นต์การเกิดใบจากจำนวนใบเริ่มต้น เมื่อเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 98 วัน พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบแต่กลับลดลงในทุกพื้นที่ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ มีจำนวนใบยังคงสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าพื้นที่อื่น (Table 2)

Table 2 Percentage of new leaves

Treatments	Percentage of new leaves (%)														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98 (days)
Tr1	100	100	94	93a	90a	90a	89a	86a	83a	80a	79a	73a	72a	70a	59a
Tr2	100	99	80	74b	72c	70bc	67b	59c	57c	52c	50c	47c	43c	39b	37b
Tr3	100	97	90	87a	83ab	80b	77b	76ab	73ab	71ab	64b	57b	51b	44b	40b
Tr4	100	92	90	86a	81abc	79b	74b	71b	64bc	60bc	51c	41c	31d	25c	18c
Tr5	100	96	90	85a	73bc	68c	56c	49c	33d	30d	16d	7d	3e	1d	0d
F-test	ns	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

ns = non-significant difference; * = significant at $p < 0.05$; ** = significant at $p < 0.01$

Mean in the same column followed by the difference letter are significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกจากจำนวนช่อดอกเริ่มต้น พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนช่อดอกแต่กลับลดลงในทุกพื้นที่ อย่างไรก็ตามพบว่าการเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิมิเปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าพื้นที่อื่น ยกเว้นพื้นที่ไม่ติดหน้าต่างและไม่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 98 วัน (Table 3)

Table 3 Percentage of new inflorescences

Treatments	Percentage of new inflorescences (%)														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98 (days)
Tr1	100	100	96	96	91	91	87	82a	75a	63a	57a	41a	32a	17b	12a
Tr2	100	100	92	92	91	86	81	74ab	67a	57a	36b	19b	16b	11bc	9a
Tr3	100	100	98	94	93	85	79	68abc	68a	65a	65a	41a	30a	30a	6ab
Tr4	100	100	100	94	83	77	65	61bc	54a	54a	52ab	30ab	11bc	3cd	0b
Tr5	100	100	100	100	100	88	74	52c	28b	24b	11c	2c	0c	0d	0b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**

ns = non-significant difference; * = significant at $p < 0.05$; ** = significant at $p < 0.01$

Mean in the same column followed by the difference letter are significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เปอร์เซ็นต์การเกิดดอกจากจำนวนดอกเริ่มต้น พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนดอก แต่กลับลดลงในทุกพื้นที่ อย่างไรก็ตามพบว่าการเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิมีจำนวนดอกยังคงสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าพื้นที่อื่นเมื่อเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 98 วัน (Table 4)

Table 4 Percentage of new flowers

Treatments	Percentage of new flowers (%)														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98 (days)
Tr1	100	100	91	87	82a	82a	80a	77a	74a	68a	58a	46a	36a	24a	8a
Tr2	100	91	85	77	73ab	72ab	66b	59b	56b	49b	37b	23b	15b	8b	5b
Tr3	100	100	87	80	72ab	70ab	60bc	58b	50b	43b	32b	20b	13b	7b	1c
Tr4	100	84	78	74	63b	59bc	48cd	42c	31c	28c	18c	9c	3c	1c	0c
Tr5	100	94	86	74	62b	56c	41d	33c	18d	13d	5d	1d	0c	0c	0c
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

ns = non-significant difference; ** = significant at $p < 0.01$

Mean in the same column followed by the difference letter are significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เปอร์เซ็นต์ดอกบานจากจำนวนดอกเริ่มต้น พบว่าการเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิจำนวนดอกบานจะยังคงสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าพื้นที่อื่นเมื่อเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 98 วัน (Table 5)

Table 5 Percentage of fully open flowers

Treatments	Percentage of fully open flowers (%)														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98 (days)
Tr1	100	134a	163a	159a	155a	155a	154a	150a	147a	138a	120a	93a	73a	50a	18a
Tr2	100	106b	114b	104b	101b	99b	93b	86b	80b	71b	54b	33b	21b	12b	6b
Tr3	100	118ab	110b	106b	99b	97b	85b	81b	69b	60b	44b	28b	19bc	9b	2b
Tr4	100	97b	98b	99b	91b	87b	73b	65b	47bc	42bc	26bc	12bc	4cd	1b	0b
Tr5	100	105b	104b	102b	92b	87b	64b	51b	27c	19c	8c	1c	0d	0b	0b
F-test	ns	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

ns = non-significant difference; * = significant at $p < 0.05$; ** = significant at $p < 0.01$

Mean in the same column followed by the difference letter are significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

อายุการใช้งานของกล้วยไม้บนสวนแนวตั้ง พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การบานของดอกจากจำนวนดอกเริ่มต้นที่ไม่ต่ำกว่า 20% ซึ่งพบว่าการเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิมีอายุการใช้งานของกล้วยไม้ นาน 91 วัน รองลงมา ได้แก่ การเลี้ยงกล้วยไม้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิมีอายุการใช้งานของกล้วยไม้ นาน 84 วัน พื้นที่ไม่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิมีอายุการใช้งานของกล้วยไม้ นาน 77 วัน พื้นที่ติดหน้าต่าง สภาพห้องควบคุมอุณหภูมิมีอายุการใช้งานของกล้วยไม้ นาน 70 วัน และพื้นที่โรงเรือนปลูกเลี้ยง มีอายุการใช้งานของ กล้วยไม้ นาน 56 วัน ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 Display life of *Den.* 'Caesar' under vertical garden

Treatments	Display life (days)
Tr1	91
Tr2	84
Tr3	77
Tr4	70
Tr5	56

Table 7 The vertical garden environmental data of each area

Treatments	vertical garden environmental data			
	Rang of Temperature	Relative humidity	Light intensity	Moisture of substrate
	Min-Max (°C)	Mean (%)	Mean (lux)	Min-Max (%)
Tr1 ⁽¹⁾	28-32	63	18,000	437-674
Tr2 ⁽²⁾	26-30	77	983	220-491
Tr3	28-33	78	867	258-307
Tr4	26-31	77	810	411-462
Tr5 ⁽³⁾	26-37	50	12,000	296-526

⁽¹⁾ The garden area located near the window without temperature: Sunlight directly shined to plants during 8-10 o'clock and the window was opened for air flow.

⁽²⁾ The garden area located near the window with temperature control: Sunlight shined into the room during 8-10 o'clock but did not directly shined to plants.

⁽³⁾ The garden areas located in greenhouse (The roof was cover by clear plastic sheet) Sunlight directly shined to plants all day but highest light intensity was observed during 10-14 o'clock.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้หวายซีซ่า (*Den. 'Caesar'*) ลูกผสมต้นขนาดใหญ่ดอกสีเขียวกปากแดงเพื่อใช้ประดับ ตกแต่งรูปแบบสวนแนวตั้งในอาคาร พบว่ากล้วยไม้มีอายุการใช้งานนานสุด 91 วัน เมื่อจัดเลี้ยงไว้ในพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพห้องไม่ควบคุมอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าต้นกล้วยไม้ที่เลี้ยงไว้ทุกพื้นที่ไม่มีการสร้างหน่อ การเกิดใบ และการสร้างช่อดอกใหม่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากสภาพแวดล้อมดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไม่เหมาะสมกับการเจริญของกล้วยไม้ ซึ่งจากผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้อยู่สอดคล้องกับการให้ข้อมูลของครรชิต (2550) คือ เมื่อปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในกรณีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมหรือสภาพการปลูกในอาคาร กล้วยไม้มีอายุการใช้งานโดยดูจากดอกโรยหมดใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือน และกล้วยไม้จะไม่มีการออกดอกต่อเนื่องได้ ต้องนำต้นกลับไปปลูกเลี้ยงในสภาพเหมาะสมให้แตกหน่อ ออกดอกพร้อมใช้งานอีกครั้งจึงนำกลับมาใช้ในอาคารอีกครั้ง

จากการวิเคราะห์ค่าสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออายุการใช้งานกล้วยไม้หวายที่นำมาจัดวางและเลี้ยงบนชั้นแนวตั้งในแต่ละพื้นที่ (Table 7) พบว่าพื้นที่ติดหน้าต่างสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิเหมาะสมที่สุดในกล้วยไม้ต้นขนาดใหญ่ และเป็นไปได้ว่าต้นกล้วยไม้ต้องการความเข้มแสงที่สูงและการถ่ายเทของอากาศที่ดี กล่าวคือบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีแสงส่องถึงต้นกล้วยไม้โดยตรงในช่วงเช้าประมาณ 8.00-10.00 น. และความเข้มแสงที่วัดได้เฉลี่ยบริเวณชั้นจัดวางกล้วยไม้อยู่ที่ 18,000 lux นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้นจึงมีการเปิดหน้าต่างซึ่งบริเวณดังกล่าวมีลมพัดผ่านตลอดทั้งวันเป็นผลให้มีการถ่ายเทของอากาศได้ดี แต่อย่างไรก็ตามสภาพดังกล่าวยังไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและการออกดอก เนื่องจากโดยปกติแล้วความเข้มแสงที่ช่วยให้กล้วยไม้มีการเจริญเติบโตที่ดีและออกดอกได้ คือ ประมาณ 2,000-

3,000 foot-candles หรือ ประมาณ 21,600-32,400 lux หรือ $400-600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (ครรชิต, 2550) งานวิจัยของดวงพร (2545) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเร็วมวลที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงกล้วยไม้หวายตัดดอก 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์บอมโจ รินนา แอนนา ขาวสนาน และสายสิริน ผลที่ได้พบว่า พันธุ์กล้วยไม้บอมโจและพันธุ์ขาวสนาน มีการตอบสนองต่อความเร็วมวลมากที่สุด กล่าวคือเมื่อความเร็วมวลเพิ่มขึ้นใบมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ในพันธุ์อื่น ความเร็วมวลมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเร็วมวลเดียวกันซึ่งผลที่ได้มีความต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยไม้แต่ละพันธุ์มีขนาดและความหนาแน่นของใบต่างกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ การคายน้ำ หรือการสังเคราะห์แสง มีผลทำให้ใบกล้วยไม้บางพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ดวงพร (2545) ยังได้ศึกษาผลของความเข้มแสงต่ออัตราการสังเคราะห์แสงในกล้วยไม้หวายทั้ง 6 พันธุ์ ซึ่งผลที่ได้พบว่าเมื่อกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับแสง ใบกล้วยไม้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิน้อยกว่าศูนย์หรือมากกว่าศูนย์เล็กน้อยในพันธุ์บอมโจ ซึ่งแสดงว่ากล้วยไม้มีการหายใจมากกว่าการสังเคราะห์แสง แต่เมื่อได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเป็น $2-12 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (108-648 lux) จะมีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงว่าอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับการหายใจ (light compensation point) และเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นตามไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าเพิ่มอย่างรวดเร็วเมื่อกล้วยไม้ได้รับความเข้มแสงตั้งแต่ $25-150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (1,351-8,108 lux) และจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดและค่อนข้างคงที่ (light saturation point) เมื่อได้รับความเข้มแสง $100-200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (5,400-10,800 lux) และเมื่อได้รับความเข้มแสงมากกว่า $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (10,800 lux) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะคงที่ในทุกพันธุ์ ซึ่งจากผลที่ได้แสดงว่าระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมกับการสังเคราะห์แสงของใบกล้วยไม้หวายทั้ง 6 พันธุ์ อยู่ในช่วง $25-200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (1,351-10,800 lux)

ในงานวิจัยของ Kim *et al.* (2001) ได้กล่าวถึงผลของความเข้มแสงต่อการดูดซึม CO_2 การเจริญและพัฒนาของกล้วยไม้ *Dendrobium phalaenopsis* ว่าเมื่อพืชได้รับความเข้มแสงสูง (35,000-50,000 lux) จะมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ต่ำ ในขณะที่เดียวกันกล้วยไม้จะมีการดูดซึม CO_2 รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของค่า stomatal conductance และค่าอัตราการหายใจสูง แต่ถ้าพืชได้รับความเข้มแสงต่ำ (4,000-10,000 lux) จะมีผลต่อความเข้มข้นของ CO_2 ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์เพิ่มขึ้น และมีปริมาณน้ำตาลที่ลดลง ในขณะที่เมื่อกล้วยไม้ได้รับความเข้มแสงปานกลางคือช่วง 12,000-22,000 lux มีผลต่อปริมาณแป้งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากผลการวิจัยดังกล่าวมาเป็นไปได้ว่า การที่กล้วยไม้หวายได้รับความเข้มแสงน้อยเกินไปทำให้ลำลูกกล้วยยืดยาวใบเขียวเข้ม ใตดอกน้อย เนื่องจากกล้วยไม้สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารได้น้อย ไม่เพียงพอสำหรับไปใช้ในการเจริญทางต้นและการออกดอก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

จากผลการวิจัยในครั้งนี้เมื่อดูอายุการใช้งานกล้วยไม้ในพื้นที่โรงเรือนจะพบว่าสั้นกว่าสภาพพื้นที่อื่น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากสภาพโรงเรือนที่จัดวางกล้วยไม้เป็นหลังคาพลาสติก การระบายความร้อนหรืออากาศค่อนข้างน้อยทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนค่อนข้างสูง คือ 37°C . และมีสภาพความชื้นอากาศที่ต่ำกว่าพื้นที่อื่นคือ 50% (Table 7) โดยทั่วไปสาเหตุของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากความเข้มแสงของแสงแดด ความชื้นในบริเวณนั้น และลมที่พัดผ่านซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเป็นไปได้ว่ากล้วยไม้มีอายุการใช้งานที่สั้นเนื่องจากสภาพโรงเรือนที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ซึ่งจากคำแนะนำการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจำเป็นต้องจัดการพื้นที่ให้มีการระบายอากาศที่ดีเพื่อการหมุนเวียนของอากาศบริเวณรอบต้นและรากกล้วยไม้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) โดยปกติสภาพโรงเรือนของเกษตรกรทั่วไปที่ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้จะทำการพรางแสง 50-60% ด้วยการใช้เพียงตาข่ายพรางแสงเท่านั้น จึงทำให้สภาพอุณหภูมิไม่สูงและมีการถ่ายเทอากาศได้ดี จากการศึกษาสภาพอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนเกษตรกรที่มุ่งด้วยตาข่ายพรางแสงพบว่า

สภาพอุณหภูมิในเวลากลางคืนวัดได้ประมาณ 24-27°C. และอุณหภูมิในช่วงกลางวันวัดได้ประมาณ 31-34°C. (ดวงพร, 2545; ศรายุธ, 2554) ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของกล้วยไม้ที่ดี คือ โดยปกติอุณหภูมิที่แนะนำอยู่ในช่วงประมาณ 25-35°C. แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินความต้องการของกล้วยไม้เป็นผลให้ต้นเจริญเติบโตไม่ดี และดอกเหี่ยวเร็ว

สรุปผลการวิจัย

อายุการใช้งานของกล้วยไม้เมื่อจัดในรูปแบบสวนแนวตั้งภายในอาคารจะมีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาก่อนการจัดวางสวนแนวตั้ง คือ สภาพแวดล้อมในการปลูกเลี้ยง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง ช่วงเวลาการได้รับแสง และการระบายอากาศรอบๆพื้นที่จัดวาง เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเจริญของพืช และจากงานวิจัยในครั้งนี้สรุปได้ว่ากล้วยไม้หวายซีซ่า (*Den. 'Caesar'*) ลูกผสมต้นขนาดใหญ่ดอกสีเขียวยาวปากแดง มีอายุการใช้งานนานสุด 91 วัน เมื่อจัดวางต้นไว้บริเวณที่แสงส่องต้นโดยตรงในช่วงเช้าประมาณ 8.00-10.00 น. และต้องมีการระบายอากาศที่ดีโดยการเปิดหน้าต่างให้มีการไหลผ่านของลมบริเวณพื้นที่จัดวาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 และขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย. กรุงเทพฯ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 36 น.
- ครรชิต ธรรมศิริ. 2550. เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้. ปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.: อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง. 283 น.
- ดวงพร บุญชัย. 2545. ศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบกล้วยไม้สกุลหวายตัดดอก. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 42 น.
- ศรายุธ กิติภัทรถาวร. 2554. การเจริญเติบโตของกล้วยไม้หวายตัดดอกและความสัมพันธ์กับสภาพอากาศภายในรอบปี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- Kim, T.J., J.H. Kim, J.W. Lee, C.H. Lee and K.Y. Paek. 2001. Effect of different shading on CO₂ uptake and growth and development of *Dendrobium phalaenopsis*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(1): 111-115.

การจำแนกพันธุ์ลำไยโดยใช้เครื่องหมายไอเอสเอสอาร์และเอสเอสอาร์
Identification of longan (*Dimocarpus Longan* Lour) cultivars using
ISSR and SSR marker

จันทรเพ็ญ สระระ^{1*} ฉันทนา วิชรรัตน์² อีรนุช เจริญกิจ³ และแสงทอง พงษ์เจริญกิจ⁴

Junpen Sara^{1*}, Chantana Witcharat², Theeranuch Jaroenkit² and Saengtong Pongjaroenkit⁴

¹ฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์กรรมพืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Division of Genetic Improvement and Development of Plants and Animal, The Office of Agricultural Research and Extension
Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Division of Vegetable Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Division of Pomology Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: junpen_s@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย การรวบรวมพันธุ์ลำไยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 17 พันธุ์ มีรายงานข้อมูลฐานพันธุกรรมของพันธุ์ลำไยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2545 และในปี พ.ศ. 2561 มีพันธุ์ลำไย 31 พันธุ์ ซึ่งมีประวัติความเป็นมาและฐานพันธุกรรมของลำไยแต่ละพันธุ์ก็ยังไม่ชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการจำแนกพันธุ์ลำไย เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลมาช่วยในการบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ลำไย โดยเลือกใช้เทคนิค ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) และ SSR (Simple Sequence Repeats) ในการจำแนกพันธุ์ลำไย จำนวน 31 พันธุ์ ด้วยไพรเมอร์ 20 ไพรเมอร์ พบว่าไพรเมอร์ที่แสดงความหลากหลายทางพันธุกรรม 15 ไพรเมอร์ มีแถบดีเอ็นเอมีทั้งหมด 73 แถบ ขนาดประมาณ 100-3,000 คู่เบส มีแถบดีเอ็นเอ 12 แถบ ที่ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม คิดเป็น 16.44% และแถบดีเอ็นเอที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม 61 แถบ คิดเป็น 83.56% เมื่อนำลายพิมพ์ดีเอ็นเอมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่าสามารถจำแนกลำไยได้เป็น 6 กลุ่ม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.44-1.00

คำสำคัญ: การจำแนกพันธุ์ ลำไย เครื่องหมายไอเอสเอสอาร์ เครื่องหมายเอสเอสอาร์

Abstract

Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) is a commercially important crop in northern part of Thailand. First Germplasm collection of 17 longan cultivars in Maejo University were reported in database of 2002. Currently there is 31 longan cultivars in the collection, However history and genetics database of longan were not varietal clear. Identification is useful for germplasm resources and breeding program. In this study, Molecular techniques ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) and SSR (Simple Sequence Repeats) were used for classification of genetic relationship among 31 cultivated longans. Twenty primers were screened and then DNA was amplified base on polymorphic band from 15 primers. The size of amplified bands were ranging from 100 to 3,000 bp. A total of 73 bands were amplified among 31 longan cultivars. The 12 and 61 bands showed monomorphic and polymorphic bands, respectively. These amplified bands were used in genetic relation analysis. A dendrogram revealed that 31 cultivated longans were separated into 6 clusters with similarity coefficients ranging from 0.44 to 1.00.

Keywords: identification, longan, ISSR marker, SSR marker

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) สามารถปลูกได้ในหลากหลายพื้นที่ทั้งเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (Cutler *et al.*, 2006) และเป็นไม้ผลเศรษฐกิจในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (พาวิณ และคณะ, 2546) ในประเทศไทยมีรายงานข้อมูลฐานพันธุกรรมของพันธุ์ลำไยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2545 จำนวน 66 พันธุ์ จากแหล่งรวบรวมพันธุ์ 3 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ศูนย์ศึกษาและพัฒนาลำไยหริภุญชัย และสาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยพันธุ์ลำไยที่รวบรวมไว้ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้มีทั้งหมด 17 พันธุ์ (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ, 2545) ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 มีรายงานการรวบรวมพันธุ์ลำไยในมหาวิทยาลัยแม่โจ้จำนวน 29 พันธุ์ (ธีรานุช, 2559) และมีการศึกษาชื่อและที่มาของพันธุ์ลำไย (ภัทรธนิษฐ์, 2557) และในปี พ.ศ. 2561 มีพันธุ์ลำไย ทั้งหมด 31 พันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามประวัติความเป็นมาและฐานพันธุกรรมของลำไยแต่ละพันธุ์ก็ยังไม่ชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีจำแนกพันธุ์ลำไย เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ลำไยต่อไปในอนาคต

ปัจจุบันเครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) ได้เข้ามามีบทบาทในการบ่งชี้ความหลากหลาย (genetic diversity) ของสิ่งมีชีวิต เป็นวิธีการที่มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าการใช้ลักษณะปรากฏให้เห็น (phenotype) (สุรีพร, 2546) สามารถตรวจสอบได้ทุกระยะการเจริญเติบโตเนื่องจากสภาพไม่ผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม โดยเครื่องหมายดีเอ็นเอแต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน เช่น เทคนิค RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) ใช้ไพรเมอร์แบบสั้นยาว 8-10 นิวคลีโอไทด์ ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ ซึ่งสามารถทำได้รวดเร็วเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่จำเป็นต้องทราบ

ข้อมูลเกี่ยวกับลำดับเบสของดีเอ็นเอเป้าหมาย แต่มีข้อจำกัดในการทำซ้ำ (สุรินทร์, 2552) เทคนิค SSR (Simple Sequence Repeats) เป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของส่วนที่เป็นเบสซ้ำต่อเนื่องที่อยู่ระหว่าง unique sequences ทำให้ความหลากหลายของชิ้นดีเอ็นเอขนาดต่างๆ ซึ่งเกิดจากจำนวนครั้งของเบสซ้ำที่ไม่เท่ากัน มีข้อดี คือ สามารถจำแนกสายพันธุ์พืชที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกัน โดยเฉพาะพืชที่มีฐานพันธุกรรมแคบ (สุริพร, 2546) และได้มีการประยุกต์ให้เป็นเครื่องหมาย ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) โดยการเติมเบสอื่นที่ไม่ได้เป็นส่วนของเบสซ้ำเข้าไปที่ปลาย 5' หรือ 3' ของไพรเมอร์ SSR ประมาณ 1-3 เบส เพื่อให้ไพรเมอร์เข้าจับกับดีเอ็นเอเป้าหมายอย่างจำเพาะมากขึ้น (สุรินทร์, 2552)

สำหรับในประเทศไทยมีรายงานการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการจำแนกพันธุ์และศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมตั้งแต่ปี 2005 โดยใช้เทคนิค HAT-RAPD (high annealing temperature RAPD (HAT-RAPD) กับลำไย จำนวน 14 พันธุ์ (Sitthiphrom *et al.*, 2005; Wangspa *et al.*, 2005) การใช้เทคนิค RAPD กับลำไยจำนวน 14 พันธุ์ (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2556) และการใช้เทคนิค ID-RAPD (intron derived RAPD) กับลำไย 25 พันธุ์ (แสงทอง และคณะ, 2559) ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอในการจำแนกลำไย 31 พันธุ์ จากแปลงรวบรวมพันธุ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้เครื่องหมาย ISSR ที่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์ลำไยประเทศอินโดนีเซีย (Mariana *et al.*, 2011) และ เครื่องหมาย SSR ที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลิ้นจี่ (Madhou *et al.*, 2013) เนื่องจากลำไยและลิ้นจี่เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกันสามารถนำมาศึกษาเปรียบเทียบ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเครื่องหมาย และผลจากการจำแนกพันธุ์ลำไยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ลำไยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ลำไย

ตัวอย่างลำไย จำนวน 31 พันธุ์ ได้แก่ ดอกก้านแข็ง (Daw Kaankhaeng) ดอก 27 (Daw 27) ดอกหลวง (Daw Luang) ดอกยอดแดง (Daw Yoddaeng) ดอกแก้วยี่ (Daw Kaew-yee) ดอกลุ่มน้ำปิง (Daw Lumnamping) ดอกสุขุม (Daw Sukhum) ดอก 75 (Daw 75) ดอก 13 (Daw 13) ดอก 20 (Daw 20) ดอกก้านอ่อน (Daw Kaan-on) สีชมพู (Si-chompoo) เบี้ยวเชียงใหม่ (Biaokhiao Chiangmai) พวงทอง (Phungthong) กรอบกะทิ (Krobkati) หัว (Heaw) ใบดำ (Baidam) ใบหยก (Baiyoke) จัมโบ (Jumbo) บ้านโฮ้ง 60 (Banhong 60) แดงกลม (Daengklome) น้ำผึ้งทวย (Namphueng Thawaai) ปูมาตินโค้ง (Puma Tinkhong) ลำไยต้นหมื่น (Lamyai Tonmuen) พันเมือง (Phuenmueang) เพชรสาคร (Phetsakon) ปิงปอง (Pingpong) เถา (Thao) ฉู่เหลียง (Chuliang) โคฮาลา (Kohala) และเปลือกขาว (Pluakkhao) จากแปลงรวบรวมพันธุ์ลำไยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การสกัดดีเอ็นเอของจีโนม

นำใบอ่อนของลำไยมาสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้วิธี CTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยการทำ 1% agarose gel electrophoresis ในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 1 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 50 โวลต์ เป็นเวลา 90 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย SYBR® Safe DNA gel stain (Invitrogen, USA) เก็บสารละลายดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20°C. จนกว่าจะใช้งาน

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ ISSR และ SSR

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาเพิ่มปริมาณด้วยไพรเมอร์ ISSR (Mariana *et al.*, 2011) และ SSR (Madhou *et al.*, 2013) เพื่อวิเคราะห์แถบดีเอ็นเอที่ได้ โดยปฏิกิริยาประกอบด้วย ดีเอ็นเอประมาณ 10-20 ng/μl. บัฟเฟอร์สำเร็จรูป 1 เท่า MyTaq™ Red Mix (BIOLINE, USA) ใช้ไพรเมอร์ความเข้มข้นสุดท้าย 0.5 μM สภาพที่ใช้ คือ 94°C. 4 นาที สำหรับขั้นตอนการ denaturing จากนั้นทำ 35 รอบของ denaturing ที่ 94°C. 60 วินาที annealing 50°C. (ยกเว้นไพรเมอร์ LMLY2 และ ISSR ทั้งหมด ใช้อุณหภูมิ 45°C.) 60 วินาที และ extension 72°C. 60 วินาที และ final extension 72°C. นาน 7 นาที วิเคราะห์ผลผลิต PCR ด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis ในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 1 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 150 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, Korea)

การจำแนกพันธุ์ลำไย

เปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลำไยทั้ง 31 พันธุ์ ที่ได้จากเทคนิค ISSR และ SSR และเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ได้ทั้งหมด แล้วบันทึกคะแนนโดยให้คะแนนตำแหน่งที่ปรากฏแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 1 ส่วนตำแหน่งที่ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอเท่ากับ 0 แล้ววิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป FreeTree โดยเลือกวิธีจัดกลุ่มแบบ UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) และสร้างแผนภาพ dendrogram ด้วยโปรแกรม TreeView

Table 1 The SSR and ISSR primer sequences used for DNA amplification in this study

SSR marker			
Primer name	Primer sequence (5' to 3')	Primer name	Primer sequence (5' to 3')
LMLY2F	AAGATGAGATGAGTGTTCAC	LMLY7F	ACCTTCTTGAATAGGATAAAG
LMLY2R	CTCTTGTTTCAGTTTTTCATAAG	LMLY7R	AGAAAGATTAGATAGAGTAGACT
LMLY3F	GAGTAGATAAAAATGGTAATGG	LMLY8F	ATGATGGTAGAGGTCAAGTT
LMLY3R	TTATATCCCTCCACATCCAC	LMLY8R	AATATAAAAGAGAGAGTATCCC
LMLY4F	CAAATAACATGAAAAAGATGA	LMLY9F	CATTATCTTCTTTATTACCA
LMLY4R	TCTCTGTGACTGTAACTGTA	LMLY9R	CGTCTCTTTTATGAACAC
LMLY5F	TGGAGAGGACATGATTACTA	LMLY10F	AATAGGGTTTGTGTAATTTGT
LMLY5R	TGGAGAGGACATGATTACTA	LMLY10R	CTTAGATAGCGGAACTATA
LMLY6F	AAGGAATAAAGCTATCAATAAA	LMLY11F	GTTTTCATATTGGACTTATTTT
LMLY6R	TCCAACTACTCTATCTCTAG	LMLY11R	TCACTCTTACTTTATACTCA

Table 1 (Continued)

ISSR marker			
Primer name	Primer sequence (5' to 3')	Primer name	Primer sequence (5' to 3')
ISSR-01	(AG) ₈ YC	ISSRa	HVH(CA) ₇
ISSR-02	(GA) ₈ YC	ISSRb	(AC) ₈ YA
ISSR-06	(GACA) ₄	ISSRc	(AC) ₈ YG
ISSR-08	G(GATG) ₃ GAT	ISSRd	HVH(TCC) ₅
ISSR-13	(GACA) ₄	ISSRe	(TCC) ₅ RY

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์จากเทคนิค ISSR และ SSR

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของลำไยโดยใช้ไพรเมอร์ ISSR และ SSR จำนวน 20 ไพรเมอร์ พบว่าพบไพรเมอร์ SSR จำนวน 5 ไพรเมอร์ ได้แก่ LMLY3, LMLY4, LMLY6, LMLY7 และ LMLY9 มีแถบดีเอ็นเอที่ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม (monomorphic band) คิดเป็น 25% และมีไพรเมอร์จำนวน 15 ไพรเมอร์ ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ คิดเป็น 75% ซึ่งพบแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 73 แถบ มีแถบดีเอ็นเอ 12 แถบที่ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม คิดเป็น 16.44% และแถบดีเอ็นเอที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม 61 แถบ คิดเป็น 83.56% โดยแถบดีเอ็นเอมีขนาดประมาณ 100-3,000 คู่เบส โดยไพรเมอร์ ISSR ที่ให้แถบดีเอ็นเอสูงที่สุด คือ ไพรเมอร์ ISSR-13 มีแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 10 แถบ (Figure 1) และไพรเมอร์ SSR ให้แถบดีเอ็นเอสูงที่สุด คือ ไพรเมอร์ LMLY2 มีแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 4 แถบ (Figure 2)

การจำแนกพันธุ์ลำไย

เมื่อวิเคราะห์หลายพหุดีเอ็นเอของลำไยทั้ง 31 พันธุ์ ที่ได้จากเทคนิค ISSR และ SSR จำนวน 15 ไพรเมอร์ ด้วยโปรแกรม Free Tree และเลือกวิธีการจัดกลุ่มแบบ UPGMA โดยคำนวณค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) (Figure 3) โดยลำไยทั้ง 31 พันธุ์มีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.44 ถึง 1.00 และแสดงผลในรูปแบบภูมิความสัมพันธ์ (dendrogram) พบว่า พันธุ์ลำไยจำนวน 31 พันธุ์ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (Figure 4) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 มี 18 พันธุ์ คือ ดอก้านอ่อน ดอยยอดแดง ดอ 20 ดอ 13 สีชมพู กรอบกะทิ ดอก้านแข็ง ดอหลวง ใบดำ ดอกลุ่มน้ำปิง ดอสุขุม จัมโบ บ้านโฮ้ง 60 น้ำผึ้ง ทะวาย ดอ 75 ลำไยต้นหมื่น พวงทอง และใบหยก กลุ่มที่ 2 มี 7 พันธุ์ คือ เบี้ยวเขียวเชียงใหม่ หัว ดอแก้วยี่ ปูมาตินไค้แดงกลม ดอ 27 และพื้นเมือง กลุ่มที่ 3 มี 2 พันธุ์ คือ ฉู่เหลียงและโคฮาลา กลุ่มที่ 4 มี 1 พันธุ์ คือ เพชรสาคร กลุ่มที่ 5 มี 2 พันธุ์ คือ ปิงปองและเถา ซึ่งลำไยทั้ง 2 พันธุ์ มีลักษณะเป็นเถาเลื้อยและมีใบขนาดเล็กเหมือนกัน และกลุ่มที่ 6 มี 1 พันธุ์ คือ เปลือกขาว ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากเป็นพันธุ์ทะวายอย่างชัดเจน โดยจะออกดอกและติดผลตลอดทั้งปี (จิรนุช, 2559) และการพบว่า ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวเชียงใหม่และลำไยพันธุ์พันธุ์สีชมพูถูกแบ่งเป็นคนละกลุ่มนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันท์เพ็ญ และคณะ (2556); แสงทอง และคณะ (2559) และ Yonemoto *et al.* (2006) นอกจากนี้ยังพบว่า ลำไยพันธุ์ดอก้านอ่อนกับพันธุ์ดอยยอดแดงมีค่าดัชนีความเหมือนเท่ากับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าเป็นพันธุ์ที่มีความเหมือนทางพันธุกรรมมาก แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้จำนวนไพรเมอร์มากขึ้นเพื่อให้ครอบคลุมทั้งจีโนม

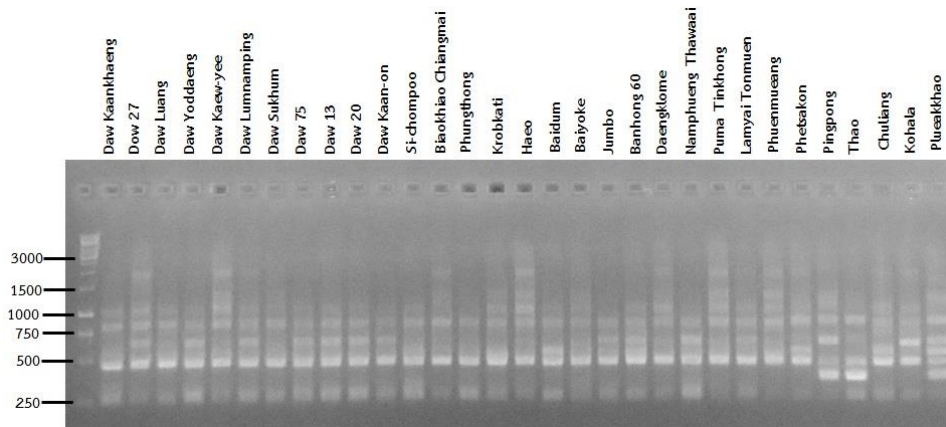


Figure 1 The ISSR amplification results from 31 longan varieties by primer ISSR-13. The first lane designated ‘M’ shows the GeneRuler 1 kb DNA (Thermo Scientific, USA) Ladder

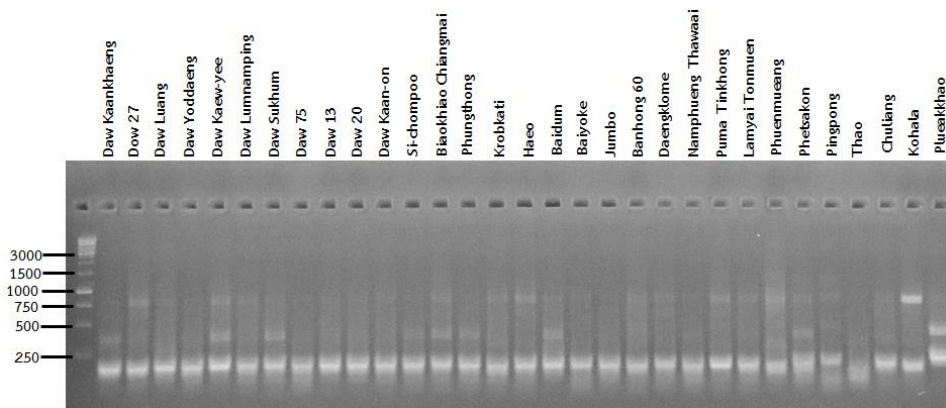


Figure 2 The SSR amplification results from 31 longan varieties by primer LMLY2. The first lane designated ‘M’ shows the GeneRuler 1 kb DNA (Thermo Scientific, USA) Ladder

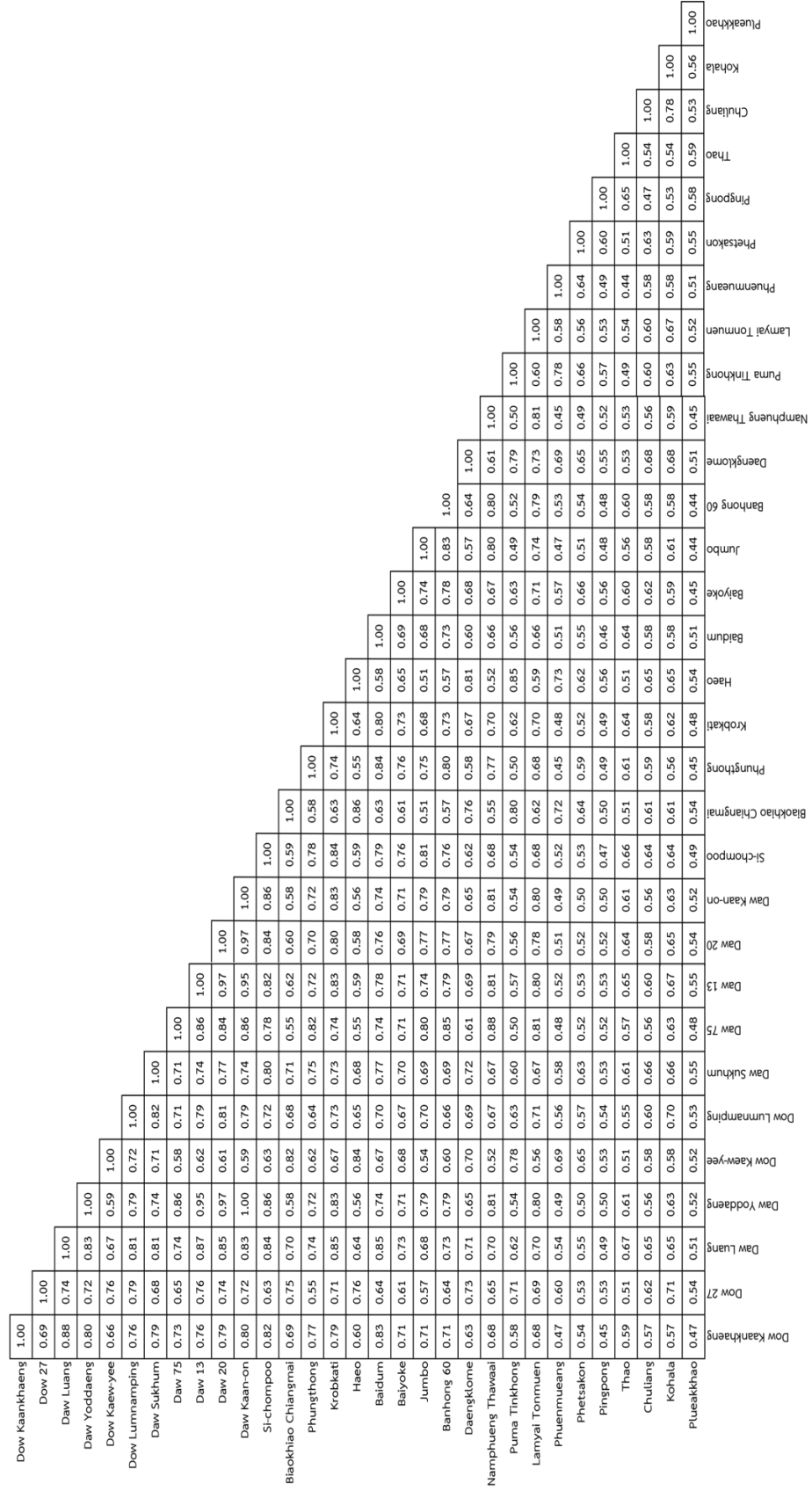


Figure 3 Similarity index of 31 longan cultivars from ISSR and SSR technique

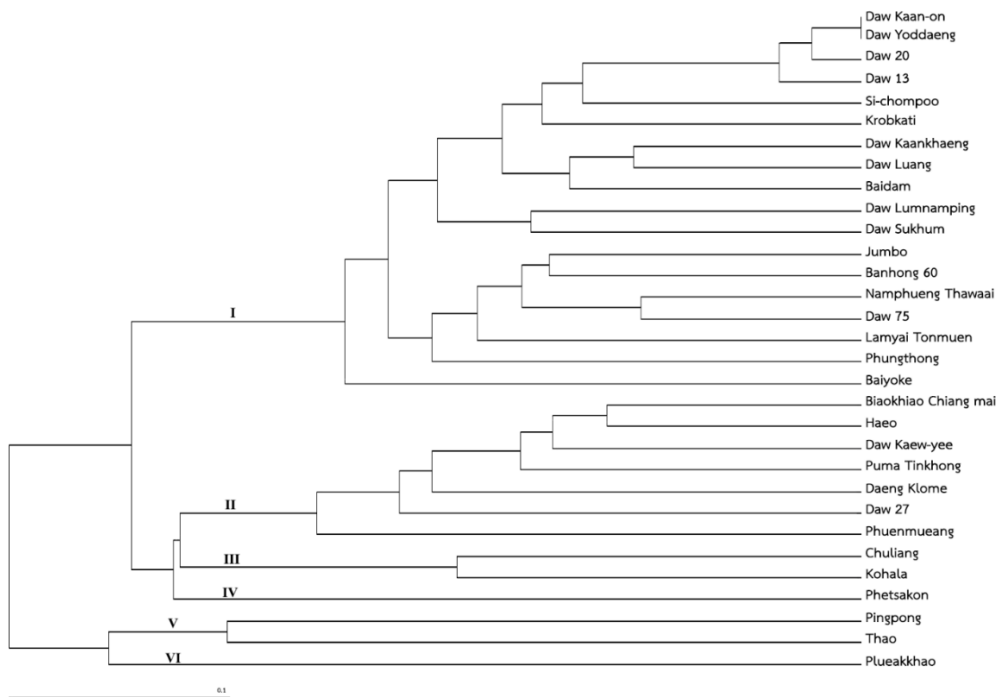


Figure 4 Dendrogram demonstrating genetic relationships among 31 longan cultivars generated by the UPGMA cluster analysis from 15 ISSR and SSR primers.

สรุปผลการวิจัย

การจำแนกพันธุ์ของลำไยจำนวน 31 พันธุ์ ด้วยเครื่องหมาย ISSR และ SSR จำนวน 20 ไพรเมอร์ พบว่ามีไพรเมอร์จำนวน 15 ไพรเมอร์แสดงความหลากหลายทางพันธุกรรม (polymorphic bands) โดยมีแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 73 แถบ มีแถบดีเอ็นเอ 12 แถบที่ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม คิดเป็น 16.44% และแถบดีเอ็นเอที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม 61 แถบ คิดเป็น 83.56% โดยแถบดีเอ็นเอมีขนาดประมาณ 100-3,000 คู่เบส เมื่อนำลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้ไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม FreeTree มีค่าดัชนีความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.44-1.00 สามารถจำแนกพันธุ์ลำไยได้เป็น 6 กลุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการ การประยุกต์ใช้เครื่องหมาย SSR ของลีนจี้ เพื่อตรวจสอบลำไยลูกผสม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

จันทร์เพ็ญ สระระ ฉันทนา วิชรรัตน์ อีรนุช เจริญกิจ และแสงทอง พงษ์เจริญกิต. 2556. การใช้เทคนิคอาร์เอฟทีดีในการจำแนกความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไย. น. 186-192. ใน รายงานการประชุมวิชาการภาคบรรยาย 3-4 ธันวาคม 2556. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

- ธีรนุช เจริญกิจ. 2559. **แม่โจ้...ศาสตร์แห่งพันธุ์ลำไย**. เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์. 224 น.
- พาวิณ มะโนชัย ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิติ ศรีตันทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2546. **เทคโนโลยีการผลิตลำไย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พิสิทส์เซ็นเตอร์. 126น.
- ภัทรธนิษฐ์ ศรีจอมทอง. 2557. **ลำไย: ชื่อและที่มา**. 84 น. ใน รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2552. **เครื่องหมายดีเอ็นเอจากพื้นฐานสู่การประยุกต์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 269น.
- สุริพร เกตุงาม. 2546. เครื่องหมายดีเอ็นเอในงานปรับปรุงพันธุ์พืช. **วารสารวิชาการ.อบ.** 5(2): 37-59
- แสงทอง พงษ์เจริญกิจ จันทรเพ็ญ สาระ ธีรนุช เจริญกิจ และฉันทนา วิรัตน์. 2559. การศึกษาความสัมพันธ์ทาง พันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคไอดีอาร์เอพีดี. **วารสารเกษตร** 32(1): 1-8.
- สำนักงานคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ. 2545. **ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช:ลำไย**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 94 น.
- Cutler, R.W., S. Sitthiphrom J, Marha and S. Anuntalabhochai 2006. Development of sequence-characterized DNA marker to temperature insensitivity for fruit production longan (*Dimocarpus longan Lour.*) Cultivars. **Agronomy and Crop Science** 193: 74-78.
- Hwang, S.K. and Y.M. Kim. 2000. A Simple and reliable method for preparation of cross-contamination-free plant genome DNA for PCR-based detection of 27transgenes. **J Biochem Mol Biol.** 33: 537-546.
- Madhou, M., F. Normand, T. Bahorun and J.I. Hormaza. 2013. Fingerprinting and analysis of genetic diversity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) accessions from different germplasm collections using microsatellite markers. **Tree Genetics & Genomes** 9: 387-396.
- Mariana, B.D., A. Sugiyatno and A. Supriyanto. 2011. Genetic diversity of local accessions of *Dimocarpus longan* revealed by ISSR markers. **Buletin Plasma Nutfah** 17(1): 25-29.
- Sitthiphrom, S., S. Anuntalabhochai, N. Dum-ampai, B. Thakumphu and M. Dasanonada. 2005. Investigation of genetic relationships and hybrid detection in longan by high annealing temperature RAPD. **Acta Hort.** 665: 161-170.
- Wangspa, R., R.W. Cutler, S. Sitthiprom, R. Chundet, N. Dumampai and S. Anuntalabhochai. 2005. DNA fingerprint database of some economically important Thai plants: *Litchi chinensis* Sonn, *Dimocarpus longan* Lour, and *Peuraria* spp. **ScienceAsia** 31: 145-149.
- Yonemoto, Y., A.K. Chowdhury, H. Kato and M.M. Macha. 2006. Cultivars identification and their genetic relationships in *Dimocarpus longan* subspecies based on RAPD markers. **Scientia Horticulture** 109: 147-152.

การศึกษาลักษณะคุณภาพผลและรูปแบบโปรตีนในผลของลำไยพันธุ์ดอ
ที่ปรากฏอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล

Study on Some Fruit Quality Characteristics and Protein Pattern of Fruit
Physiological Disorder Syndrome in ‘Daw’ Longan (*Dimocarpus longan* Lour.)

เอกวิทย์ ตรีเนตร^{1*} วัลลภา ดอนคำ¹ อัจฉรา แกล้วกล้า¹ วินัย วิริยะอลงกรณ์² และอดิศักดิ์ จูมวงษ์³
Ekawit Threenet^{1*}, Wanlapha Khonkham¹, Achara Kleawkla², Winai Wiriyaalongkorn²
and Adisak Joomwong³

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Division of Pomology Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: ekawit73@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ด้านเคมีและรูปแบบโปรตีน ของกลุ่มอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล (โรคลำไยผิวแดง) ในระยะผลอ่อนของลำไยพันธุ์ดอ (*Dimocarpus longan* Lour.) โดยการเปรียบเทียบกับผลลำไยปกติในระยะ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 สัปดาห์หลังการติดผล ณ สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบบางชนิดทางเคมี และรูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค 1D-gel และ Mass Spectrometry (MS) ผลการศึกษาพบว่า ในระยะเริ่มแรกของการเกิดอาการของโรคความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล (สัปดาห์ที่ 20 และ 25 หลังการติดข้อผล) ขนาดและน้ำหนักผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าสีเฉลี่ย (Hue) และค่าสีแดง (a) ในผลเป็นโรคมีย่านค่ามากกว่าผลปกติ ส่วนคุณภาพของผลพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ค่า Acidity และปริมาณวิตามินซี ของลำไยที่เป็นโรคมีย่านน้อยกว่าในผลลำไยปกติ สำหรับการศึกษา 1D-gel พบโปรตีนบ่งชี้ชื่อ Vegetative storage protein (25.2 Kda) และโปรตีน Predicted protein (40.11 Kda) มีการแสดงออกลดลงในระยะเริ่มการเกิดโรค ซึ่งโปรตีนเหล่านี้สามารถคืนสภาพการแสดงออกหลังการบำรุงรักษาสวน (30 สัปดาห์หลังการติดผล)

คำสำคัญ: กลุ่มอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล เมล็ด ลำไย อีเล็กโทรโพรซิซิส โปรตีน

Abstract

The purpose of this research was to compare some fruit quality characteristics and protein pattern by using 1D-gel and Mass Spectrometry (MS) in fruit physiological disorder syndrome (redskinned longan) of 'Daw' longan (*Dimocarpus longan* Lour). Normal and physiological disorder syndrome (abnormal) fruits were compared to study some physical characteristics, chemical components and protein pattern on fruit growth during 5, 15, 20, 25 and 30 weeks after fruit set at Maejo University Farm, Chiang Mai. The results showed that the fruit size and fruit weight were not significantly different at 20 and 25 weeks after fruit set (the onset of physiological disorder symptom stage). In contrast, the Hue and red values (a) of abnormal fruit were higher than normal fruit. The Total Soluble Solids (TSS), acidity level and vitamin C content of abnormal fruits were significantly lower than normal fruit. For 1D-gel study, it was found that the expression of vegetative storage protein (25.2 Kda) and predicted protein (40.11 Kda) were decreased at the onset of disease. These proteins could be restored on expression after the cultural practices in the orchard (30 weeks after fruit set).

Keywords: physiological disorder syndrome, seed, longan, electrophoresis, protein

คำนำ

กลุ่มอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไย (physiological disorder syndromes) หรือที่เกษตรกรของพื้นที่ เรียกว่า “โรคลำไยผลแดง” หรือมีชื่อเรียกอื่นๆ เป็นอาการที่ผลลำไยมีลักษณะผลสีค่อนข้างแดงในช่วงระยะการเจริญเติบโตของผล ทำให้ผลของลำไยผลนั้นหรือกลุ่มพวงผลนั้นมีลักษณะผลที่เล็กไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นผลขนาดใหญ่ได้ ทำให้เกิดความเสียหายเกิดขึ้นกับผลผลิตของเกษตรกร อย่างไรก็ตามแม้จะเรียกว่าเป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไยแต่การระบาดในแต่ละพื้นที่จะมีการแสดงออกของกลุ่มอาการที่มีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยมีลักษณะปลีกล้วยในการแสดงลักษณะของความผิดปกตินี้ เช่น ลักษณะขนาดของผลที่มีขนาดเล็กแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่มีการระบาด (อัญชญา, 2559) ลักษณะสีผิวของผลที่มีลักษณะสีเข้มขึ้นหรือจางลงแล้วแต่ละพื้นที่ เพาะปลูก (เบญจวรรณ, 2559) นอกจากนี้ลักษณะเนื้อของผลลำไยที่เป็นกลุ่มอาการนี้ก็มีลักษณะแห้งและมีสีสันที่แตกต่างไปจากลักษณะลำไยปกติ สำหรับสาเหตุของโรคยังไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอน แต่มีรายงานว่าเกิดเนื่องจากมีผลกระทบทางสรีรวิทยาของต้นลำไยที่อาจถูกชักนำโดยหลายปัจจัย อาทิ สภาพต้นโทรม การใช้สารเคมีในการเร่งกระบวนการต่างๆ ในต้นลำไย ความผิดปกติของบางสายพันธุ์ลำไยที่อาจเกิดกลุ่มอาการนี้ได้ง่าย และสถานะของสภาพแวดล้อมของแหล่งเพาะปลูก อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถตรวจพบว่ากลุ่มอาการเหล่านี้เกิดจากเชื้อโรคใดจึงอาจถือว่าเป็นโรคลำไย แต่เป็นกลุ่มอาการหนึ่งของผลลำไยที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่นั่นเอง และเนื่องจากไม่ใช่โรคที่มีสาเหตุโดยตรงหรือชัดเจน การยับยั้ง ป้องกัน หรือ การควบคุมอาการแสดงออกของโรค จึงอาจทำได้ยากเพราะต้องอาศัยการควบคุมหลายปัจจัย

โดยสรุปสาเหตุกลุ่มอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไยอาจมีสาเหตุได้หลายปัจจัยและยังหา บทสรุปที่ชัดเจนไม่ได้ ดังนั้นการทำนายล่วงหน้าหรือการวินิจฉัยกลุ่มอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไย ก่อนที่จะแสดงลักษณะออกมาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก ในการยับยั้ง ป้องกัน และ ควบคุม การระบาดของกลุ่ม อาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไยได้ สำหรับการศึกษาด้านโปรตีนในอาการผิดปกติของลำไยนี้ยังไม่พบว่ามี การใช้เทคนิคด้านโปรตีโอมิกส์ในการศึกษาที่ชัดเจน (เอกวิทย์ และคณะ, 2560) งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการ เปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลลำไยและการเปลี่ยนแปลงด้านโปรตีนในเมล็ดลำไยที่เกิดโรคลกลุ่มอาการความผิดปกติทาง สรีรวิทยาของผลด้วยเทคนิค 1D-gel เพื่อดูประสิทธิภาพการแสดงออกของโปรตีนโดยหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเป็น พื้นฐานที่จะได้นำไปใช้ในวิเคราะห์ด้วยเทคนิคขั้นสูงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสถานที่ศึกษาวิจัย

สำหรับตัวอย่างในการวิเคราะห์ที่ใช้ลำไยพันธุ์ตอปกติและลำไยที่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลช่วง ระยะเวลาอ่อนได้จากแหล่งเพาะปลูก สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่เคยมีประวัติการเกิดการ ระบาดของอาการลำไยที่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล และคาดว่าจะเกิดขึ้นอีกเพื่อจะได้ติดตามการพัฒนาการ เกิดโรคตั้งแต่ระยะการพัฒนาหลังการติดช่อผลไปจนกระทั่งเกิดโรคเกิดขึ้นได้ โดยทำการเก็บตัวอย่างลำไยตั้งแต่หลัง ติดช่อผลเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 สัปดาห์ โดยสวนดังกล่าวปรากฏพบการระบาดของความผิดปกติ ทางสรีรวิทยาในผลช่วงระยะอ่อนใน 20 สัปดาห์หลังการติดช่อผล (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม 2560)

การเตรียมตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างผลสดในระยะต่าง ๆ ที่กำหนดไว้นามาศึกษาลักษณะทางกายภาพของผล (ความกว้าง ความยาว น้ำหนัก และ ค่าสีผิวเมล็ด) และวัดค่าทางเคมีของผล ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solids, TSS) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณวิตามินซี ต่อจากนั้นให้ทำการแยกเมล็ดของลำไยโดยได้ผ่าน กระบวนการเก็บรักษาที่ -20°C . ณ ห้องปฏิบัติการชีวเคมี สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และทำ การสกัดโปรตีนในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) วัดโดยเครื่อง Digital refractometer โดยใช้ น้ำคั้นของลำไย ค่าที่อ่านได้จาก hand refractometer โดยก่อนใช้ปรับค่าให้เป็นศูนย์ด้วยน้ำกลั่นก่อนทุกครั้ง ทำการทดลองสามครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้นำมาคูณกลับด้วยค่าคำนวณแฟคเตอร์การละลาย (dilution factor, ส่วนกลับของเนื้อสารด้วยผลบวกของเนื้อสารกับตัวทำละลาย) หน่วยเป็น Brix

2. วัดค่าความเป็นกรดต่าง นำน้ำลำไยที่ได้นี้มาวัดค่า pH ด้วย pH meter

3. วิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินซีในเนื้อลำไย (วิสนีย์, 2557) โดยวิธีไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6-dichlorophenol inophenols นำตัวอย่างเนื้อลำไยที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวจำนวน 10 กรัม เติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4% ให้มีปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มล. ในขวดปรับปริมาตรแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 10 มล. แล้วเติมกรดออกซาลิกให้ครบ 40 มล. แล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6-dichlorophenol inophenols ความเข้มข้น 0.04% จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีชมพูคงตัวนาน 15

วินาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยบันทึกปริมาตรของ 2,6-dichlorophenol inophenols ที่ใช้เปรียบเทียบกับปริมาตรของ 2,6-dichlorophenol inophenols ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในเนื้อลำไย

การสกัดตัวอย่างโปรตีนในเมล็ดลำไยเพื่อเข้าสู่เทคนิคโปรตีโอมิกส์

ทำการสกัดตามวิธีของชินซุซา (2558) โดยชั่งเมล็ดลำไยหนัก 0.02XX g เติมน้ำสารละลาย extraction solution (0.2 M Tris-HCl pH 6.8, 2% SDS) ปริมาตร 0.2 ml บดต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน เติมนิโตรเจนเหลวลงไปช่วยในการบดจนมีลักษณะเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4°C. ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 นาที เก็บสารละลายส่วนใสด้านบนที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่ -20°C. เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การวัดปริมาณโปรตีนจากเมล็ดลำไยด้วยวิธี Modified Lowry

นำสารละลายส่วนใสที่เก็บรักษาไว้ออกมาทำการหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified Lowry (Lowry *et al.*, 1951) เพื่อหาปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมในการทำเทคนิค 1D-gel

การศึกษาารูปแบบของโปรตีนด้วยเทคนิค 1D-gel

เตรียมสารละลายของเจล stacking gel (4%) และ separating gel (12.5%) สำหรับเงื่อนไขเจลอิเล็กโทรโฟเรซิสที่มีความเข้มข้น 12.5% ที่ยังไม่เกิดพอลิเมอร์ จากนั้นใส่โปรตีนที่คำนวณได้ลงในช่องบน stacking gel โดยทำการใส่ standard protein หลุมปลายด้านซ้าย 4 μ l แล้วเว้นระยะไว้ 1 หลุม ส่วนหลุมถัดมาใส่สารละลาย egg albumin ส่วนหลุมถัดไปใส่สารละลายตัวอย่างโปรตีนจากเมล็ดลำไยในระยะต่างๆ ที่มีการเตรียมสภาวะตัวอย่างแบบ reducing จะใช้การเตรียมโดยมีการเติม β -mercaptoethanol ใน loading buffer โดยทำการหยอดที่ 100 μ g ต่อหลุม

การวิเคราะห์เจลสำหรับเทคนิค 1D-gel

สำหรับการวิเคราะห์เจลด้วยเทคนิค 1D-gel โดยนำค่า R_f ของโปรตีนมาตรฐาน และค่า \log_{10} มวลโมเลกุลของโปรตีนมาตรฐานมาเขียนกราฟมาตรฐาน จากนั้นนำค่า R_f ที่วัดได้จากตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานจะสามารถทราบมวลโมเลกุลของโปรตีนจากเมล็ดลำไยที่เราทำการวิเคราะห์ได้ ทำการคัดเลือกแถบโปรตีนที่คาดว่าเป็นโปรตีนบ่งชี้การเกิดโรคม่าทำการเตรียมตัวอย่างแถบโปรตีนและทำการย่อยก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS ที่ศูนย์วิจัยเครื่องมือวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลการวิจัย

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผล

เมื่อเกิดโรคในสัปดาห์ที่ 20 หลังการติดข้อผลที่สามารถแยกผลลำไยปกติออกจากลำไยที่เป็นโรค พบว่าขนาดผลและน้ำหนักผลของลำไยที่เป็นโรคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลลำไยปกติ (Table 1)

ลักษณะสีของผล

สำหรับลักษณะสีของผลปกติ พบว่าค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่า Hue มีค่าแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามระยะการเจริญเติบโตของผลลำไย (Table 2)

นอกจากนี้ พบว่าค่าความสว่าง L และค่าสีเหลือง b ของเมล็ดผลด้านนอกของลำไยผลปกติมีแนวโน้มค่ามากกว่าลำไยผิดปกติ ส่วนค่าสีแดง a และ ค่า Hue ของลำไยผลผิดปกติมีค่ามากกว่าผลปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 20 หลังการติดข้อผล ที่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ส่วนค่า Chroma ไม่มีความแตกต่าง

Table 1 The physical properties in width, length and weight of longan fruit on normal and physiological disorder syndrome (PDS) with growth stage (from 5 to 30 weeks)

Weeks after fruit set	Physiological values (mean \pm SD)					
	Normal			Physiological disorder syndrome		
	Wide (cm)	Long (cm)	Weight (g)	Wide (cm)	Long (cm)	Weight (g)
5	0.40 \pm 0.87	0.51 \pm 1.12	0.04 \pm 0.02	0.38 \pm 0.77	0.50 \pm 1.19	0.03 \pm 0.01
10	0.70 \pm 1.14	0.93 \pm 1.63	0.29 \pm 0.10	0.71 \pm 1.63	0.98 \pm 0.36	0.28 \pm 0.08
15	1.59 \pm 1.63	1.20 \pm 1.50	0.86 \pm 0.27	1.52 \pm 0.48	1.18 \pm 1.50	0.89 \pm 0.17
20	1.48 \pm 1.58	1.55 \pm 1.65	2.11 \pm 0.59	1.45 \pm 1.81	1.49 \pm 1.87	2.21 \pm 0.58
25	1.73 \pm 1.67	1.93 \pm 1.47	3.43 \pm 0.93	1.91 \pm 1.63	1.84 \pm 1.46	4.51 \pm 1.01
30	2.31 \pm 2.50	2.15 \pm 2.10	7.07 \pm 2.02	2.57 \pm 1.95	2.27 \pm 1.52	6.27 \pm 1.32

Table 2 Color values in longan peel were determined in physiological disorder syndrome (PDS) and normal longan fruit on fruit growth (20 samples/group) at Maejo University's farm, Chiang Mai

Weeks after fruit set	Color values in peel of longan fruit				
	L	a	b	Chroma	Hue
5	43.47 \pm 3.62	1.46 \pm 1.30	24.68 \pm 8.88	28.94 \pm 3.25	95.95 \pm 7.29
10	42.06 \pm 3.93	3.67 \pm 2.34	32.34 \pm 8.17	33.65 \pm 7.83	74.22 \pm 5.82
15	43.56 \pm 2.14	3.05 \pm 3.0	29.78 \pm 2.94	30.11 \pm 4.92	74.02 \pm 8.36
20 (Normal)	42.88 \pm 2.15	5.52 \pm 1.03	34.96 \pm 2.21	35.34 \pm 2.19	80.93 \pm 1.96
20 (PDS)	43.56 \pm 2.14	8.05 \pm 1.06*	29.78 \pm 2.94	30.11 \pm 4.92	74.02 \pm 1.37*
25 (Normal)	42.18 \pm 3.22	5.65 \pm 1.65	33.69 \pm 3.31	34.21 \pm 2.42	76.87 \pm 7.89
25 (PDS)	44.19 \pm 3.96	8.23 \pm 2.61	30.45 \pm 3.28	31.54 \pm 3.45	74.54 \pm 8.46
30 (Normal)	48.42 \pm 2.54	7.28 \pm 1.55	31.69 \pm 2.24	32.53 \pm 2.34	77.09 \pm 2.42
30 (PDS)	48.89 \pm 1.32	8.74 \pm 0.92	33.14 \pm 0.87	34.29 \pm 0.88	75.21 \pm 1.56

* Significantly different from normal

ศึกษาคุณภาพทางเคมีของผล

จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีของผล (Table 3) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solids, TSS) ในสัปดาห์ที่ 20 ลำไยที่เป็นโรคมักการละลายได้มากกว่าลำไยปกติ และเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 25 และ 30 ลำไยที่เป็นโรคมักการละลายที่น้อยกว่าลำไยปกติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าลำไยที่เป็นโรคในสัปดาห์ที่ 20 และ 25 มีค่าความเป็นกรดมากกว่าลำไยที่ปกติอย่างมีนัยสำคัญ และกลับมามีค่าความเป็นกรดต่ำกว่าลำไยที่ปกติอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 30 สำหรับการหาปริมาณวิตามินซีในเนื้อลำไยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 20 ลำไยปกติและลำไยที่เป็นโรคมักค่าวิตามินซีเท่ากัน แต่จะมีค่าลดลงในลำไยที่เป็นโรคอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่

Table 3 Chemical characteristics of normal longan compared to physiological disorder syndrome (PDS) of fruits

Weeks after fruit set	Chemical characteristics (mean ± SD)					
	Total soluble solids (TSS, %)		Acidity (pH)		Vitamin C (mg/100g)	
	Normal	PDS	Normal	PDS	Normal	PDS
20	5.45±0.23	6.54±0.16*	7.59±0.12	6.96±0.06*	1.58±0.00	1.58±0.00
25	15.22±0.15	7.52±0.04*	7.59±0.12	6.96±0.06*	0.76±0.26	0.47±0.00*
30	21.68±0.08	18.31±0.07*	6.76±0.08	7.13±0.08*	1.33±0.21	1.14±0.26

* Significantly different from normal

การตรวจสอบแถบโปรตีนที่สกัดได้จากเมล็ดของลำไยในระยะการเจริญเติบโตของผล

จากผลการศึกษาด้วยเทคนิค 1D-gel (Figure 1) ปรากฏว่า พบมีแถบโปรตีนจำนวน 7 แถบโปรตีน (8.74, 14.99, 18.32, 40.90, 59.84 และ 89.08 Kda) และแถบโปรตีนที่สามารถเห็นได้ชัดเจนและคาดว่าเป็นตัวบ่งชี้ ได้แก่ แถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่ 14.99, 18.32 และ 40.90 Kda ตามลำดับ

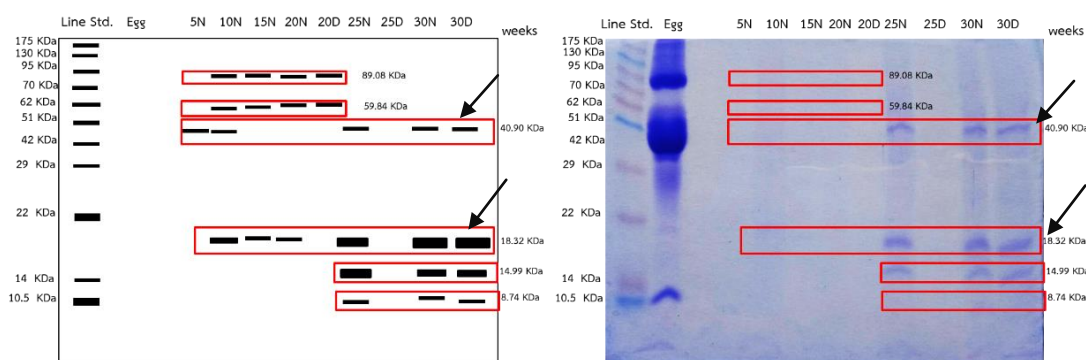


Figure 1 The expression of protein in longan seed during fruit growth (5, 10, 15, 20, 25 and 30 weeks after fruition) with Coomassie brilliant blue R-250 staining on 12.5% gel at 100 µg/well gel. Notices; Line Std. = Standard protein marker, Line Egg = Egg albumin, D = physiological disorder syndrome and N = normal longan fruit

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่าลำไยปกติมีค่าขนาด และน้ำหนักของผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงค่าสีแดง a และ ค่า Hue ของลำไยผลผิดปกติมีค่ามากกว่าผลปกติอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 20 หลังการติดผล ที่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบภายในและตัวบ่งชี้โปรตีนเพื่อให้เข้าใจกระบวนการการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้น

ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของเนื้อลำไยว่ามีคุณภาพดีมากน้อยเพียงใด (ศิริโสภา, 2555) โดยที่การวัดค่า TSS จะช่วยในการบ่งบอกถึงการพัฒนากระบวนการสุกของผลลำไย ซึ่งพบว่าปริมาณ TSS ของลำไยที่เป็นโรคมีน้อยกว่าลำไยผิดปกติ ในขณะที่วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพื่อดูว่าลำไยเกิดการเน่าหรือเสียจะมีค่าความเป็นกรดเกิดขึ้นหรือยังไม่พัฒนาไปสู่กระบวนการสุกจึงมีรสเปรี้ยวซึ่งจากการทดลองพบว่า ลำไยที่เป็นโรคมีนค่าความเป็นกรด-ด่างสูงในสัปดาห์ที่ 20 ถึง 25 แสดงว่ามีกระบวนการสุกล่าช้ากว่าลำไยปกติ สำหรับการหาวิตามินซี จะช่วยในการบ่งบอกถึงคุณภาพของลำไย ซึ่งพบว่าลำไยที่เป็นโรคในสัปดาห์ที่ 25 มีวิตามินซีน้อยกว่าลำไยปกติ คุณภาพของลำไยที่เป็นโรคจึงมีค่าต่ำตามไปด้วย เพราะการขาดวิตามินซีมักเกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของผลไม้ได้

สำหรับการศึกษาการแสดงออกของโปรตีนของเมล็ดลำไย ด้วยเทคนิค 1D-gel โดยพบแถบโปรตีนที่ 18.32 และ 14.99 Kda พบว่า เป็นโปรตีนชื่อว่า vegetative storage protein (25.2 Kda) ซึ่งเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสะสมอาหารของพืชเพื่อเตรียมเข้าสู่การเปลี่ยนฤดูการ (Langheinrich and Tischner, 1991) โปรตีนชนิดนี้ในเมล็ดมีการแสดงออกในช่วงเริ่มปรากฏอาการของโรค (20 สัปดาห์หลังการติดช่อผล) โดยมีการแสดงออกลดลงในลำไยที่เป็นโรค หลังจากนั้นเมื่อมีการบำรุงรักษาสวนแถบโปรตีนนี้จึงปรากฏขึ้นอีกครั้งในลำไยที่เป็นโรคเหมือนกับลำไยปกติในสัปดาห์ที่ 30 หลังการติดช่อผล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าโปรตีนชนิดนี้เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคความผิดปกติทางสรีรวิทยาในระยะผลอ่อน (อัญญา, 2559) ที่อำเภอฟ้าว กับ อำเภอมะแตง และ ระยะผลแก่ (เบญจวรรณ, 2559) ที่อำเภอสอด ทั้งใน ใบ เปลือก และเมล็ด ส่วนอีกแถบโปรตีนที่มีขนาด 40.90 Kda เป็นโปรตีนชื่อว่า predicted protein (40.11 Kda) เป็นโปรตีนที่ตรวจพบมีการแสดงออกในเมล็ดลำไยเหมือน Vegetative Storage Protein เป็นโปรตีนที่ยังไม่ทราบหน้าที่ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปในการนำมาใช้เป็นโปรตีนบ่งชี้การเกิดโรคได้เหมือนกับ vegetative storage protein

สรุปผลการวิจัย

ในระยะเริ่มแรกของการเกิดอาการของโรคความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผล (สัปดาห์ที่ 20 และ 25 หลังการติดช่อผล) โดยมีลักษณะขนาดและน้ำหนักผลไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างของค่า สีแดง (a) และ ค่า Hue ของลำไยที่เป็นโรคมีนค่ามากกว่าผลปกติ ส่วนคุณภาพของผลพบว่า ค่าปริมาณ TSS ค่า acidity และ vitamin C ของลำไยที่เป็นโรคมีน้อยกว่าลำไยผิดปกติ โดยพบโปรตีนบ่งชี้ชื่อ vegetative storage protein และ predicted protein มีการแสดงออกลดลงในระยะเริ่มการเกิดโรคด้วย ซึ่งโปรตีนเหล่านี้สามารถคืนสภาพการแสดงออกหลังการบำรุงรักษาสวน (30 สัปดาห์หลังการติดผล)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา ชำนาญ. 2558. การศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนจากเมล็ดลำไยสายพันธุ์ต่อเพื่อการวิเคราะห์
ด้านโปรตีนโอมิกล์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 85 น.
- เบญจวรรณ เจริญทอง. 2559. การศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนจากเปลือกลำไยพันธุ์ต่อเพื่อการวิเคราะห์
ทางด้านโปรตีนโอมิกล์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 96 น.
- วิสนีย์ โมรา. 2557. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ วิตามินซี และคาร์โบไฮเดรตของน้ำสกัดต้นกล้าข้าวโพด.
ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 19 น.
- ศิริโสภ อีนช. 2555. ผลของการใช้ความร้อนต่อโปรตีนในเปลือกผลลำไยระหว่างการสะท้อนหนาว.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 120 น.
- อัญชญา จรรยา. 2559. การวิเคราะห์แบบแผนโปรตีนที่แสดงความผิดปกติทางสรีรวิทยาของลำไยในระยะ
ผลอ่อน ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบหนึ่งมิติ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 112 น.
- เอกวิทย์ ตรีเนตร อัจฉรา แก้วกล้า วินัย วิริยะอลงกรณ์ และอดิศักดิ์ จูมวงษ์. 2560. การประเมินตัวบ่งชี้โปรตีน
สำหรับการระบุกลุ่มอาการจากความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลลำไย. ใน รายงานการวิจัย. เชียงใหม่:
มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Langheinrich, U. and R. Tischner. 1991. Vegetative Storage Protein in Poplar. **Plant Physiol.**
97(3): 1017-1025.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin
phenol reagent. **J. Biol. Chem.** 193(1): 265-275.

ผลของระยะความสุกแก่ต่อลักษณะทางกายภาพของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น
Effect of Maturity Stages on Physical Properties
of Pineapple cv. Huay Moon

อดิศักดิ์ จูมวงษ์^{1*} ปาริชาติ เทียนจุมพล² ศุภลักษณ์ ชิตวรกุล² และจินตนา จูมวงษ์³
Adisak Joomwong^{1*}, Parichat Tienjumpol², Supaluk Chitworakool² and Jintana Joomwong³

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

³Program in Mathematics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: adisakjoomwong@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระยะความสุกแก่ต่อลักษณะทางกายภาพของสับปะรดพันธุ์ “ห้วยมุ่น” โดยนำสับปะรดพันธุ์ “ห้วยมุ่น” จากสวนเกษตรกรในตำบลห้วยมุ่น อำเภอป่าตอง จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่มีระยะการเก็บเกี่ยว 110, 120, 130, 140, 150 และ 160 วันหลังดอกบาน ระยะละ 50 ผล มาทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ คือ รูปทรงผล การวัดขนาดความกว้างและยาวของผลและจุก เส้นรอบวงผล น้ำหนักผลและจุก สีเปลือกและสีเนื้อผล ปริมาณน้ำในผล และปริมาณน้ำหนักแห้งของผล ผลการทดลองพบว่า ลักษณะรูปทรงผลเป็นทรงกรวยทุกระยะความสุกแก่ ขนาดของผลทั้งในด้านความยาวผล ความกว้างและเส้นรอบวงผล น้ำหนักผล ความยาวของจุก และน้ำหนักของจุก ระดับของสีเปลือก ค่าสีแดงและค่าเหลืองของเนื้อผล ร้อยละน้ำหนักแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กับความสุกแก่ ส่วนค่าความสว่างในเนื้อผล ร้อยละปริมาณน้ำในผล และค่าความแน่นเนื้อของผลมีค่าลดลงตามระยะความสุกแก่

คำสำคัญ: สับปะรด ระยะความสุกแก่ คุณภาพ ลักษณะทางกายภาพ

Abstract

The effect of maturity stages on physical properties of pineapple cv. “Huay Moon”. The fruits were harvested at 110, 120, 130, 140, 150 and 160 Days After Full Bloom (DAFB) from the private farm, Huay moon, Nam Pad district, Utaradit province. The 50 fruits of each stages to evaluated physical properties eg. Fruit shape, fruit size (fruit length, fruit diameter and fruit circumference), fruit weight, crown length and crown weight, shell and flesh color, moisture content and percentage of dry weight of fruit. The results found that, fruit shapes were conical all maturity stages. Fruit size (length, diameter and circumference), fruit weight, length and weight of crown, lightness, color level of shell, red color and yellow color of flesh and dry weight of fruit were increased with maturity stages. The lightness of flesh color, moisture content and fruit firmness were decreased with maturity stages.

Keywords: pineapple, maturity stages, quality, physical property

คำนำ

สับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น (Pineapple cv. “Huay Moon”) เป็นสับปะรดสายพันธุ์ท้องถิ่นของตำบลห้วยมุ่น และตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เป็นผลไม้ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ของกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ ตามประกาศที่ 62 เล่มที่ 16 วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2556 (อดุลย์ศักดิ์, 2557) เนื่องจากมีลักษณะที่โดดเด่นของผลทรงกรวย เปลือกผิวบาง สีเนื้อเป็นสีเหลือง รสชาติหวานจึงได้รับความนิยมของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวผลผลิตของสับปะรดห้วยมุ่นในปัจจุบันยังใช้การประเมินจากลักษณะปรากฏภายนอกของสีเปลือกผลเป็นหลัก ซึ่งการเก็บเกี่ยวดังกล่าวทำให้ได้คุณภาพของผลผลิตที่แตกต่างกันมากและทำให้เกิดปัญหาในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา รวมถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพและไม่ใช่ที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น การวิจัยนี้จึงสนใจศึกษา ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นในแต่ละช่วงอายุหรือระยะของการเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้ทราบระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นในการบริโภคผลสดหรือการแปรรูป รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของสับปะรดห้วยมุ่นได้อย่างถูกต้อง มีคุณภาพและประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

ผลสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น จากสวนเกษตรกรในตำบลห้วยมุ่น อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ เก็บเกี่ยวที่ระยะความสุกแก่ คือ 110, 120, 130, 140, 150 และ 160 วันหลังดอกบาน (Day after full bloom, DAFB) ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 โดยการคัดเลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือบาดแผล หรือมีโรค บรรจุผลสับปะรดในตะกร้าพลาสติก ทำการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. เพื่อดำเนินการวิจัยต่อไป

การทดลองการศึกษาระยะความสุกแก่ต่อลักษณะทางกายภาพของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น

นำสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น จำนวน 50 ผลที่เก็บเกี่ยวระยะความสุกแก่ 110, 120, 130, 140, 150 และ 160 วันหลังดอกบาน ระยะละ 50 ผล รวมทั้งหมด 300 ผล มาทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพ เช่น การวัดขนาดความกว้างและยาวของผล เส้นรอบวงผล โดยใช้สายวัด (tape measure) และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) บันทึกหน่วยเป็นเซนติเมตร น้ำหนักของผลด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยมสองตำแหน่ง (Digital balance, Metler Toledo, Switzerland) รูปทรงผล โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ ทรงกลม (Spherical) ทรงกระบอก (Cylindrical) และทรงกรวย (Conical) สีเปลือก โดยแบ่งระดับสีเปลือกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ ระดับ 1 สีผิวเขียวทั้งผล ระดับ 2 สีผิวเหลืองน้อยกว่าร้อยละ 25 ของผล ระดับ 3 สีผิวเหลืองร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 50 ของผล ระดับ 4 สีผิวเหลืองร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 75 ของผล ระดับ 5 สีผิวเหลืองมากกว่าร้อยละ 75 ของผล และ ระดับ 6 สีผิวเหลืองร้อยละ 100 ของผล และวัดสีเนื้อของผลโดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter, CR400, Minolta, Japan) ตำแหน่งกึ่งกลางของผลด้านนอกและด้านในผลแสดงออกมาเป็น ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเขียว (b^*) ค่าความเข้มสี (Chroma) และค่าองศาสี (Hue) การวัดความแน่นเนื้อผล โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.Xtplus, Microstable, England) ใช้หัววัด P6 (stainless steel cylinder probe) กดลงไปบนผลสับปะรดที่ระยะ 10 มิลลิเมตร

ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยระยะของความสุกแก่ของผลสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นต่อลักษณะทางกายภาพ มีดังนี้

ลักษณะทรงผล

ลักษณะทรงผลของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นที่ระยะความสุกแก่ที่ทำการเก็บเกี่ยว 110, 120, 130, 140, 150 และ 160 วันหลังดอกบาน พบว่ามีลักษณะรูปทรงผลเป็นแบบกรวย (Conical) ทุกระยะของการเก็บเกี่ยว (Table 1)

ขนาดผล

ขนาดผลในด้านความยาว ความกว้างและเส้นรอบวงผลมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่ (Table 1) โดยค่าขนาดผลในด้านความยาว ความกว้างและเส้นรอบวงผลที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

น้ำหนักผล

น้ำหนักผลของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นมีค่าน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยพบว่าที่ระยะความสุกแก่ 140-160 วัน มีน้ำหนักผลเฉลี่ยสูงกว่าระยะอื่นๆ

ความยาวจุก และน้ำหนักจุก

ความยาวจุก และน้ำหนักของจุกของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นมีค่าน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่ของผล (Table 1) โดยความยาวของจุกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักของจุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะความสุกแก่ที่ 140-160 วัน มีน้ำหนักจุกเฉลี่ยสูงกว่าระยะอื่นๆ

สีเปลือกและสีเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น

สีเปลือกผล

ค่าสีของเปลือกผลสับปะรดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสีของเปลือกผลที่ระยะความสุกแก่ 110-160 วัน มีค่าเฉลี่ยตามระดับดังนี้ คือ 1, 1.2, 2.5, 3.1, 4.2 และ 5.1 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งสีของเปลือกผลสับปะรดจะมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและที่ระยะความสุกแก่ 160 วันมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและมีสีเหลืองของเปลือกผลสับปะรดสูงสุด

สีเนื้อผล

ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) และค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อผลสับปะรดมีค่าลดลงตามระยะความสุกแก่ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อผลสับปะรดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยค่าความสว่างของเนื้อผลสับปะรดที่ระยะความสุกแก่ 140-160 วัน มีค่าความสว่างของเนื้อผลน้อยกว่าระยะอื่นๆ ค่าสีแดงของเนื้อผลและค่าสีเหลืองของเนื้อผลสับปะรดที่ระยะความสุกแก่ 160 วันมีค่าสูงสุด

Table 1 Effect of maturity stages on fruit shape, size and weight and crown length and weight

Maturity stages (DAFB)	Fruit shaped	Fruit size (cm)			Fruit weight (g)	Crown Length (cm)	Crown weight (g)
		Fruit Length	Fruit diameter	Fruit circumference			
110	Conical	17.7	13.0	41.4	1,700.28 ^c	11.8	129.82 ^c
120	Conical	17.8	13.0	42.0	1,806.11 ^b	12.0	145.28 ^b
130	Conical	18.3	13.1	42.3	1,828.61 ^b	13.0	146.42 ^b
140	Conical	18.4	13.2	43.2	1,915.22 ^a	13.1	150.64 ^a
150	Conical	18.7	13.6	43.2	1,957.29 ^a	13.2	152.02 ^a
160	Conical	19.5	13.6	43.7	2,095.11 ^a	13.5	153.04 ^a

Mean values within column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) by using DMRT

Table 2 Effect of maturity stages on fruit color (shell color and flesh color)

Maturity stages (DAFB)	Shell color (Level)	Flesh color		
		L*	a*	b*
110	1.00 ^d	69.94 ^a	-5.94 ^a	23.58 ^b
120	1.20 ^d	66.35 ^{ab}	-6.35 ^b	24.80 ^b
130	2.50 ^c	65.90 ^{ab}	-6.34 ^b	25.39 ^b
140	3.10 ^c	63.42 ^b	-6.62 ^b	26.58 ^b
150	4.20 ^b	62.48 ^b	-6.62 ^b	28.79 ^b
160	5.10 ^a	61.61 ^b	-6.67 ^b	31.51 ^a

Mean values within column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) by using DMRT

ร้อยละปริมาณน้ำในผลสับปะรดมีค่าลดลงตามระยะความสุกแก่ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยพบว่าที่ระยะความสุกแก่ 110-130 วัน มีร้อยละปริมาณน้ำสูงกว่าระยะอื่นๆ ส่วนปริมาณร้อยละน้ำหนักแห้งของผลสับปะรดมีค่าเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระยะความสุกแก่ 160 วัน มีร้อยละน้ำหนักแห้งสูงที่สุด

ค่าความแน่นเนื้อของผลสับปะรดมีค่าลดลงตามระยะความสุกแก่และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยที่ระยะความสุกแก่ 110 วัน มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดและลดลงตามระยะความสุกแก่

Table 3 Effect of maturity stages on moisture content and dry matter (%) and Fruit firmness.

Maturity stages (DAFB)	Moisture content (%)	Dry matter (%)	Fruit firmness (N)
110	84.15 ^a	15.85 ^b	1760.37 ^a
120	83.57 ^a	16.43 ^b	1152.07 ^b
130	83.45 ^a	16.55 ^b	988.68 ^b
140	81.95 ^b	18.05 ^{ab}	921.24 ^b
150	81.36 ^b	18.64 ^{ab}	862.93 ^d
160	80.36 ^b	19.64 ^a	676.70 ^d

Mean values within column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) by using DMRT

วิจารณ์ผลการวิจัย

ลักษณะทรงผล จากการวิจัยพบว่าลักษณะทรงผลของสับปะรดพันธุ์ “ห้วยมุ่น” เป็นแบบทรงกรวยทุกระยะของความสุกแก่ของผล โดยพบว่าผลมีขนาดใหญ่และมีความสม่ำเสมอของรูปร่างผล ทั้งนี้เนื่องจากความสมบูรณ์ของดินและปริมาณน้ำฝนที่มาก ซึ่งแตกต่างจากการวิจัยของ Joomwong and Sornsrivichai (2005a); Joomwong and Sornsrivichai (2005b) ที่รายงานว่ารูปร่างผลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่แหล่งปลูกของจังหวัดลำปาง มีรูปทรงผล 3 แบบ คือ ทรงกลม ทรงกระบอกและทรงกรวยในทุกฤดูกาลเพาะปลูก คาดว่าอาจเกิดจากความแตกต่างของแหล่งที่ปลูกในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมด้านระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่ต้นสับปะรดได้รับทำให้ต้นสับปะรดมีการเจริญเติบโตที่ต่างกันและทำให้มีลักษณะของทรงผลต่างกันด้วย

ขนาดของผลในด้านความยาวของผล ความกว้างของผล และเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะความสุกแก่ ซึ่งไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในช่วงระยะความสุกแก่ของผล 110-160 วันผลมีการเจริญเต็มที่แล้ว จึงไม่มีผลทำให้ขนาดของผลแตกต่างกัน

น้ำหนักผลมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะของความสุกแก่ของผล คาดว่าในช่วงระยะของความสุกแก่ของผลต่างๆ มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ของการเจริญเติบโต รวมถึงการขยายขนาดของเซลล์ในการสะสมปริมาณสารอาหารหรือน้ำตาล และน้ำภายในผลเพิ่มขึ้นจึงทำให้ผลมีปริมาณน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bartholomew *et al.* (2003) และ Nakosone and Paull (1998) รายงานว่าการเจริญของผลสับปะรดหลังจากติดผลจะมีการเพิ่มขนาดและน้ำหนักผลตามระยะเวลาเป็นลักษณะโค้งซิกมอยด์ (sigmoid curve) รูปตัวเอส

ขนาดความยาวของจุกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระยะความสุกแก่ แต่มีน้ำหนักของจุกเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่ ซึ่งอาจเกิดจากการสะสมสารอาหารจำพวกแป้งเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตไว้ที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ส่วนของจุกจะมีแกนกลางและมีหน่อขนาดเล็กๆ เมื่อแยกออกจากผล และสามารถนำไปปลูกเจริญเป็นสับปะรดต้นใหม่ได้ (Bartholomew and Paull, 1986)

ค่าสีเปลือกผลจะมีค่าระดับเพิ่มขึ้นตามระยะของความสุกแก่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับ 1 สีเปลือก สีเขียวเข้มทั้งผล เป็นระดับ 2 สีเปลือกมีสีเหลืองน้อยกว่าร้อยละ 25 ของเปลือก และเป็นระดับ 3-5 ตามลำดับ เนื่องจากมีการสลายตัวของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลือกทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงและมีการสร้างแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นทำให้สีเปลือกมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ค่าสีเนื้อผลมีค่าความสว่างของเนื้อผลลดลงตามระยะความสุกแก่ ค่าสีแดงของเนื้อผลมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสีเหลืองของเนื้อผลมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่และมีความแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะความสุกแก่ 150-160 วันหลังดอกบาน เนื่องจากผลสับปะรดมีระยะความสุกแก่มากเกินไป ซึ่งในช่วงระยะความสุกแก่ 150-160 วันหลังดอกบาน ผลสับปะรดห่วยมุ่นจะมีการเสื่อมสภาพ

ร้อยละปริมาณน้ำในผลสับปะรดมีค่าลดลงเล็กน้อยตามระยะความสุกแก่ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าร้อยละน้ำหนักแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าความแน่นเนื้อของผลสับปะรดมีค่าลดลงตามระยะความสุกแก่ ซึ่งเป็นจากการสลายตัวของผนังเซลล์

สรุปผลการวิจัย

ผลของระยะความสุกแก่ของสับปะรดพันธุ์ห่วยมุ่นไม่มีผลต่อลักษณะของรูปทรงผลแบบกรวย ขนาดผลและขนาดจุดในทุกระยะความสุกแก่ ส่วนน้ำหนักผล น้ำหนักจุก ค่าสีของเปลือกและเนื้อผลมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกแก่และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว คือ 130-160 วัน เนื่องจากมีค่าน้ำหนักผลมาก สีเปลือกผลอยู่ระหว่างระดับ 2-5 และเนื้อผลมีค่าสีเหลืองมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) และสำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการสนับสนุนเงินงบประมาณการวิจัย ปี พ.ศ. 2561 ขอขอบคุณคุณไพบุลย์ นาแก้ว หัวหน้ากลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดพันธุ์ห่วยมุ่นในการประสานงานและเอื้อเฟื้อแปลงทดลองเพื่อการวิจัย จนทำให้งานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- อดิศักดิ์ จูมวงษ์ และจินดา ศรศรีวิชัย. 2548. ความสัมพันธ์ของความฉ่ำกับระยะการแก่ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวและคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* (36) 5-6(พิเศษ): 433-436.
- อดุลย์ศักดิ์ ไชยราช. 2557. *สับปะรดห่วยมุ่นน้ำปาด อุดรดิตถ์. บค. 018/2557*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.thainews70.com/%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1/%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%B0%E0%B8%A3%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B8%A1%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3-2/>

- Bartholomew, D.P. and R.E Paull. 1986. Pineapple. Pp. 371-388. *In* Monselise, S.P. (ed.) **Handbook of Fruit Set and Development**. Raton, Florida: CRC Press, Inc.Boca.
- Bartholomew, D.P., E.P. Malezieux, G.M. Saneuski and E. Sianlair. 2003. **Inflorescence and Fruit Development and Yield. The Pineapple: Botany, Production and Use**. pp. 167-202. *In* Bartholomew D.P., R.E Paull and K.G. Rohrbach (eds). CAB International.
- Joomwong, A. and J. Sornsrivichai. 2005a. Morphological characteristic, chemical composition and sensory quality of pineapple fruit different seasons. **Chiang Mai University Journal**. 4(2): 149-163.
- _____. 2005b. Impact of cropping season in northern Thailand on the quality of smooth cayenne pineapple I. influence on morphology attributes. **International Journal of Agriculture and Biology** 3(7): 482-490.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- Bartholomew, D.P. and R.E Paull. 1998. **Tropical Fruits**. UK: CAB. Int Wallingford.

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ โดยวิธีการเร่งอายุ

Evaluation of Seed Vigor on 3 Varieties of Rice by Using Accelerate Aging Test

ละอทธิพย์ ไมตรี* ไกรภรณ์ สารภาพ และประภิตต์ โกะสูงเนิน

Laaorthip Maitree*, Kraikaran Sarapap and Prakit Kohsungnoen

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Program in Crop Production Technology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: laaor13@gmail.com

บทคัดย่อ

วิธีการเร่งอายุเป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และสามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยตรวจสอบได้จากความงอก การวัดดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ และการอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า หลังจากการเร่งอายุในเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวสายพันธุ์หอมนิล สายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 และสายพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน โดยเร่งอายุในอุณหภูมิที่ 42^oซ. นาน 84 ชั่วโมง ร่วมกับวิธีเพาะแบบมาตรฐาน (ชุดควบคุม) พบว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดและมีดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ดีที่สุด เท่ากับ 96.66% และ 25.77 ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่าข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และสายพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เท่ากับ 1.15 และ 1.09 มก. ต่อต้น ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าว การเร่งอายุ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ความแข็งแรงของเมล็ด การงอกของเมล็ด

Abstract

Evaluation of seed vigor on 3 varieties of rice by using accelerate aging test, it can be used to estimate to seed storage by percentage of seed germination, germination index and seedling growth rate test. After accelerated aging in 3 rice varieties; Hom Nin Rice, RD Maejo 2 and Rice berry under during storage for 12 months, were 42^oC for 84 hour with standard germination (control). The results indicated that a statistical significant difference was found between three varieties in relation to their seed germination percentages, with the RD Maejo 2 variety having higher germination percentage (96.66%). The seed germination index was 25.77, it was found that the Rice berry and RD Maejo 2 variety had the highest seedling growth rate of 1.15 and 1.09 mg/seedling, respectively.

Keywords: rice, accelerate aging, seed quality, seed vigor, seed germination

คำนำ

สายพันธุ์ข้าว (Rice; *Oryza sativa* var.) ของประเทศไทยในปัจจุบันเป็นที่รู้จักและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น มีความหลากหลายของชนิดและนำมาใช้ประโยชน์ในการบริโภคกันมาก โดยสายพันธุ์ข้าวที่นิยม เช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวหอม กข แมโจ 2 ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ดังกล่าว เกษตรกรผู้ผลิตมีความต้องการเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อนำไปปลูกในปริมาณที่สูง จากรายงานประจำปี พ.ศ. 2559 ของกรมการข้าว พบว่า เกษตรกรมีปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวภาพรวมทั้งประเทศ ปีละ 1.1 ล้านตัน ขณะที่การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในปัจจุบันมีกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้เพียง 3.4 แสนตันเท่านั้น (กรมการข้าว 8 หมื่นตัน ศูนย์ข้าวชุมชน 7.3 หมื่นตัน สหกรณ์การเกษตร 3.7 หมื่นตัน และผู้ประกอบการภาคเอกชน 1.5 แสนตัน) เมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้ในปัจจุบันยังมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการซื้อขายในตลาด (อนันต์, 2559) ในขณะเดียวกันกรมการข้าวก็มีการเร่งส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ทำการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไปยังผู้บริโภคให้ได้มากขึ้น โดยมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไว้ใช้ทำพันธุ์ในปีต่อไปเอง เพื่อหวังสร้างความมั่นคงระยะยาวให้ชาวนา พร้อมทั้งจะเร่งยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ได้มาตรฐาน ทั้งในส่วนของผู้ประกอบการผู้ผลิต/จำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวและศูนย์ข้าวชุมชน เพื่อให้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่เพียงพอและมีคุณภาพต่อไป โดยขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์และขั้นตอนปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นกระบวนการที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพและสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้นานยิ่งขึ้น ซึ่งคุณภาพที่สำคัญของเมล็ดพันธุ์ คือ ความงอก และความแข็งแรง เป็นลักษณะที่สำคัญและสามารถตรวจสอบได้ การนำเมล็ดพันธุ์ที่ดี และมีความแข็งแรงไปปลูก มีผลทำให้ได้ต้นข้าวที่แข็งแรง และทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญเพื่อให้เมล็ดสามารถคงสภาพความแข็งแรง ความงอก ไว้ได้ดี โดยการเก็บรักษาที่ดีเป็นการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อจะทดสอบหาความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเร่งอายุ (Accelerate Aging (AA) Test) เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน การเร่งอายุของเมล็ดเป็นวิธีที่ถูกค้นคิดขึ้นโดย Delouche และ Baskin ที่สหรัฐอเมริกา ในปี 1973 เพื่อใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ และยังเป็นข้อมูลในการทำนายความสามารถในการงอกของเมล็ดในสภาพไร่นา ตลอดจนความทนทานของต้นกล้า ต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน โดยการนำเมล็ดไปไว้ในที่ๆ มีอุณหภูมิสูง 40-45°C. และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100% ตามระยะเวลาที่กำหนด (ประมาณ 48-144 ชั่วโมง) แล้วแต่ชนิดของเมล็ดพันธุ์ หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดมาทดสอบความงอก เช่นเดียวกับวิธีมาตรฐาน ระหว่างที่เมล็ดถูกเร่งอายุนั้น เมล็ดจะดูดความชื้นจากอากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยในการเพิ่มความเครียดให้แก่เมล็ด ถือเป็น การเร่งและเพิ่มอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดโดยตรง การนำเมล็ดไปเก็บไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นของอากาศสูงนี้เมล็ดพันธุ์จะเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น ทำให้ความสามารถในการงอกหรือความมีชีวิตลดลง อัตราหรือความเร็วในการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย และหนึ่งในนั้นคือลักษณะของคุณสมบัติทางสรีระวิทยาของเมล็ดพันธุ์ก่อนที่จะนำมาเร่งอายุ นั้นหมายถึงว่า ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงจะสามารถทนทานต่อสภาพความเครียดได้ดี เมื่อถูกเร่งอายุก็จะเสื่อมช้า ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42°C. นาน 84 ชั่วโมง (จวงจันท์, 2529 และ โยไทมและคณะ, 2557) ที่มีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว ทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงย่อมทนทานต่อสภาพของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงได้

อันจะบ่งบอกความสามารถในการงอกเป็นต้นกล้าปกติได้ เมื่อนำมาทดสอบความงอก รวมถึงสามารถคาดคะแนของอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ที่ยาวนานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางพืช สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ คือ

- 1) ข้าวหอมนิล อุณหภูมิในการเร่งอายุ 42^oซ./84 ชั่วโมง
- 2) ข้าว กข แม่โจ้ 2 อุณหภูมิในการเร่งอายุ 42^oซ./84 ชั่วโมง
- 3) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ อุณหภูมิในการเร่งอายุ 42^oซ./84 ชั่วโมง
- 4) ข้าวหอมนิล ชุดควบคุม (control)
- 5) ข้าว กข แม่โจ้ 2 ชุดควบคุม (control)
- 6) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ชุดควบคุม (control)

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ ข้าวหอมนิล, ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และ กข แม่โจ้ 2 บรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อค มีอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องปกติ 12 เดือน
2. อุปกรณ์ในการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ขวดแก้วเร่งอายุ ถุงพลาสติกใสสำหรับหุ้มขวด ยางรัด ตะแกรงลวดสแตนเลสทรงกลม สำหรับวางเมล็ดไว้บนตะแกรง ผ้าขาวบางสำหรับห่อเมล็ด
3. ตู้อบความร้อน
4. อุปกรณ์สำหรับการเพาะเมล็ด กล่องพลาสติกใสสำหรับเพาะเมล็ด และอุปกรณ์การวัดผล และอุปกรณ์การเก็บบันทึกข้อมูล

นำเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์สำหรับทดสอบ โดยทำการสุ่มนับมาจำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ ใส่ลงผ้าขาวบางใช้ยางรัด และวางลงบนตะแกรงลวดที่เตรียมไว้ แล้วนำไปวางลงในขวดแก้วเร่งอายุ ที่มีน้ำ 100 มล. จากนั้นหุ้มปากขวดแก้วด้วยถุงพลาสติกใสแล้วปิดปากถุงด้วยยางรัด นำเข้าตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิตามที่กำหนดคือ 42^oซ. ระยะเวลา 84 ชั่วโมง ทั้งขวดเร่งอายุนี้ไว้ในตู้อบจนครบกำหนดระยะเวลาของการเร่งอายุ หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุไปทดสอบความงอกร่วมกับเมล็ดชุดควบคุม (ไม่ได้บ่ม) ตามวิธีการเพาะมาตรฐานโดยใช้ทรายปลอดเชื้อ (Sand Test) เป็นวัสดุเพาะเมล็ด

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ความแข็งแรงของต้นกล้า โดยใช้วิธีการเร่งอายุ (Accelerated Ageing Test หรือ AA Test) ตามหลักเกณฑ์ของ International Seed Testing Association [ISTA] (2011) เพื่อทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดในสภาพอุณหภูมิและความชื้นสูง โดยนำเมล็ดข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไปอบที่ระดับอุณหภูมิและช่วงระยะเวลาในการอบเหมือนกัน โดยที่อุณหภูมิ 42^oซ. และใช้จำนวนชั่วโมงบ่มเหมือนกัน คือ 84 ชั่วโมง (จวงจันท์, 2529ก) แล้วทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (control) การประเมินผลดังกล่าวจะแยกต้นกล้าหลังจากการเพาะครบกำหนดดังนี้

1. ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (seed germination) สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่มีอายุเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในถุงซิปลาสติกในสภาพอุณหภูมิห้อง ครบ 12 เดือน มาทดสอบความงอกโดยใช้ทราย ทดสอบสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำๆ 100 เมล็ด เพาะในสภาพอุณหภูมิ 30 และ 20°ซ. ตรวจสอบความงอกหลังจากการเร่งอายุร่วมกับชุดควบคุมโดยนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายเมื่ออายุ 7 และ 14 วันหลังเพาะ (ISTA ,2011) นำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด

$$\text{ความงอก (\% เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด}} \times 100$$

2. การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในรูปดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination index: GI) หรือ Speed of germination เพาะเมล็ดแบบใช้ทราย และนำเมล็ดพันธุ์ข้าวชุดดังกล่าวเพาะและตรวจสอบต้นกล้าปกติที่งอก (ราก ยอดอ่อนครบถ้วน) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก

$$\text{ดัชนีการงอก (GI)} = \text{ผลรวม} \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3. การวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seedlings Growth Rate: SGR) เมื่อครบกำหนดเวลา 14 วัน หลังเพาะกล้านับครั้งสุดท้าย ทำการบันทึกจำนวนต้นกล้าปกติ (Normal Seedling) ต้นกล้าผิดปกติ (Abnormal Seedling) เมล็ดแข็ง (Hard Seed) และเมล็ดตาย (Dead Seed) หลังจากนั้นนำต้นกล้าปกติไปอบหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้าที่อุณหภูมิ 80°ซ.เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยใช้สูตร โดยอัตราการเจริญเติบโตมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อต้น (mg)

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (SGR)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ด้วยวิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ JMP เวอร์ชัน 11.2.0

ผลการวิจัย

ความแข็งแรงของต้นกล้า จากการใช้วิธีการเร่งอายุในเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°ซ./84 ชั่วโมง พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ กข แมโจ้ 2 (ชุดควบคุม) ให้ความงอกของต้นกล้าสูงสุดเท่ากับ 96.67% รองลงมาแต่ไม่แตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ กข แมโจ้ 2 บ่มในอุณหภูมิที่ 42°ซ./84 ชั่วโมง ที่ให้ความงอกที่ 94.00% รองลงมาและไม่แตกต่างกัน คือ ข้าวหอมนิล (ชุดควบคุม) และข้าวพันธุ์หอมนิล บ่มในอุณหภูมิที่ 42°ซ./84 ชั่วโมง ให้ความงอกเท่ากับ 84.33 และ 82.33% และข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่

(ชุดควบคุม) และบ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมงให้ความงอกต่ำสุดเท่ากับ 73.00 และ 65.00% ตามลำดับ (Table 1 และ Figure 1)

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในรูปแบบการหัดขึ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ โดยการงอกของต้นกล้าจะเริ่มงอกโผล่พ้นเหนือผิวดินที่อายุ ระหว่าง 3-7 วันหลังเพาะเมล็ดพบว่า มีดัชนีการงอกของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง มีดัชนีการงอกสูงสุด เท่ากับ 25.77 รองลงมาและไม่แตกต่างกันคือ ข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 (ชุดควบคุม) มีดัชนีการงอก เท่ากับ 23.38 และไม่แตกต่างกับ ข้าวพันธุ์หอมนิล ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง และไม่แตกต่างกับข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง โดยมีดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์อยู่ที่ 21.56, 20.23 ตามลำดับ และข้าวพันธุ์หอมนิลและพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ (ชุดควบคุม) มีดัชนีการงอกต่ำสุด เท่ากับ 18.45 และ 15.80 ตามลำดับ (Table 1 และ Figure 1)

การวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พบว่า ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงสุด เท่ากับ 1.15 มก. และไม่แตกต่างกับ ข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 (ชุดควบคุม) ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง ข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 ที่บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง รองลงมาและไม่แตกต่างกับ ข้าวพันธุ์หอมนิล บ่มในอุณหภูมิที่ 42°C./84 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเท่ากับ 1.09, 1.08, 0.95, 0.81 มก. ตามลำดับ และข้าวพันธุ์หอมนิล (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด เท่ากับ 0.70 มก. (Table 1 และ Figure 1)

Table 1 Seed germination, Germination index and Seedlings Growth Rate by accelerated Aging (AA) Test of rice under during storage for 12 months

Treatment	Seed germination (%)	Germination index	Seedlings Growth Rate (mg.)/seedling
Hom Nin Rice + AA Test 42°C /84 hr.	84.33 ^{bc}	21.56 ^{bc}	0.81 ^{bc1/}
RD Maejo 2 + AA Test 42°C /84 hr.	94.00 ^{ab}	25.77 ^a	0.95 ^{ab}
Rice berry + AA Test 42°C /84 hr.	73.00 ^{de}	20.23 ^{cd}	1.08 ^a
Hom Nin Rice (Control)	82.33 ^{cd}	18.45 ^d	0.70 ^c
RD Maejo 2 (Control)	96.67 ^a	23.38 ^{ab}	1.09 ^a
Rice berry (Control)	65.00 ^e	15.79 ^e	1.15 ^a
Mean	82.55	20.86	0.96
CV (%)	5.09	5.44	8.67
F- test	**	**	**

**= Significantly different at P<0.01

“Different letters within column indicate significant differences between groups (p<0.05).”

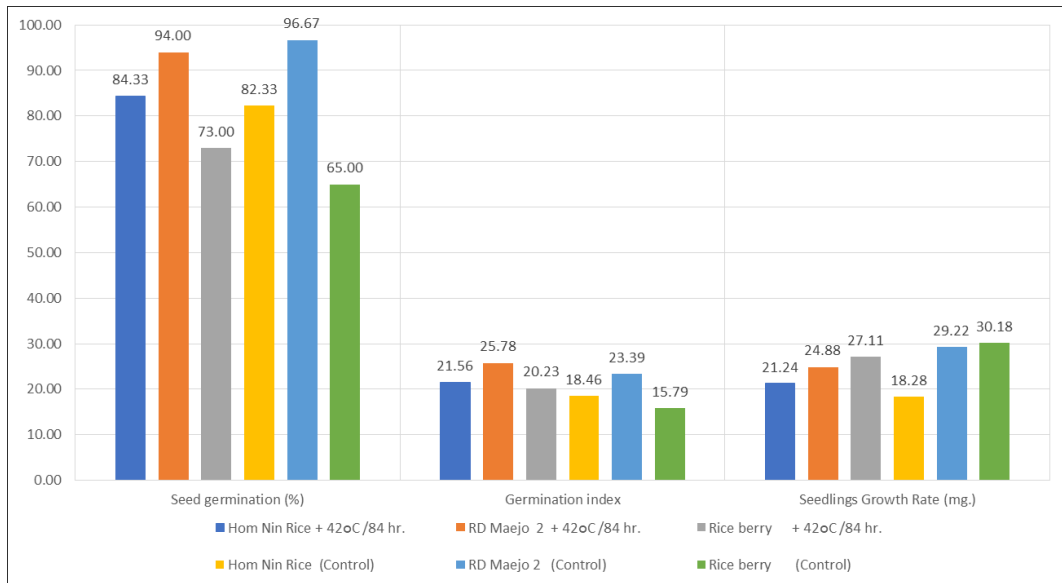


Figure 1 Seed germination, Germination index and Seedlings Growth Rate by accelerated Aging (AA) Test of rice under during storage for 12 months

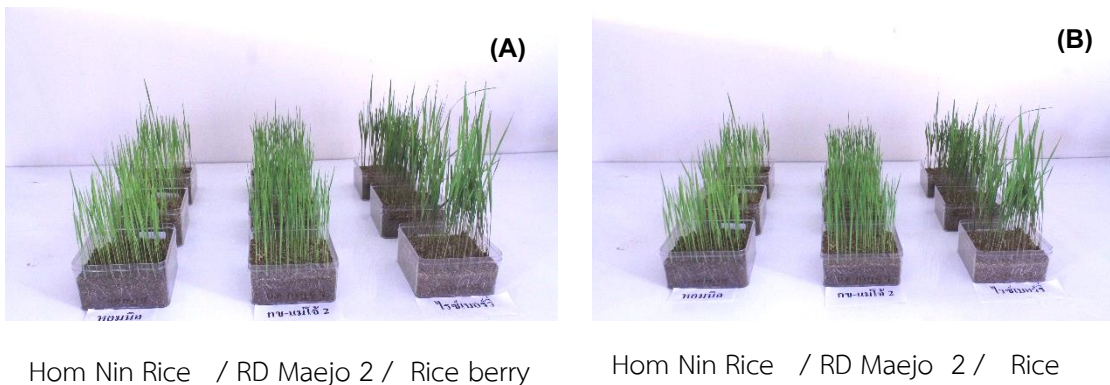


Figure 2 Seed germination (sand test) of rice 3 variety on accelerated aging (AA) test 42°C /84 hr. (A) and Control (B)

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวส่งผลทำให้ ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากการทดลองพบว่า ในข้าวพันธุ์ กข แม้ใจ 2 มีแนวโน้มให้ความงอกสูงกว่าข้าวอีก 2 พันธุ์ การผลิตเมล็ดพันธุ์นอกจากจะผลิตให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงแล้ว ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีจะมีผลดีต่อเกษตรกร ความงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นส่วนสำคัญของเมล็ดคุณภาพ (อุษา, 2544) รูปแบบมาตรฐานการประเมินผล การทดสอบความงอกเพื่อให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ของ ISTA (2011) ที่ระบุว่า ในพืชตระกูลข้าวที่มีความงอก 80% ขึ้นไป (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ถือว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีแล้ว จากการทดลองครั้งนี้ความงอกที่เมล็ดพันธุ์ข้าว

พบว่ามีความสูงตั้งแต่ 82.33-96.67% ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ทำการทดลองครั้งนี้ ถือว่าเป็นเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี ทั้ง 2 พันธุ์ คือ สายพันธุ์ กข แม้ใจ 2 และ ข้าวสายพันธุ์หอมนิล ซึ่งสอดคล้องกับ ไยไหมและคณะ (2557) ที่พบว่าความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกและถุงสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว ได้นาน 12 เดือน ในขณะเดียวกันเมื่อศึกษาถึงดัชนีการงอกก็พบว่าพันธุ์ กข แม้ใจ 2 ที่ผ่านการเร่งอายุ มีดัชนีการงอกที่สูงไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าว กข แม้ใจ 2 มีความแข็งแรงสูง ซึ่งจากการสังเกตพบว่า ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีดัชนีการงอกเร็ว คืองอกที่อายุ 3 วันหลังเพาะ ซึ่งเร็วถือว่าการงอกที่เร็ว และสามารถงอกให้จำนวนต้นกล้าปกติที่ตรวจนับได้เร็วจากการนับครั้งแรก (first count) และมีอัตราการงอกสิ้นสุดครบจำนวนเมื่อต้นกล้าอายุได้ 6-7 วันหลังเพาะ ถือเป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการตรวจนับครั้งแรกจึงสามารถใช้เป็นข้อมูล เพื่อบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้เช่นกัน (จวงจันทร์, 2529ข)

สำหรับการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้านั้น พบว่าข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และพันธุ์ กข แม้ใจ 2 ที่ชุดควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตสูง แสดงถึงความแข็งแรงสูงเช่นกัน แต่จากข้อสังเกตพบว่าข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 2 วิธีทดลองนั้น มีอัตราการเจริญเติบโตสูงทั้ง 2 ชุดทดลอง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความงอกกับ อีก 2 สายพันธุ์ อาจพบว่า ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ มีอัตราความงอกที่ต่ำสุด แต่พบว่ามีน้ำหนักของอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่สูง ส่วนหนึ่งอาจเป็นอิทธิพลมาจากลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยเป็นสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากการผสมระหว่างข้าวหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ โดยมีความยาวของเมล็ดข้าวเปลือก 11 มม. (กองบรรณาธิการการเกษตร, 2560) ซึ่งมีขนาดที่ใหญ่กว่าทั้ง 2 สายพันธุ์ หอมนิลมีความยาวเมล็ดข้าวเปลือกยาว 6.5 มม. และ กข แม้ใจ 2 ความยาวเมล็ดข้าวเปลือกยาวที่ 10.70 มม. (กรมการข้าว, 2553) ซึ่งจากสังเกตต้นกล้าใน Figure 2 พบว่า ลักษณะต้นกล้าปกติของข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีขนาดที่สูงและโตกว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ดังนั้นอาจจะบอกได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีอาหารสะสมอยู่มากกว่าข้าว 2 สายพันธุ์ และส่งผลให้เมื่อพัฒนาไปเป็นต้นกล้าจึงมีการเจริญเติบโต และมีน้ำหนักต่อต้นมากกว่าทั้ง 2 สายพันธุ์

ส่วนความแข็งแรงของต้นกล้า โดยวิธีการเร่งอายุ เป็นการประเมินหรือพยากรณ์อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ความแข็งแรงของเมล็ด โดยนำเมล็ดไปไว้ในสภาพแวดล้อมที่เร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว เป็นระยะเวลาสั้นๆ คือ สภาพที่อุณหภูมิและความชื้นสูง เมล็ดที่มีความแข็งแรงมากกว่าจะสามารถทนทานต่อสภาพการเร่งอายุได้ดีกว่า และมีอัตราการเสื่อมสภาพที่ช้ากว่าเมล็ดที่แข็งแรงต่ำ การทดลองการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิทดสอบที่ 42^oซ. นาน 84 ชั่วโมง จากการตรวจสอบของข้าวแต่ละพันธุ์พบว่า ในพันธุ์ กข แม้ใจ 2 ให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความงอกสูงสุด ในขณะที่ข้าวพันธุ์หอมนิลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกรองลงมา แต่ทั้งพบว่าทั้งสองสายพันธุ์หลังผ่านการเร่งอายุแล้ว ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงในระดับมาตรฐาน ทั้งนี้ความงอกของข้าวทั้งสองพันธุ์ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความงอกในเมล็ดชุดควบคุมมากที่สุด และอาจกล่าวได้ว่าช่วงอุณหภูมิและระยะเวลา ดังกล่าวทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพน้อยที่สุด และถือว่าเป็นเมล็ดที่มีคุณภาพดี อีกทั้งยังเป็นการคาดคะเนว่าในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 1-2 ปี ข้างหน้า (จวงจันทร์, 2529ข) เมล็ดพันธุ์ข้าวชุดนี้ยังมีความงอกสูง

การเพิ่มทั้งอุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการเร่งอายุ (บ่ม) นาน ทำให้ความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับความงอกมาตรฐาน (ซึ่งในที่นี้หมายถึงความงอกที่ได้จากเมล็ดที่ไม่ได้รับการเร่งอายุ) ซึ่งถือว่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควบคุมที่มีความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 เมล็ดที่ผ่านอุณหภูมิที่สูง และระยะเวลาที่ยาวนานนั้น ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกในระดับที่สูงอยู่ ถึงจะเป็นเมล็ดพันธุ์จากต่างแหล่งผลิต เมื่อผ่านการ

เร่งอายุแล้วมีค่าร้อยละของการงอกสูง แสดงว่าเมล็ดพันธุ์เหล่านั้นแข็งแรง ซึ่งสามารถทำนายได้ว่า เมล็ดพันธุ์นั้นถูกเก็บไว้ในสถานที่ใดๆที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เป็นเวลา 12-18 เดือน เมื่อนำมาเพาะก็จะมีค่าร้อยละของการงอกสูงเช่นกัน (จวงจันท์, 2529ก) และเพื่อตรวจสอบผลการเร่งอายุที่คาดคะเนดังกล่าวว่าเป็นไปตามที่คาดคะเนหรือไม่นั้น การจัดการในเบื้องต้น ควรมีการเก็บเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม ไปปลูกทดสอบความงอกในสภาพแปลงปลูกอีกครั้งหนึ่ง ในฤดูถัดไปหรือระยะเวลา 1-2 ปี หลังจากการเก็บรักษา เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ หลังการเก็บรักษานาน 1 ปี อีกทั้งยังเป็นการตรวจสอบเมล็ดว่าให้ผลตรงตามการคาดคะเนหรือไม่ หรือเมล็ดมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานเมล็ดพันธุ์ควบคุมหรือไม่ โดยสามารถตรวจสอบได้จากการปลูกทดสอบในสภาพไร่นา และแปลงปลูกจริง

สรุปผลการวิจัย

วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวพันธุ์หอมนิล ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ที่อุณหภูมิอบด้วยอุณหภูมิที่ 42°C. นาน 84 ชั่วโมง หลังการเก็บรักษาในถุงพลาสติก เพื่อประเมินการเก็บรักษาที่อายุ 12 เดือน โดยนำเมล็ดพันธุ์ชุดดังกล่าวมาทดสอบหา เปอร์เซ็นต์ความงอก วัดดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวสายพันธุ์ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงสูง รองลงมาคือ ข้าวสายพันธุ์หอมนิล และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตามลำดับ และเมื่อศึกษาการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่าข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ส่งเสริมและสนับสนุน เรื่องของเครื่องมือ อุปกรณ์ และเวลา ในการทำงานวิจัยต้นแบบสำหรับนักศึกษาและคณาจารย์ประจำสาขาฯ

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2553. เอกสารวิชาการ การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรุงเทพฯ: สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 83 น.
- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. พระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติพันธุ์พืช (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติพันธุ์พืช (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2550. กรุงเทพฯ: สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร. 19 น.
- กองบรรณาธิการการเกษตร. 2560. ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมสายพันธุ์ใหม่ พลิกชีวิตชาวนาไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ปัญญาชน. 160 น.
- จวงจันท์ ดวงพัตรา. 2529ก. การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 195 น.
- _____. 2529ข. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: กลุ่มหนังสือเกษตร. 210 น.

ไยไหม ช่วยหนู จุฑามาศ ร่มแก้ว วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ ชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2557. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวและแมลงศัตรูในโรงเก็บที่มีผลมาจากสภาพการเก็บรักษา. น. 506-515. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อนันต์ สุวรรณรัตน์. 2559. ยกระดับผลิต'เมล็ดพันธุ์'พัฒนาคุณภาพ'ข้าวไทย'ยั่งยืน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.komchadluek.net/news/agricultural/239146> (25 สิงหาคม 2561). อุษา สารทพันธุ์. 2544. การผลิตและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองพันธุ์ Deep Orangeade. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 141 น.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมการข้าว. 2559. **ข้าวไรซ์เบอร์รี่**. กรุงเทพฯ: โครงการศูนย์ความรู้กินได้. สำนักงานพัฒนาและบริหารองค์ความรู้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.okmd.or.th/upload/pdf/Organic-riceberry-growing.pdf>. เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 276 น. ชยพร แอครัจน์. 2546. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์**. นนทบุรี: ฐานเกษตรกรรม. 137 น. ธุรกิจเมล็ดพันธุ์ไทย. 2552. กฎหมายเมล็ดพันธุ์. **วารสารธุรกิจเมล็ดพันธุ์ไทย** 8-28. นกตล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. **ฮอโมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. กรุงเทพฯ: สหกรออฟเซท. 128 น. นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย และฉัตรชัย ศรีมาลา. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพการให้ผลผลิตข้ามหอมนิลในสภาพถ้งปลูก. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 48(2): 245-259. ลิลลี่ กาวีตะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุริยา ตันตวิวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 261 น. วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น. วิไล ปาละวิสุทธิ ดวงอร อริยพฤษย์ จิตติชัย อนาวงษ์ และพรสุรี กาญจนนา. 2538. อิทธิพลของวันปลูกต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่น. **วิชาการเกษตร** 13(2): 102-109. สุเทวี สุขปรการ สุนันทา จันทร์กุล อรรถรัตน์ มงคลพร สมศิริ แสงโชติ ธรรมศักดิ์ ทองเกตู และวันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2547. **โครงการพัฒนาห้องปฏิบัติการการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้เป็นมาตรฐานสากลภายใต้การสนับสนุนของสภากิจแห่งชาติ ประจำปี 2543-2546**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2537. **สรีรวิทยาพืชสวน**. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 227 น. International Rules for Seed Testing. 1999. Seed Science and Technology. **Zurich: ISTA**. 27: 340. ISTA. 2011. International Rules for Seed Testing Edition 2011. pp. 4-17. **In International Seed Testing Association**. Switzerland.

สาขาเกษตรศาสตร์:
ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม



ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และปริมาณการสะสมคาร์บอนในป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อม
อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

Tree Species Diversity and Carbon Storages in Ban Lo Thom School Forest
Phapayom District, Phatthalung Province

อานูช คีร์รัฐนิคม* และสุภฎา คีร์รัฐนิคม

Anut Kiriratnikom* and Suphada Kiriratnikom

สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

Department of Biological Science and Environment, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthaung, Thailand 93210

*Corresponding author: anut59@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ และประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้และในดิน โดยการวางแปลงสำรวจ ขนาด 40x40 เมตร จำนวน 5 แปลง ผลการศึกษาพบว่า ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อม มีไม้ใหญ่ 82 ชนิด 33 วงศ์ ไม้หนุ่ม 61 ชนิด 33 วงศ์ ก้ามไม้ 32 ชนิด 31 วงศ์ โดยไม้เคี่ยม (*Shorea henryana*) เป็นพันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.14 ของพันธุ์ไม้ใหญ่ทั้งหมด มีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ดัชนีความร่ำรวย และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ เท่ากับ 4.58, 11.68 และ 1.04 ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสมรวมทั้งหมด 152.37 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ โดยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน 48.79 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ และพบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพ เท่ากับ 103.58 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ โดยมีปริมาณการสะสมในไม้ใหญ่มากที่สุด คือ 101.42 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ รองลงมา คือ ไม้หนุ่มและก้ามไม้ มีปริมาณการสะสมคาร์บอน เท่ากับ 4.06 และ 0.16 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอน

Abstract

The research was to study plant species diversity, and evaluation of carbon storages in tree biomass and soil. A total of 5 sampling plots, each of size 40x40 m was used for vegetation survey. The results showed that Lo Thom school forest composed of 82 tree species, 33 families, 61 sapling species, 33 families and 32 seedling species, 31 families, *Shorea henryana* had the highest Important Value Index (IVI), 32.14 percents of the total. The values of Shannon-Weiner index of species diversity, richness index and evenness index were 4.58, 11.68 and 1.04, respectively. The Ban Lo Thom school forest had total of carbon sequestration 152.37 ton C /ha, 48.79 ton C/ha of carbon sequestration in soil and 103.58 ton C/ha of carbon sequestration in biomass. Amounts of carbon accumulated within tree were the highest 101.42 ton C/ha, followed by sapling and seedling, 4.06 and 0.16 ton C/ha, respectively.

Keywords: plants species diversity, biomass, carbon storage

คำนำ

ระบบนิเวศป่าไม้มีบทบาทในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Timilsina *et al.*, 2014) และยังมีกระบวนการหมุนเวียนธาตุอาหาร และคาร์บอนในระบบนิเวศ จากการร่วงหล่น การย่อยสลาย และเก็บสะสมไว้ในดิน ซึ่งจะกลับไปเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นไม้ และเพิ่มศักยภาพในกักเก็บคาร์บอนของป่าต่อไป โรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีพื้นที่ป่าที่มีลักษณะเป็นป่าดิบชื้นบริเวณหลังโรงเรียน ขนาดพื้นที่ประมาณ 10 ไร่ ซึ่งเป็นป่าที่ทางโรงเรียนมีวัตถุประสงค์ที่จะอนุรักษ์ และจะพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ไม้ ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ และในดิน เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการถ่ายทอดให้นักเรียนได้ทราบถึงคุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเกิดความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนศึกษาและการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการวางแผนศึกษาขนาด 40x40 เมตร จำนวน 5 แปลงโดยวิธีการ Random sampling แต่ละแปลงแบ่งออกเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร เพื่อสำรวจไม้ใหญ่ (ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก มากกว่า 4.5 ซม.) และวางแผนขนาด 4x4 เมตร และขนาด 1x1 เมตร ในแปลงศึกษาขนาด 10x10 เมตร เพื่อศึกษาไม้หนุ่ม (ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 ซม.) และกล้าไม้ (ไม้ขนาดเล็กที่มีความสูงน้อยกว่า 1.3 เมตร) ตามลำดับ และทำการบันทึกชื่อพันธุ์ไม้ เส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร และความสูงของไม้ใหญ่และไม้หนุ่ม และทำการบันทึกชื่อกล้าไม้ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระดับขีดผิวดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงศึกษาโดยในแต่ละหลุมเก็บตัวอย่างดินลึก 2 ระดับ คือ ดินบนที่ระดับ 0-30 ซม. และดินล่าง ที่ระดับ 30-100 ซม. เพื่อเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าในประเทศกำลังพัฒนาตาม The UN-REDD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamic, 2009) โดยเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธี Core method โดยเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง (Undisturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk density) และตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนโครงสร้าง (Disturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนในดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาค่าดัชนีความสำคัญ

ทำการคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญ (Important value index, IVI) ของไม้แต่ละชนิด ซึ่งจะประกอบด้วย ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, R.D.) ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, Do.) และ ค่าความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, R.F.) จากสมการ (Whittaker, 1970)

$$IVI = R.D. + R.Do. + R.F$$

โดยที่	IVI	=	Important value index (ค่าดัชนีความสำคัญ)
	R.D.	=	Relative density (ความหนาแน่นสัมพัทธ์)
	R.Do.	=	Relative dominance (ค่าความเด่นสัมพัทธ์)
	R.F.	=	Relative frequency (ความถี่สัมพัทธ์)

		=	$\frac{\text{จำนวนพันธุ์ไม้แต่ละชนิด} \times 100}{\text{จำนวนพันธุ์ไม้ทั้งหมด}}$
		=	$\frac{\text{Basal area ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด} \times 100}{\text{Basal area ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด}}$
		=	$\frac{\text{โอกาสการพบพันธุ์ไม้ชนิดนั้น} \times 100}{\text{การพบชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมดในแปลง}}$

2. การประเมินความหลากหลายทางชนิดพันธุ์

ทำการประเมินความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ คำนวณจากสมการของ Shannon diversity Index ความร่ำรวยของชนิด (Species richness) คำนวณจากสมการของ Margalef's Index และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) คำนวณจากสมการของ Pielou's Evenness Index โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

2.1 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species diversity)

โดยอาศัย Shannon-Wiever index of species diversity มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i)(\log_2 p_i) \dots\dots\dots(Krebs, 1985)$$

เมื่อ H' = Species diversity index
 p_i = สัดส่วนจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งต่อจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ทั้งหมด
 S = จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด

2.2 ความร่ำรวยของชนิด (Species richness)

$$R = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

เมื่อ R = ความร่ำรวยของชนิด
 S = จำนวนชนิดพันธุ์พืชทั้งหมด
 N = จำนวนต้นไม้ทั้งหมด

2.3 ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index)

$$E = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\ln S} \dots\dots\dots Hill (1973)$$

เมื่อ E = ความสม่ำเสมอ (Evenness)
 H' = Shannon diversity Index
 S = จำนวนชนิดที่พบทั้งหมด

3. การประเมินมวลชีวภาพ

ประเมินหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ดังนี้
สมการการหามวลชีวภาพของไม้ใหญ่ (ซิงชัย, 2546)

$$\begin{aligned} W_s &= 0.0396*(D^2 H)^{0.9326} \\ W_b &= 0.006003*(D^2 H)^{1.0270} \\ W_l &= ((28.0/ W_s + W_b) + 0.025)^{-1} \\ W_r &= 0.0264 *(D^2 H)^{0.7750} \end{aligned}$$

สมการการหามวลชีวภาพของไม้หนุ่ม (อานุช และสุภฎา, 2561)

$$\begin{aligned} \text{Log } W_s &= -1.114 + 0.77\text{log}D^2H \\ \text{Log } W_b &= -1.886 + 0.871\text{log}D^2H \\ \text{Log } W_l &= -1.658 + 0.571\text{log}D^2H \\ \text{Log } W_r &= -1.553 + 0.708\text{log}D^2H \end{aligned}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} W_s &= \text{มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กก.)} \\ W_b &= \text{มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กก.)} \\ W_l &= \text{มวลชีวภาพส่วนของใบ (กก.)} \\ W_r &= \text{มวลชีวภาพส่วนของราก (กก.)} \\ D &= \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (ซม.)} \\ H &= \text{ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)} \end{aligned}$$

สมการการหามวลชีวภาพของกล้าไม้ (อานุช และสุภฎา, 2561)

$$\begin{aligned} W_s &= 13.23(D_0^2)^{1.318} \\ W_b &= 2.404(D_0^2)^{0.990} \\ W_l &= 5.493(D_0^2)^{0.775} \\ W_r &= 8.202 (D_0^2)^{1.110} \end{aligned}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} W_s &= \text{มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กรัม)} \\ W_b &= \text{มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กรัม)} \\ W_l &= \text{มวลชีวภาพส่วนของใบ (กรัม)} \\ W_r &= \text{มวลชีวภาพส่วนของราก (กรัม)} \\ D_0 &= \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (ซม.)} \end{aligned}$$

4. การประเมินปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพ

ประเมินปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในไม้ใหญ่โดยใช้มวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งหมดมาประเมินโดยน้ำหนัก คาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าเป็นร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพ (IPPC, 2006) สำหรับไม้หนุ่มและกล้าไม้ จะใช้

มวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละส่วนมาประเมินโดยน้ำหนักคาร์บอนในมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำต้น กิ่งรากและใบ โดยไม้หนุ่มมีความเข้มข้นร้อยละ 56.78, 53.53, 49.23 และ 46.72 ของมวลชีวภาพ กล้าไม้มีความเข้มข้นร้อยละ 51.77, 50.46, 49.75 และ 47.18 ของมวลชีวภาพ ตามลำดับ (อานูช และสุภฎา, 2561)

5. การประเมินปริมาณคาร์บอนในดิน

ทำการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยวิธี Clod method (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2546) และวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนโดยวิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black (1947) จากนั้นทำการคำนวณปริมาณคาร์บอนในดินต่อหน่วยพื้นที่โดยการคูณกับปริมาณมวลดิน (วสันต์ และคณะ, 2553) ดังสมการ

$$\text{ปริมาณ C ในดิน} = \text{ความหนาแน่นรวมของดิน} \times \text{ความเข้มข้นของ C} \times \text{ความลึก}$$

โดย	ปริมาณ C ในดิน	หน่วยเป็น	กรัม/ตร.ม.
	ความหนาแน่นรวมของดิน	หน่วยเป็น	กรัม/ตร.ม.
	ความเข้มข้นของ C	หน่วยเป็น	กรัม/กรัม ของดิน
	ความลึก	หน่วยเป็น	เมตร

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สังคมพืชและความหลากหลายของพันธุ์ไม้

จากการศึกษา พบว่า ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีพันธุ์ไม้ใหญ่ จำนวน 82 ชนิด 33 วงศ์ ไม้หนุ่ม จำนวน 61 ชนิด 33 วงศ์ และกล้าไม้ จำนวน 32 ชนิด 31 วงศ์ ซึ่งมีความหนาแน่น เท่ากับ 1,285.00, 8,710.94 และ 53,125.00 ต้น/เฮกแตร์ (Table 1) ทั้งนี้พบว่าไม้เคี่ยม (*Shorea henryana*) เป็นพันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) สูงที่สุด 76.27 (คิดเป็นร้อยละ 32.14 ของพันธุ์ไม้ใหญ่ทั้งหมด) รองลงมา คือ ไม้สักเขา (พันธุ์จำ) (*Vatica odorata*) และไม้เปกล้า (*Agrostistachys indica*) มีค่าดัชนีความสำคัญ 18.16 และ 15.16 (Table 2) ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ดัชนีความร่ำรวย และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ เท่ากับ 4.58, 11.68 และ 1.04 ตามลำดับ จะเห็นว่าป่าบ้านโหล๊ะท่อมมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ใกล้เคียงกับป่าดิบชื้นในพื้นที่อื่นๆ เช่น ป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง (อานูช และสุภฎา, 2558) ป่าในอุทยานแห่งชาติเขาสก จังหวัดสุราษฎร์ธานี (เสาวคนธ์, 2543) ที่มีจำนวนไม้ใหญ่ 74 และ 108 ชนิด และมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ 5.37 และ 4.61 ตามลำดับ แต่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์มากกว่าป่าชุมชนบ้านพานแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช (อานูช และคณะ, 2556) มีจำนวนไม้ใหญ่ 35 ชนิด และมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ 2.83 เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการเข้าไปประโยชน์จากชุมชนเป็นจำนวนมาก

Table 1 Density of tree, sapling and seedling in Ban Lo Thom School Forest

	Species	Family	Density (tree/ha)
Tree	82	33	1,285.00
Sapling	61	61	8,710.94
Seedling	32	31	53,125.00

Table 2 Importance value index (IVI) of trees in Ban Lo Thom School Forest

Common name	Scientific name	R.D. (%)	R.F. (%)	R.Do. (%)	IVI
เคี่ยม	<i>Shorea henryana</i> Pierre	32.14	11.54	32.597	76.27
สักเขา (พันจ่า)	<i>Vatica odorata</i> (Griff.) Symington	5.92	6.04	6.198	18.16
เปล้า	<i>Agrostistachys indica</i> Dalzell	5.15	5.86	4.155	15.16
ปลาไหลเผือก	<i>Eurycoma longifolia</i> Jack.	6.02	5.31	2.031	13.36
หิ้น (เลือดแรด)	<i>Knema globularia</i> (Lam.) Warb.	2.91	4.4	4.912	12.22

ปริมาณคาร์บอนในระบบนิเวศ

1. ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพ 103.58 ตัน/เฮกเตอร์ โดยพบว่ามีปริมาณการสะสมในไม้ใหญ่มากที่สุด 101.42 ตัน คาร์บอน/เฮกเตอร์ ทั้งที่มีความหนาแน่นของไม้เพียง 1,285.00 ตัน/เฮกเตอร์ รองลงมา คือ ไม้หนุม และกล้าไม้ มีปริมาณการสะสมคาร์บอน 4.06 และ 0.16 ตัน คาร์บอน/เฮกเตอร์ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Biomass and carbon storage at Ban Lo Thom School Forest

	Density (tree/ha)	Biomass (ton/ha)	Carbon storage (ton C/ha)				
			stem	branch	leaf	root	total
Tree	1,285.00	215.79	64.9	24.19	2.28	10.05	101.42
Sapling	8,710.94	3.77	1.24	0.25	0.20	0.34	4.06
Seedling	53,125.00	0.26	0.05	0.01	0.03	0.04	0.16
รวม		219.82	66.19	24.45	2.51	10.43	103.58

2. ปริมาณคาร์บอนสะสมในดินป่าบ้านโหล๊ะท่อม

ดินในป่าบ้านโหล๊ะท่อมเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าอินทรียวตฤอยู่ในช่วงร้อยละ 5-10 กรัม/กก. (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ซึ่งสะสมอยู่ในดิน 48.80 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ โดยสะสมในดินบน (0-30 ซม.) 31.07 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ ดินล่าง (30-100 ซม.) 17.73 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ (Table 4) จะเห็นได้ว่า ปริมาณคาร์บอนในดินป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีปริมาณน้อยกว่าป่าเบญจพรรณ ป่าสนผสมก่อ ดิบแล้ง และดิบเขา ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน 136.57, 123.20, 139.01 และ 133.03 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ (ณัฐลักษณ์, 2552) ทั้งนี้อาจสัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ตามพื้นป่า ทั้งนี้ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามปัจจัยทางภูมิอากาศ และเคมี ในสภาพพื้นที่ซึ่งมีกลุ่มจุลินทรีย์ทำงานได้ดีย่อมมีอัตราการย่อยสลายของเศษซากต่างๆ ได้มาก (Gonzalez and Seastedt, 2000) ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อม เป็นพื้นที่ป่าที่อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกทำให้น้ำใต้ดินมากกว่าป่าเบญจพรรณ ป่าสนผสมก่อ ดิบแล้ง และดิบเขา ซึ่งน้ำใต้ดินจะเป็นตัวขัดขวางกระบวนการย่อยสลายในสภาพมีอากาศ (Ywith *et al.*, 2009; Jauhainen *et al.*, 2005) ทำให้ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อม ซึ่งมีสภาพเป็นป่าดิบชื้นมีอัตราการย่อยสลายที่ต่ำกว่าจึงส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินน้อยกว่าป่าเบญจพรรณ ป่าสนผสมก่อ ป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขา

Table 4 Evaluation Of carbon storage in soil at Ban Lo Thom School Forest

Depth (cm)	Bulk density (ton/m ³)	Carbon (g/kg)	Carbon storage (ton C/ha)
0-30	1.68±0.09	6.16	31.07
30-100	1.78±0.19	3.32	17.73
รวม	-	-	48.80

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศ 152.37 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ โดยส่วนใหญ่จะสะสมในมวลชีวภาพมากถึง 67.98% โดยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพ 103.58 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ และสะสมในดินเพียง 48.79 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ คิดเป็น 32.02% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับป่าประเภทอื่นๆ พบว่า ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพน้อยกว่าป่าชุมชนบ้านหนองถิ่น อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง (อานุช และทิพย์ทิวา, 2556) และป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (Terakunpisut *et al.*, 2007) ซึ่งพบว่ามีปริมาณการสะสมคาร์บอน 129.55 และ 137.73 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ในระบบนิเวศป่าไม่มีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงกว่าในดิน ทั้งนี้ ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งปัจจัยทางชีวภาพและกายภาพ และยังพบว่าขนาดของไม้มีผลต่อศักยภาพของการสะสมคาร์บอน ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม้ใหญ่ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าไม้หนุม และกล้าไม้ แต่มีการสะสมคาร์บอนได้มากกว่า อย่างไรก็ตามไม้ที่มีขนาดใหญ่แล้วจะมีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนสะสม

ได้น้อยกว่า เนื่องจากไม้ที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะลดบทบาทการเพิ่มการดูดซับคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามไม้ใหญ่เหล่านี้จะมีความสำคัญในด้านการเพิ่มประชากรป่าใหม่ขึ้นมา และรักษาคุณค่าทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้น หากมีการอนุรักษ์ และการจัดการป่าที่ดีโดยให้ความสำคัญทั้งไม้ที่มีขนาดใหญ่ และไม้ที่มีขนาดเล็กรวมถึงกล้าไม้ต่างๆ จะทำให้ป่าโรงเรียนบ้านโหล๊ะท่อมเป็นป่าที่มีคุณค่าทั้งทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งสามารถให้นักเรียนเข้าไปเรียนรู้ ด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์ รวมทั้งสามารถเพิ่มศักยภาพในการสะสมคาร์บอนต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยความช่วยเหลือของปราชญ์ชาวบ้าน ที่อำนวยความสะดวกในด้านการเก็บข้อมูลภาคสนาม ขอขอบคุณนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม ในเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 101 น.
- ณัฐลักษณ์ คำยอง. 2552. **ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ลักษณะดินและการสะสมคาร์บอนในป่าชนิดต่างๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยจังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 333 น.
- วสันต์ จันทร์แดง ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวนศาสตร์** 29(3): 36-44.
- เสาวคนธ์ โนสูงเนิน. 2543. **บทบาทของป่าดิบชื้นธรรมชาติบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาสกจังหวัดสุราษฎร์ธานี**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อานุช ศิริรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร. 2556. ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ** 16(1): 34-40.
- อานุช ศิริรัฐนิคม ทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร จุรีพร แสงแก้ว และศศิธร ณ พิชัย. 2556. ความหลากหลายของพันธุ์ไม้และปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านพานแพ อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก** 6(1): 56-62
- อานุช ศิริรัฐนิคม และสุภฎา ศิริรัฐนิคม. 2558. **ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และศักยภาพการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจนในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง**. 70 น. ใน รายงานผลการวิจัย. พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- _____. 2561. ปริมาณไนโตรเจนสะสมในป่าชุมชนบ้านป่าพงค์ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. น. 758-763. ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 28 ประจำปี 2561. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

- Gonzalez, G. and Seastedt, T.R. 2000. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. **Ecology** 82(4): 955-964.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecol.** 54: 427-432.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. Japan: IGES.
- Jauhainen, J., H. Takahashi, J.E.P. Heikkinen, P.J. Martilainen and H. Vasanders. 2005. Carbon fluxes from tropical peat swamp forest floor. **Global Change Biol.** 11: 1788-1797.
- Krebs, C.J. 1985. **Ecology: Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Third edition. New York: Harper & Row Publisher.
- Terakunpisut, J., N. Gajasen. and N. Ruankawe. 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum National Forest, Thailand. **Applied Ecology and Environmental Research** 5(2): 93-102.
- Timilsina N., L.C. Staudhammer, J. Escobedo, F.J. Escobedo and A. Lawrence. 2014. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. **Landscape and Urban Planning** 127: 18-27.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Science** 63: 257.
- Whittaker, R.H. 1970. **Communities and Ecosystem**. Toronto: Macmillian. 158 p.
- Ywith. C.H., O.H. Ahmed, N.M.A. Majid and M.B Jalloh. 2009. Effects of converting secondary forest on tropical peat soil to oil palm plantation on carbon storage. **Am. J. Agri. Bio. Sci.** 4: 123-130.

สมบัติและศักยภาพของดินที่ปลูกลองกองในอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
Properties and Potential of Longkong Growing Soil in Laplae District
Uttaradit Province

กรกนก ดีพรมกุล^{1*} นิวัต อนงค์รักษ์¹ และสุนทร คำयोग²
Kornkanok Deepromkul^{1*}, Niwat Anongrak¹ and Soontron Khamyong²

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

²Department of Highland Agriculture and Natural Resource, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: kornkanok.nayy@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบสมบัติและประเมินศักยภาพของดินที่ปลูกลองกอง พื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของดิน 2 อันดับ คือ อันดับดินอัลทิซอลส์ และอันดับดินแอลฟิซอลส์ ประกอบด้วย การทำอธิบายสัณฐานวิทยาของดิน การวิเคราะห์สมบัติกายภาพและเคมีของดินตามวิธีมาตรฐาน และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อใช้ประเมินศักยภาพของดิน พบว่าดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงต่างเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าดินบนในพีดอน 1, 2, 4 และ 5 มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ส่วนพีดอน 3 และ 6 มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ดินล่างทุกพีดอนมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ศักยภาพของดินมีความเหมาะสมปานกลางถึงไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากมีข้อจำกัดเล็กน้อยเกี่ยวกับสภาพพื้นที่และปริมาณกรวดที่พบ ซึ่งระดับความอุดมสมบูรณ์ที่ประเมินได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการเติบโตของพืชได้ต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลองกอง สมบัติดิน ศักยภาพของดิน

Abstract

This study was conducted to compare soil properties and to assess soil potential in Longkong cultivation area, Lap-lae district, Uttaradit province. Comparison soils properties of two Orders, Ultisols and Alfisols, were taken. The study included soil morphology description, soil physicochemical analysis based on standard methods and soil fertility evaluation. The results showed that most of soil texture were clay. The soil reaction was extremely acid to slightly alkaline. The organic matter varied from low to high. Available phosphorus was in the range of very low to moderately high. Available potassium was

in the range of very low to very high. Cation exchange capacity was in the levels of low to medium. As for soil fertility evaluation, topsoils of Pedon 1, 2, 4 and 5 had the fertility of medium, whereas Pedon 3 and 6 were moderately high. Subsoils of all Pedon had the fertility of moderately low. The soil potential varied from moderate suitability to poor. The evaluated soil fertility levels can be used as a guideline for further study of plant growth.

Keywords: soil fertility evaluation, longkong, soil properties, soil potential

คำนำ

ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เป็นผลไม้เมืองร้อน จัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญที่มีชื่อเสียง และได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ เนื่องจากมีกลิ่นหอม รสหวาน เปลือกบาง เมล็ดน้อย มียางน้อย ยางไม่เหนียวติดมือ ดังนั้นการปลูกลองกองให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ควรปลูกในเขตที่มีสภาพอากาศ ร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30°C. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย และควรปลูกในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำเพียงพอตลอดช่วงฤดูแล้ง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

จังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นแหล่งปลูกลองกองที่มีเนื้อที่มากที่สุดในเขตภาคเหนือ และเป็นแหล่งปลูกที่มีเนื้อที่ปลูก เป็นอันดับ 4 ของประเทศไทย โดยมีเนื้อที่ปลูก 27,376 ไร่ เนื้อที่ที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 23,912 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 10,828 ตัน และได้ผลผลิตเฉลี่ย 453 กก.ต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอลับแล สภาพพื้นที่ปลูกเกือบทั้งหมดอยู่บนภูเขาสูง ระดับที่สูงที่สุดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 700 เมตร มีความลาดชัน 5-100% ลองกองที่ปลูกในจังหวัดอุดรดิตถ์ มีรสชาติดีเป็นเอกลักษณ์ และคุณภาพที่น่าพอใจ (เอนก, 2550) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ใน 2 อันดับดิน คือ อันดับดินอัลทิซอลส์ (Ultisols) และอันดับดินแอลฟิซอลส์ (Alfisols) (Soil Survey Staff, 2014) การศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบสมบัติดินที่ปลูกลองกอง 2 อันดับดิน และประเมินศักยภาพของดิน โดยใช้ข้อมูลจากระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการใช้ที่ดินและการจัดการ ที่ดิน อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลือกพื้นที่

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ปลูกลองกอง สํารวจพื้นที่เบื้องต้นโดยการใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุดที่ L7018 ระวังแผนที่ 5044III (จังหวัดอุดรดิตถ์) (กรมแผนที่ทหาร, 2542) แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ซึ่งแสดงพื้นที่ปลูกลองกองจากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการสำรวจพื้นที่โดยสุ่มการเจาะส่วนในพื้นที่ศึกษาจนถึงระดับความลึก 2.0 เมตร หรือจนถึงชั้นหินพื้น จำนวน 50 จุด เพื่อเลือกพื้นที่สวนลองกอง ในอำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 6 บริเวณ แบ่งเป็นพื้นที่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ 3 บริเวณ และในอันดับดินแอลฟิซอลส์ 3 บริเวณ

การศึกษาภาคสนาม

ศึกษาดินโดยชุดหลุมดินในพื้นที่อันดับดินอัลทิสอลส์ 3 หลุม และในพื้นที่อันดับดินแอลฟิสอลส์ 3 หลุม ขนาดหลุมมีหน้าตัดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร และลึก 2.0 เมตร หรือจนถึงชั้นหินพื้น แต่งหน้าตัดดินพร้อมคำอธิบาย และบันทึกข้อมูลทั่วไปในบริเวณที่ทำการศึกษ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกตามสัณฐานวิทยาของดิน (เอิบ, 2552)

วิเคราะห์คุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินที่ได้มาวิเคราะห์หาการกระจายตัวของอนุภาคดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และสมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปฏิกริยาของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณค่ารวมที่สกัดได้ ค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส เพื่อนำค่าวิเคราะห์ที่ได้มาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ดิน (Soil Survey Division Staff, 1993)

ผลการวิจัย

สภาพแวดล้อมและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

สภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษทั้ง 6 บริเวณ อยู่ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา มีความลาดชัน 12-27% อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 105-128 เมตร

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามที่สำคัญของดินในพื้นที่ ทุกพืดอนมีวัตถุต้นกำเนิดจากวัสดุตกค้างจากหินดินดาน (residuum from shale) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวจนถึงดินเหนียว การระบายน้ำดี โดยพืดอน 1 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น Ap(15)-Bt1(32)-Bt2(43/52)-Bt3(58/85)-Bt4(93/120)-Btc1(144/153)-Btc2(191)-Btc3(206+) พืดอน 2 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น Ap(15)-Bt1(30)-Bt2(44/73)-Btc(103/105)-BCr1(124/129)-BCr2(158)-Cr(179)-R(200+) พืดอน 3 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น Ap(13)-Bt1(26)-Bt2(44)-Bt3(60)-BC1(91)-BC2(119)-C1(152)-C2(180)-C3(200+) พืดอน 4 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(4)-AB(13)-Bt1(29/37)-Bt2(61/80)-BC(113/126)-Cr1(159/192)-Cr2(206+) พืดอน 5 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A1(6)-A2(13)-BA(25)-Bt1(34/38)-Bt2(59)-Bt3(85)-Bt4(113/116)-BCr(153/172)-Cr(208+) และพืดอน 6 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A1(8)-A2(17)-Bt1(35)-Bt2(61)-Btc(103)-Cr1(132)-Cr2(148/167)-R(200+) (Figure 1) (Table1)

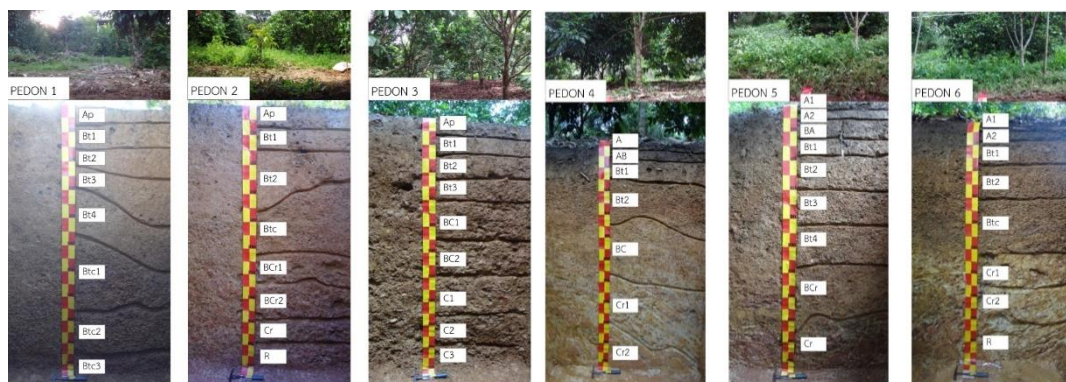


Figure 1 Soil profile of Longkong cultivation area

Table 1 Environmental setting of Longkong cultivation area

Pedon	Coordinate	Elevation (m.)	Parent material	Soil profile
		Slope (%)		
1	0612764E	119	residuum from	Ap-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Btc1-Btc2-
	1961048N	14	shale	Btc3
2	0613093E	128	residuum from	Ap-Bt1-Bt2-Btc-BCr1-BCr2-Cr-R
	1961054N	16	shale	
3	0613066E	116	residuum from	Ap-Bt1-Bt2-Bt3-BC1-BC2-C1-
	1961081N	12	shale	C2-C3
4	0605854E	120	residuum from	A-AB- Bt1-Bt2-BC-Cr1-Cr2
	1954895N	18	shale	
5	0607654E	105	residuum from	A1-A2-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-BCr-
	1954156N	27	shale	Cr
6	0605500E	115	residuum from	A1-A2-Bt1-Bt2-Btc-Cr1-Cr2-R
	1954767N	24	shale	

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การแจกกระจายอนุภาคดินตามความลึกของดิน พบว่า อนุภาคขนาดทรายแป้งมีปริมาณน้อยที่สุดอนุภาคขนาดดินเหนียวมีปริมาณมากขึ้นตามความลึกของดิน และอนุภาคขนาดทรายมีปริมาณลดลงตามความลึกของดิน ความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า ความหนาแน่นของรวมดินบนอยู่ในช่วง 1.31-1.65 กรัมต่อลบ.ม. ส่วนดินล่างอยู่ในช่วง 1.44-1.63 กรัมต่อ ลบ.ม. (Figure 2) มีปริมาณกรวดปนอยู่ในเนื้อดินเล็กน้อยถึงมาก โดยพืดอน 1, 2 และ 3 จะพบกรวดในดินล่าง พืดอน 4 และ 5 พบปริมาณกรวด 35-60 % ที่ระดับความลึก 25-50 ซม. จากผิวดิน และพืดอน 6 พบปริมาณกรวด 35-60% ที่ระดับต่ำกว่า 25 ซม. จากผิวดิน

สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า พืดอน 1, 2 และ 3 ปฏิกริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.4-6.1) ส่วนพืดอน 4, 5 และ 6 ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงต่างเล็กน้อย (pH 5.0-7.4) โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำถึงสูง (9.12-36.75 กรัมต่อกม.) ซึ่งจะเห็นว่าในดินบนของพืดอน 4, 5 และ 6 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินบนของพืดอน 1, 2 และ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (0.99-23.27 มก.ต่อกม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (14.17-224.92 มก.ต่อกม.) ค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (4.22-11.14 เซนติโมลต่อกม.) และปริมาณต่างรวมที่สกัดได้ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง และปริมาณโซเดียมอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (Table2) (Figure 3)

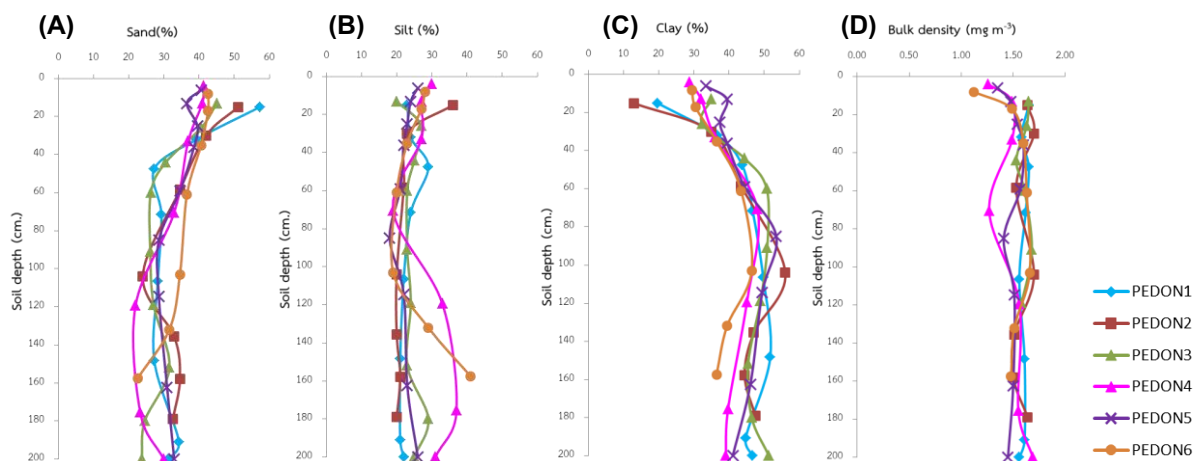


Figure 2 Soil physical properties of Longkong cultivation area

Table 2 Fertility level of Longkong cultivation area

Pedon	Horizons	Depth (cm)	OM ¹ (g/kg)	Avail P ² (mg/kg)	Avail K ³ (mg/kg)	CEC ⁴ (cmol/kg)	PBS ⁵ (%)	Total score	Fertility level
1	Topsoil ⁶	0-15	16.00 (3)	5.38 (1)	191.32 (5)	4.22 (1)	73.57 (4)	14	M ⁸
	Subsoil ⁷	15-206+	9.33 (1)	1.68 (1)	80.95 (4)	5.76 (2)	25.14 (2)	10	ML ⁹
2	Topsoil	0-15	18.22 (3)	7.27 (2)	224.92 (5)	4.75 (1)	68.91 (4)	15	M
	Subsoil	15-158	9.12 (1)	1.77 (1)	133.78 (5)	6.15 (2)	18.00 (1)	10	ML
3	Topsoil	0-13	16.99 (3)	23.27 (4)	133.77 (5)	6.44 (2)	81.67 (5)	19	MH ¹⁰
	Subsoil	13-119	11.59 (2)	2.02 (1)	99.12 (5)	5.85 (2)	21.07 (2)	12	ML
4	Topsoil	0-13	36.75 (5)	4.43 (1)	61.83 (3)	10.56 (3)	79.48 (5)	17	M
	Subsoil	13-113/126	13.71 (2)	1.16 (1)	14.17 (1)	7.15 (2)	38.95 (3)	9	ML
5	Topsoil	0-13	31.03 (4)	2.42 (1)	128.42 (5)	9.66 (2)	70.93 (4)	16	M
	Subsoil	13-153/172	15.19 (3)	0.99 (1)	45.30 (2)	7.48 (2)	50.15 (4)	12	ML
6	Topsoil	0-17	34.76 (4)	22.11 (4)	155.58 (5)	11.14 (3)	66.15 (4)	20	MH
	Subsoil	17-103	12.94 (2)	2.22 (1)	28.65 (1)	6.30 (2)	44.85 (3)	9	ML

¹OM = organic matter, ²Avail P = available phosphorus, ³Avail K = available potassium, ⁴CEC = cation exchange capacity, ⁵PBS = base saturation percentage, ⁶Topsoil = A horizon, ⁷Subsoil = B horizon. M⁸ = medium, ML⁹ = moderately low, MH¹⁰ = moderately high. Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table) where score ≤7 = fertility level is low, 8-12 = fertility level is moderately low, 13-17 = fertility level is medium, 18-22 = fertility level is moderately high, ≥23 = fertility level is high (Land Classification Division, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

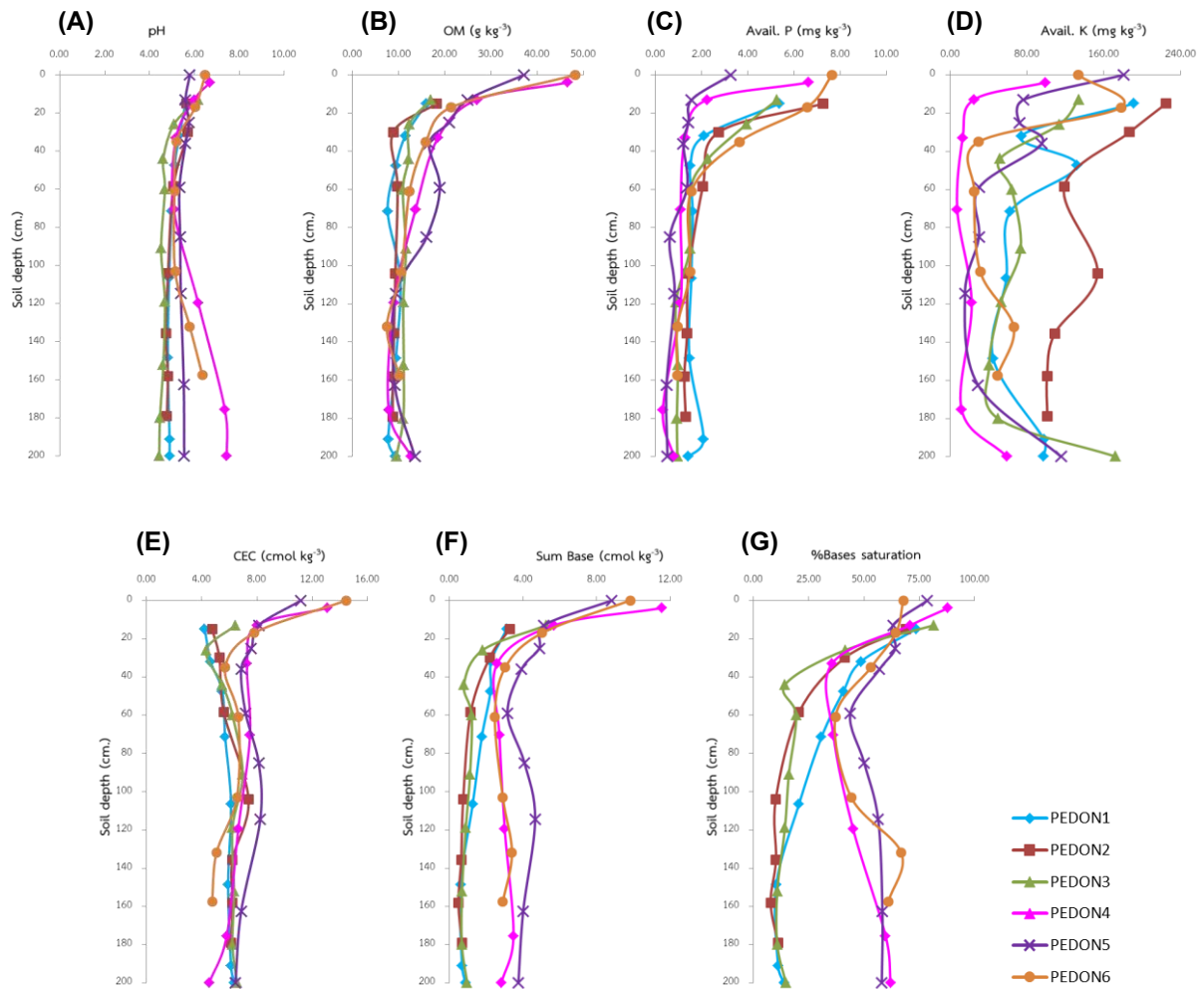


Figure 3 Some soil chemical properties of Longkong cultivation area

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Table 2) โดยตัดแปลงมาจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) พบว่า ดินที่ทำการศึกษา ดินบนในพืดอน 1, 2, 4 และ 5 มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง ส่วนพืดอน 3 และ 6 มีความอุดมสมบูรณ์ระดับค่อนข้างสูง สำหรับดินล่างทุกพืดอนมีความอุดมสมบูรณ์ระดับค่อนข้างต่ำ

การจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพของดิน

จากการจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพของดิน ตามคู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย พบว่าพืดอน 1, 2 และ 3 มีความเหมาะสมปานกลาง มีข้อจำกัดเล็กน้อยเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating) พืดอน 4 มีความเหมาะสมปานกลาง มีข้อจำกัดเล็กน้อยเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน (rolling) และพบก้อนกรวด 35-60% ในระดับความลึก 25-50 ซม. จากผิวดิน พืดอน 5 ไม่ค่อยเหมาะสม มีข้อจำกัดปานกลางเรื่องสภาพพื้นที่เป็นเนินเขา (hilly) และพบก้อนกรวด 35-60% ในระดับความลึก 25-50 ซม. จากผิวดิน และพืดอน 6 ไม่ค่อยเหมาะสม มีข้อจำกัดปานกลางเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน และพบก้อนกรวด 35-60% ที่ระดับความลึก ต่ำกว่า 25 ซม. จากผิวดิน

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติและศักยภาพของดินที่ปลูกลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ จำแนกพื้นที่ได้ 2 อันดับดิน การจำแนกอันดับดินนี้ พิจารณาตามการจำแนกของระบบอนุกรมวิธานดิน Soil taxonomy พบว่าทุกพืดอนมีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่างที่ชัดเจน ทำให้เกิดชั้นดินล่างวิญฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizons) ในพืดอน 1, 2 และ 3 ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดรุนแรงมาก มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสน้อยกว่า 35% จึงจัดอยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ ส่วนพืดอน 4, 5 และ 6 ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงด่างเล็กน้อย มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสมากกว่าหรือเท่ากับ 35% จึงจัดอยู่ในอันดับดินแอลฟิซอลส์ ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 บริเวณ มีปริมาณต่างรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมากค่าประจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง เมื่อนำมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ในดินบนพืดอน 3 และ 6 มีความอุดมสมบูรณ์สูงสุด และในดินล่าง พืดอน 4 และ 6 มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำสุด ในการจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพของดินที่ปลูกลองกอง พบว่า ดินมีความเหมาะสมปานกลาง บริเวณพืดอน 1, 2, 3 และ 4 และไม่ค่อยเหมาะสม บริเวณพืดอน 5 และ 6 จึงทำให้ต้องมีการจัดการที่แตกต่างกันในเรื่องของสภาพพื้นที่และการดูแล โดยบริเวณใดที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ควรมีการทำคันดินและปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และจากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ดินมีธาตุอาหารบางอย่างไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ควรมีการปรับปรุงโดยการใช้อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมี ตามสูตรและอัตราที่เหมาะสม ช่วงเวลาที่ใส่ปุ๋ยคือ ช่วงก่อนออกดอก 1-2 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 และ 13-13-21 ช่วงออกดอก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 และ 0-0-60 และช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ปริมาณปุ๋ยที่ใช้จะคิดจากอายุของพืชแต่ละต้น สำหรับอันดับดินอัลทิซอลส์ ควรมีการใช้วัสดุปนร่วมด้วย เพื่อปรับปรุงปฏิกริยาดินให้เหมาะสมกับพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

สรุปผลการวิจัย

ดินในพื้นที่สวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นดินสีปานกลาง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวจนถึงดินเหนียว มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา มีความลาดชัน 12-27% อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 105-128 เมตร พัฒนาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดาน สามารถจำแนกดินที่ปลูกลองกองในพื้นที่ได้ 2 อันดับดิน คือ ในพื้นที่ปลูกที่อยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ และอันดับดินแอลฟิซอลส์ โดยมีอันดับดินแอลฟิซอลส์มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่าอันดับดินอัลทิซอลส์ เมื่อนำสมบัติและระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินมาประเมินศักยภาพของดินที่ปลูกลองกอง พบว่า อันดับดินอัลทิซอลส์มีความเหมาะสมปานกลาง ส่วนอันดับดินแอลฟิซอลส์ ไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากมีข้อจำกัดเล็กน้อยในเรื่องสภาพพื้นที่และปริมาณกรวดที่พบในชั้นดินล่าง สมบัติดิน ระดับความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินที่แตกต่างกันนี้ จึงแสดงให้เห็นถึงการเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการจัดการที่แตกต่างกัน เพื่อให้พืชได้ผลผลิตที่ดีขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของสวนในพื้นที่ปลูกลองกอง เพื่อใช้ในการดำเนินการศึกษา และสถานีพัฒนาที่ดินอุดรดิตถ์ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2542. **แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จังหวัดอุดรดิตถ์ (5044III) ลำดับชุด L7018.** กรุงเทพฯ: กระทรวงกลาโหม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนที่ดอน.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 453. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **เทคโนโลยีการผลิตลองกอง.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th/fruits/index.php/technology?id=132> (15 พฤศจิกายน 2559).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560.** กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอนก ดีพรมกุล. 2550. **การเปรียบเทียบภูมิปัญญาท้องถิ่นระหว่างการทำสวนวนเกษตรกับสวนไม้ผลเชิงเดี่ยว: กรณีศึกษาสวนลองกองในบ้านขุนห้วย ตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 188 น.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2552. **คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Land Classification Division. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Bangkok: Department of Land Development.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** Washington D.C.: U.S, Dept. of Agr. Handbook No.18 U.S. Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2014. **Key to Soil Taxonomy.** 12nded. Washington D.C.: USDA-NRCS. 360 p.

ศักยภาพของดินในสวนลิ้นจี่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

Soil Potential in Litchi Orchard, Fang District, Chiang Mai

วิชญ์ เจียมใจ^{1*} นิวัต อองกรักษ์¹ และสุนทร คำยอง²

Witsanu Jiamjai^{1*}, Niwat Anongrak¹ and Soontorn Khamyong²

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

²Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: Wjiamjai@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพของดินในสวนลิ้นจี่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ดินเป็นตัวแทนจำนวน 6 บริเวณศึกษาพื้นฐานวิทยาของดิน สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประเมินความอุดมสมบูรณ์และความเหมาะสมของดินในการปลูกลิ้นจี่ พบว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนถึงดินร่วนปนทรายในดินบน และดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียวในดินล่าง มีการระบายน้ำดี วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างจากหินแกรนิต พีดอน 1, 2 และ 3 จัดอยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ ส่วนพีดอน 4, 5 และ 6 จัดอยู่ในอันดับดินแอลฟิซอลส์ ความหนาแน่นรวมของดินบนจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างจัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปฏิกริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูงมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงสูงมาก ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ และอัตราไร้อยู่ต่ำ ความอิ่มตัวด้วยเบสมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (11.3-86.8%) ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และการประเมินศักยภาพของดินของดินพบว่า พีดอน 1, 2 และ 3 อยู่ในชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม พีดอน 4 และพีดอน 5 อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง ส่วนพีดอน 6 อยู่ในชั้นความเหมาะสมดีมาก

คำสำคัญ: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ศักยภาพของดิน พื้นฐานวิทยาของดิน ลิ้นจี่

Abstract

A study on soil potential in Litchi orchard in Fang district, Chiang Mai, was carried out on six representative areas including of soil morphology, physicochemical properties, soil fertility assessment, and evaluating of suitability for litchi cultivation. The results showed that most soils were deep to very deep, soil textures of loamy sand to sandy loam in topsoil and sandy clay loam to clay in subsoil, well drainage, and derived from mainly residuum of granite. The soils of Pedon 1, 2, and 3 were classified into Order Ultisols whereas Pedon 4, 5, and 6 were Order Alfisols. Bulk densities were moderately low to moderately high in topsoils and moderately high in subsoils. Soil

reaction was extremely acid to moderately acid. They had low to very high contents of organic matter, very low to very high of available phosphorus and potassium. These soils had very low to moderately low of cation exchange capacity and their base saturation percentage varied from low to high (11.3-86.8%). As for fertility assessment, most soils were moderately fertile. The suitability assessment implied that Pedon 1, 2 and 3 had low level, while Pedon 4 and 5 had the moderate level, and Pedon 6 had the most suitability.

Keywords: soil potential, soil fertility, soil morphology, litchi

คำนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลกิ่งร้อน จัดอยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดทางภาคใต้ของ สาธารณรัฐประชาชนจีน ลิ้นจี่ที่ปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปในประเทศไทยสามารถแบ่งออกตามความสามารถในการปรับตัวให้เข้าสภาพแวดล้อม เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่ลุ่ม ซึ่งเป็นลิ้นจี่ที่สามารถออกดอกได้โดยไม่ต้องการ อากาศเย็นมากระตุ้นหรือต้องการอากาศเย็นติดต่อกันน้อยกว่า ปลูกกันแพร่หลายในแถบจังหวัดภาคกลางของประเทศไทย โดยเฉพาะที่จังหวัดสมุทรสงคราม และอีกกลุ่มคือกลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่ดอน ลิ้นจี่ในกลุ่มพันธุ์นี้จะสามารถออกดอกได้ ต่อเมื่อมีอากาศเย็นติดต่อกันเป็นระยะเวลาหนึ่ง ปลูกกันแพร่หลายเป็นพันธุ์การค้าในภาคเหนือของประเทศไทย แถบ จังหวัดเชียงใหม่ (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ, 2545)

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการปลูกลิ้นจี่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีพื้นที่ให้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 54,800 ไร่ โดยมีการปลูกลิ้นจี่มากอยู่ที่อำเภอฝาง รองลงมาคือที่อำเภอไชยปราการ และอำเภอแม่อาย มีพื้นที่ปลูก ลิ้นจี่รวม 58,181 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว 49,466 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,025 กก.ต่อไร่ และได้ผลผลิตรวม 50,700 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2558) แหล่งปลูกลิ้นจี่ที่สำคัญของอำเภอฝาง อยู่ที่บ้านโป่งดิบ ตำบล เวียง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งลิ้นจี่ที่ปลูกเป็นพันธุ์จักรพรรดิ จากข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรมพัฒนา ที่ดิน, 2556) พบว่า มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6,500-7,000 ไร่ และในพื้นที่ที่มีการปลูกลิ้นจี่มีลักษณะดินที่ค่อนข้าง หลากหลาย ซึ่งการศึกษาชนิดและลักษณะของดินที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน เพื่อประเมิน ศักยภาพของดินที่ปลูกลิ้นจี่และแนวทางในการจัดการดิน เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลการจัดการที่ดินและประกอบกร พัฒนาการปลูกลิ้นจี่ให้มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลือกพื้นที่

ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารและงานวิจัยที่มีอยู่ การสำรวจภาคสนามโดยการใช้แผนที่แสดง สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุดที่ L 7018 ระวางแผนที่ 4848I (บ้านสันต้นหม้อ) (กรมแผนที่ทหาร, 2542) แผนที่ธรณีวิทยา เพื่อสำรวจ ภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิดดิน ลักษณะดิน เป็นต้น เลือกพื้นที่การใช้ประโยชน์ ที่ดินในการปลูกลิ้นจี่ ในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 6 บริเวณ

วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

ศึกษาดินโดยขุดหลุมดินห่างจากทรงพุ่มต้นลิ้นจี่ 0.5 เมตร มีขนาดหน้าตัดดินกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร และลึก 2.0 เมตร หรือจนถึงชั้นหินพื้น (ในกรณีที่ไม่ถึง 2.0 เมตร) แต่งหน้าดินพร้อมกับทำคำอธิบายหน้าตัดดิน และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกตามมาตรฐานวิทยา โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน และไม่ถูกรบกวน (เอิบ, 2547) การวิเคราะห์คุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินที่ได้มาวิเคราะห์หาการกระจายตัวของอนุภาคดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณกรดและสมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปฏิกริยาดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณต่างรวมที่สกัดได้ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส เพื่อนำค่าวิเคราะห์ที่ได้มาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ดิน (National Soil Survey Center, 1996)

ผลการวิจัย

สภาพแวดล้อมละสัณฐานวิทยาสนามของดิน

สภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ อยู่ในอำเภอลำปาง จังหวัดเชียงใหม่ มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 5-12% (undulating) อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 475-580 เมตร (Figure 1) (Table1) โดยพืดอน 1 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(10)-BA(20)-Bt1(37)-Bt2(50)-Bt3(79)-BC(118)-Cr(157)-R(200+) พืดอน 2 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(11)-Bt1(36)-Bt2(53)-Bt3(79)-Bt4(99)-BC(140)-C1(175)-C2(200+) พืดอน 3 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(16)-BA(36)-Bt1(57)-Bt2(84)-Bt3(102)-Bt4(130)-Bt5(160)-Bt6(189)-Cr(205+) พืดอน 4 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(9)-BA(18)-Bt1(32)-Bt2(52)-Bt3(74)-Bt4(99)-Bt5(128)-Bt6(164)-BC(203+) พืดอน 5 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A(12)-BA(23)-Bt1(47)-Bt2(66)-Bt3(91)-Bt4(113)-Bt5(132)-BC1(157)-BC2(200+) และพืดอน 6 มีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น A1(13)-A2(27)-BA(40)-Bt1(68)-Bt2(88)-Bt3(117)-Bt4(160)-BC1(184)-BC2(200+) (Soil Survey Staff, 2014) โดยทั้ง 6 พืดอน มีวัตถุต้นกำเนิดจากวัสดุตกค้างจากหินแกรนิต (residuum from granite)

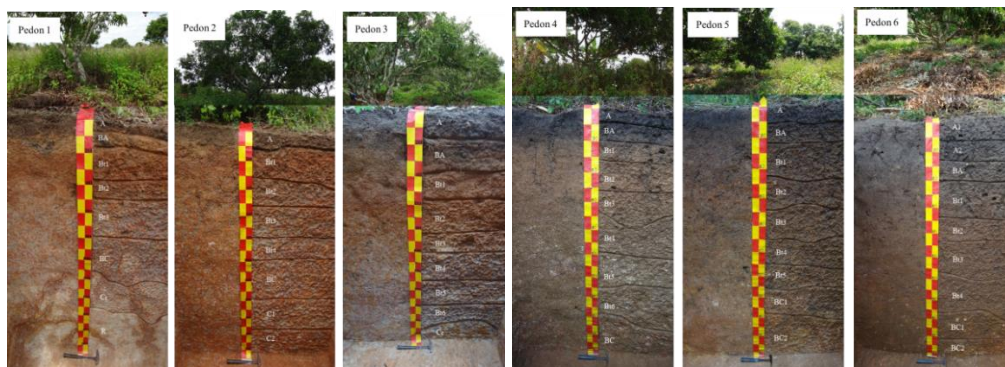


Figure 1 Soil profiles of Litchi orchard

Table 1 Environmental setting of Litchi orchard

Pedon	Coordinate	Elevation (m.)	Parent material	Soil profile
		Slope (%)		
1	0529068 E	480	residuum from granite	A-BA-Bt1-Bt2-Bt3- BC-Cr-R
	2195959 N	10		
2	0529054 E	480	residuum from granite	A-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4- BC-C1-C2
	2195894 N	8		
3	0529132 E	475	residuum from granite	A-BA-Bt1-Bt2-Bt3- Bt4-Bt5-Bt6-Cr
	2195951 N	12		
4	0531350 E	580	residuum from granite	A-BA- Bt1-Bt2-Bt3- Bt4-Bt5-Bt6-BC
	2193421 N	12		
5	0529822 E	500	residuum from granite	A-BA- Bt1-Bt2-Bt3- Bt4-Bt5-BC1-BC2
	2194169 N	12		
6	0529925 E	510	residuum from granite	A1-A2-BA-Bt1-Bt2- Bt3-Bt4-BC1-BC2
	2194007 N	8		

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การแจกกระจายอนุภาคดินตามความลึก พบว่าอนุภาคดินเหนียวมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึก พืดอน 1, 2 และ 3 เนื้อดินบนเป็นดินทรายปนร่วนถึงร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว ส่วนพืดอน 4, 5 และ 6 เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว ความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า พืดอน 4 และ 6 ดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ พืดอน 2, 3 และ 5 อยู่ในระดับปานกลาง พืดอน 1 อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ทั้ง 6 พืดอน พบปริมาณกรวดมากในดินบนของพืดอน 1, 2 และ 3 (Figure 2)

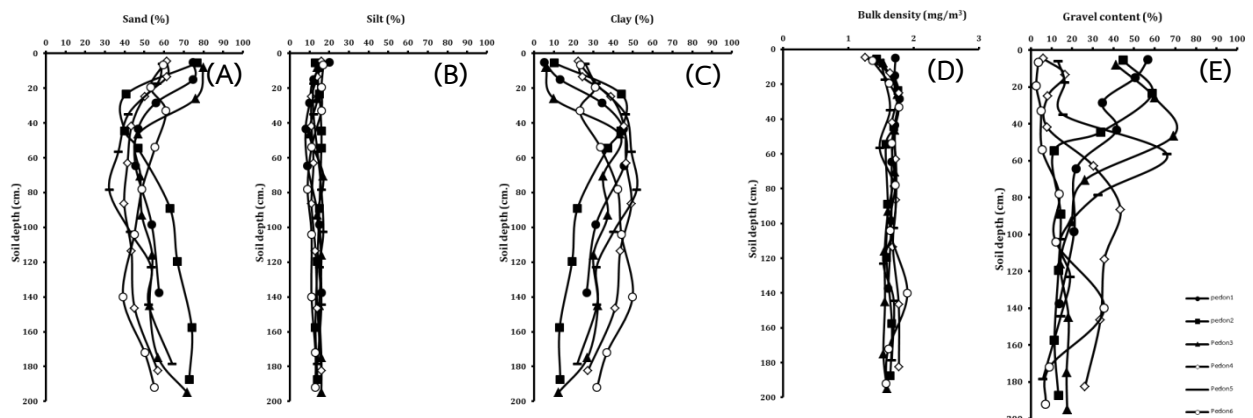


Figure 2 Distribution trend with depth some physical properties in Litchi orchard soils

สมบัติทางเคมีของดิน พบว่าพีดตอน 1 ปฏิกริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-4.9) พีดตอน 2 ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) พีดตอน 3, 4, 5 และ 6 ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-5.8) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (21.9-50.1 กรัมต่อกม.) ส่วนดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (8.5-13.0 กรัมต่อกม.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ทั้ง 6 พีดตอน ดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (3.0-65.8 มก.ต่อกม.) ส่วนดินล่างต่ำมากถึงต่ำ (0.7-4.6 มก.ต่อกม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมากในพีดตอน 1 (161.3-163.6 มก.ต่อกม.) ส่วนพีดตอน 2, 3, 4, 5 และ 6 อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (8.5-50.1 มก.ต่อกม.) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (2.0-11.7 เซนติโมลต่อกม.) ส่วนดินล่างค่อนข้างต่ำ (6.1-8.7 เซนติโมลต่อกม.) ปริมาณต่างรวมที่สกัดได้ ดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ส่วนดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส พีดตอน 1, 2, และ 3 ดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (49.3-93.0%) ส่วนดินล่างอยู่ในระดับต่ำ (11.3-30.5%) พีดตอน 4, 5 และ 6 ดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (66.9-86.8%) ส่วนดินล่างอยู่ในระดับปานกลาง (54.8-62.0%) (Figure 3) (Table2)

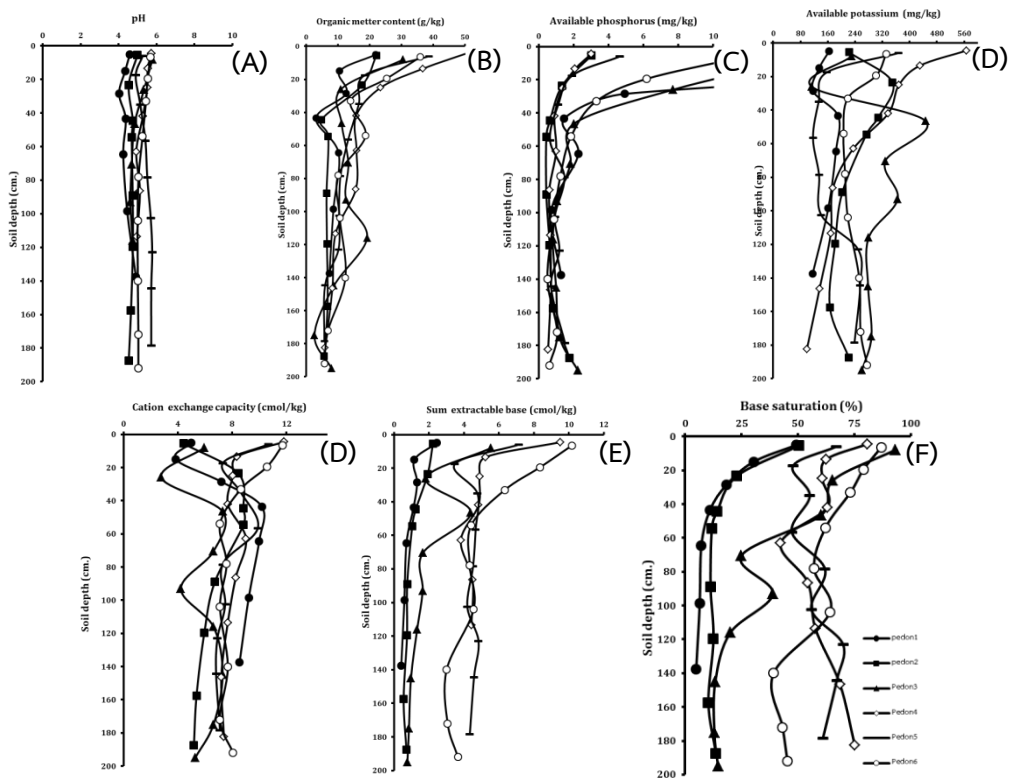


Figure 3 Distribution trend with depth some chemical properties in Litchi orchard soils

Table 2 Soil fertility assessment of Litchi orchard soils

Pedon	Horizons	Depth (cm)	OM ¹ (g/kg)	Avail. P ² (mg/kg)	Avail. K ³ (mg/kg)	CEC ⁴ (cmol/kg)	B.S. ⁵ (%)	Sum score	Soil of fertility rating
1	Topsoil ⁶	0-10	21.9 (3)	65.8 (5)	163.6 (5)	2.0 (1)	49.3 (3)	17	M
	Subsoil ⁷	10-118	9.2 (1)	4.6 (1)	161.3 (5)	8.7 (2)	11.3 (1)	10	ML
2	Topsoil	0-11	22.1 (3)	3.0 (1)	22.1 (1)	4.4 (1)	50.3 (4)	10	ML
	Subsoil	11-140	8.5 (1)	0.7 (1)	8.5 (1)	7.5 (2)	14.4 (1)	6	L
3	Topsoil	0-16	30.5 (4)	14.8 (3)	30.5 (2)	6.0 (2)	93.0 (5)	16	M
	Subsoil	16-189	11.1 (2)	2.0 (1)	11.1 (1)	6.1 (2)	30.5 (2)	8	ML
4	Topsoil	0-9	50.1 (5)	3.0 (1)	50.1 (2)	11.8 (3)	80.6 (5)	16	M
	Subsoil	9-203+	13.0 (2)	0.8 (1)	13.0 (1)	7.8 (2)	62.0 (4)	10	ML
5	Topsoil	0-12	38.7 (5)	4.6 (1)	38.7 (2)	10.7 (3)	66.9 (4)	15	M
	Subsoil	12-200+	10.3 (2)	1.2 (1)	10.3 (1)	7.6 (2)	59.3 (4)	10	ML
6	Topsoil	0-27	35.9 (5)	11.6 (3)	35.9 (2)	11.7 (3)	86.8 (5)	18	MH
	Subsoil	27-200+	12.6 (2)	1.5 (1)	12.6 (1)	7.7 (2)	54.8 (4)	10	ML

OM¹ = organic matter, Avail P² = available phosphorus, Avail K³ =available potassium, CEC⁴ = cation exchange capacity, B.S.⁵ = base saturation percentage, Topsoil⁶ = A horizon, Subsoil⁷ = B horizon, Sum of score from OM, Avail.P, Avail.K, CEC and B.S.: <7= low, 8-12= moderately low , 13-17 = medium, 18-22 = moderately high, >23 = high

(OM (g kg⁻¹): <10 = 1, 10-15 = 2, 15-25 = 3, 25-35 = 4, >35 = 5; Avail P (mg kg⁻¹): <6 = 1, 6-10 = 2, 10-15 = 3, 15-25 = 4, >25 = 5; Avail.K (mg kg⁻¹): <5 = 1, 5-10 = 2, 10-15 = 3, 15-20 = 4, >20 = 5; CEC (cmol kg⁻¹): <5 = 1, 5-10 = 2, 10-15 = 3, 15-20 = 4, >20 = 5; BS(%): <20 = 1, 20-35 = 2, 35-50 = 3, 50-75 = 4, >75 = 5)

L = low, ML =moderately low, M = medium, MH =moderately high

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดิน (Table2) โดยตัดแปลงจากเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) พบว่าดินที่ทำการศึกษา พีตอน 2 ดินบนมีระดับความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ พีตอน 1, 3, 4 และ 5 ดินบนมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และพีตอน 6 ดินบนมีระดับความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างพีตอน 2 มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนพีตอน 1, 3, 4, 5 และ 6 มีระดับความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ

การจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพดิน

จากการจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพดิน พบว่าพีตอน 1 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 4 เป็นชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากพบก้อนกรวดมาก (35-60%) ที่ระดับความลึกภายใน 25 ซม. จากผิวดิน และปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากภายในช่วงความลึก 100 ซม. พีตอน 2 และ 3 อยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 4 เป็นชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากพบก้อนกรวดมาก (35-60%) ที่ระดับความลึกภายใน 25 ซม. จากผิวดิน พีตอน 4 และ 5 อยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 3 เป็นชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง เนื่องจากพบก้อนกรวดมาก (35-60%) ที่ระดับความลึก

25-50 ซม. จากผิวดิน ส่วนพีตตอน 6 อยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 1 เป็นชั้นที่มีความเหมาะสมดีมาก เนื่องจากไม่ติดปัญหาในเรื่องข้อจำกัดที่นำมาพิจารณา และหากนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่ดิน (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2542) พบว่าพีตตอน 1, 2 และ 3 อยู่ในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) ส่วนพีตตอน 4, 5 และ 6 อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาดินในสวนลิ้นจี่ ทั้ง 6 บริเวณ ในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ผลวิเคราะห์คุณสมบัติดินจากช่วงชั้นควบคุมสามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน พบว่า พีตตอน 1, 2 และ 3 จัดอยู่ในอันดับดินอัลติซอลส์ (Ultisols) พีตตอน 4, 5 และ 6 จัดอยู่ในอันดับดินแอลฟิซอลส์ (Alfisols) การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ในดินบนของพีตตอน 6 มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูงสุด ในขณะที่ดินล่างพีตตอน 2 มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำที่สุด การจัดการดินและปุ๋ย พีตตอน 1, 2 และ 3 เนื่องจากมีปริมาณก้อนกรวดมาก หากจะปลูกใหม่ควรมีการขุดหลุมปลูก ขนาด 75*75*75 ซม. ควรหาหน้าดินมาคลุกกับปุ๋ยอินทรีย์ ดินที่เป็นกรดจัดมากหรือต่ำกว่า ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปฏิกิริยาดินให้เหมาะสมกับพืช การใส่ปุ๋ยควรใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือปุ๋ยสูตรอื่นที่มีธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกัน ปีละ 4 ครั้ง ในช่วง มกราคม พฤษภาคม สิงหาคม และตุลาคม สำหรับพีตตอน 4, 5 และ 6 การเตรียมหลุม ใส่ปุ๋ยสูตร 0-3-0 คลุกกับดินในหลุมปลูก การใส่ปุ๋ยควรใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-5-20 หรือปุ๋ยสูตรอื่นที่มีธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกัน ใส่ปีละ 3 ครั้งในช่วง เมษายน มิถุนายน และสิงหาคม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) การจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามศักยภาพดิน ตามคู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย พบว่าพีตตอน 1, 2 และ 3 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 4 ส่วนพีตตอน 4 และ 5 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 3 และพีตตอน 6 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 1 ซึ่งข้อจำกัดที่ส่งผลต่อความเหมาะสมของดินแต่ละพีตตอนคือ ระดับความลึกที่พบก้อนกรวดมาก (35-60%) หากนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่ดิน พบว่าพีตตอน 1, 2 และ 3 อยู่ในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) ส่วนพีตตอน 4, 5 และ 6 อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาศักยภาพดินในสวนลิ้นจี่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนถึงดินร่วนปนทรายในดินบน และดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียวในดินล่าง มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating) มีความลาดชัน 8-12% อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 475-580 เมตร พัฒนาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุค้ำจากหินแกรนิต จากผลวิเคราะห์สมบัติดินต่างๆ จากช่วงชั้นควบคุมพบว่าดินพีตตอน 1, 2 และ 3 จัดอยู่ในอันดับดินอัลติซอลส์ พีตตอน 4, 5 และ 6 จัดอยู่ในอันดับดินแอลฟิซอลส์ ความหนาแน่นรวมของดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างสูง พบก้อนกรวดมากในดินบนของพีตตอน 1, 2 และ 3 ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก ดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในดินบนของพีตตอน 6 มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูงสุด ในขณะที่ดินล่างพีตตอน 2 มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำที่สุด เมื่อจัดชั้นความเหมาะสมของดินพบว่า พีตตอน 1, 2 และ 3 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 4 ส่วนพีตตอน 4 และ 5 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 3 และพีตตอน 6 จัดอยู่

ในชั้นความเหมาะสมที่ 1 จากศักยภาพของดินแสดงให้เห็นว่าสมบัติดินที่แตกต่าง มีผลต่อความเหมาะสมของพืชในพื้นที่นั้นๆ จากข้อมูลสามารถนำข้อจำกัดมาประกอบการพิจารณาในการเลือกพื้นที่ปลูกและจัดการที่ดินให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกและมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของสวนลิ้นจี่ ที่เอื้อเฟื้อพื้นที่เพื่อใช้ในการดำเนินการ และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2542. **แผนที่ภูมิประเทศ** มาตรฐาน 1: 50,000 บ้านสันตันหม้อ (4848I) ลำดับชุด L7018. กรุงเทพฯ: กระทรวงกลาโหม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนที่ดอน**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. **แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่** มาตรฐาน 1: 50,000. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2542. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกที่ดิน. 2543. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 74 น.
- สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ. 2545. **ฐานข้อมูลพันธุ์พืช: ลิ้นจี่**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2558. **สถิติการปลูกพืช ปี 2557/2558**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.chiangmai.doae.go.th/reports/stat_plan/stat_plantproduction57-58.pdf (28 มีนาคม 2559).
- เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2547. **คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 182 น.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Washington D.C.: Soil Survey Invest. Rept. No. 42, Version 3.0. U. S. Dept. of Agr., U. S. Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2014. **Key to Soil Taxonomy**. 12nd ed. Washington D.C.: USDA-NRCS. 360 p.

ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการใต้ทรงพุ่มมะม่วง
อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี

Effect of Soil Amendment on Some Soil Chemical Properties
under Mango Canopies at Chaloe Phra Kiat District, Saraburi Province

สุทิพัทธ์ แซ่อย่าง* และจิราภรณ์ อินทสาร

Sutipat Saeyang* and Jiraporn Inthasan

สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: sang5401113335@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการใต้ทรงพุ่มมะม่วง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มลงในบล็อกอย่างสมบูรณ์ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม 2) ถ่านชีวภาพ อัตรา 10 กก./ต้น 3) มูลไก่ อัตรา 10 กก./ต้น 4) มูลวัว อัตรา 10 กก./ต้น 5) พัมมิช อัตรา 10 กก./ต้น และ 6) ทรายหยาบ อัตรา 10 กก./ต้น พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่ระยะเวลา 3 และ 6 เดือน พัมมิชมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลงทั้งดินระดับบน (0-15 ซม.) และระดับล่าง (15-30 ซม.) คือ 7.68 กับ 7.73 และ 7.85 กับ 7.80 ตามลำดับ ($P<0.01$) การใส่มูลไก่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับบนสูงขึ้นทั้งเดือนที่ 3 และ 6 คือ 1.49 และ 2.49% ตามลำดับ ($P<0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงที่สุดเมื่อมีการปรับปรุงดินด้วยมูลไก่ทั้งดินระดับบนและดินระดับล่าง โดยเฉพาะหลังจากใส่ 6 เดือน คือ 129 และ 68 มก./กก. ตามลำดับ ($P<0.01$) ขณะที่ถ่านชีวภาพทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 172 มก./กก. ในดินระดับบน ($P<0.05$) และ 97 มก./กก. ในดินระดับล่าง ตามลำดับ ($P<0.01$) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้หลังจากทำการใส่วัสดุปรับปรุงดินในเดือนที่ 3 และ 6 สูงที่สุดเมื่อมีการใส่พัมมิช ในดินระดับบนมีค่า 16,693 และ 14,741 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินระดับบนและดินระดับล่างสูงที่สุด เมื่อมีการใส่มูลไก่ คือ 1.55 และ 1.46 มก./กก. หลังใส่ 3 เดือน และ 9.43 และ 4.78 มก./กก. หลังใส่ 6 เดือน ตามลำดับ ($P<0.01$)

คำสำคัญ: วัสดุปรับปรุงดิน คุณสมบัติของดิน มะม่วง

Abstract

To study of soil amendment on some soil chemical properties under mango canopies at Chaloe Phra Kiat District, Saraburi Province was designed by Randomized Completely Block Design (RCBD) with 6 treatments, 4 replications: 1) control, 2) biochar 10 kg/tree, 3) chicken manure 10 kg/tree, 4) cow manure 10 kg/tree, 5) pumice 10 kg/tree and 6) coarse sand 10 kg/tree. The result

found that application of soil amendment at 3 and 6 months by pumice had decreased soil pH both in topsoil (0-15 cm) at 7.68 and 7.73 and subsoil (15-30 cm) at 7.85 and 7.80, respectively ($P<0.05$). Chicken manure caused the level of organic matter after applying at 3 and 6 months as 1.49 and 2.49% in topsoil respectively ($P<0.01$). Moreover, chicken manure could increase extractable P both in topsoil and subsoil, especially after addition as 6 months as 129 and 68 mg P/kg, respectively ($P<0.05$). On the other hand, it found that biochar provided the highest of extractable K at 172 mg K/kg (topsoil) ($P<0.05$) and 97 mg K/kg (subsoil), respectively ($P<0.01$). However, extractable Ca was increased by pumice application at 3 and 6 months in topsoil as 16,693 and 14,741 mg Ca/kg, respectively. Extractable Zn was shown the peak value in topsoil and subsoil at 1.55 and 1.46 mg Zn/kg after 3 months and 9.43 and 4.78 mg Zn/kg after 6 months apply by chicken manure ($P<0.01$).

Keywords: soil amendment, soil chemical properties, mango

คำนำ

วัสดุปรับปรุงดิน เป็นสารธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ใดๆ ใส่ลงดินแล้ว สามารถปรับปรุงสมบัติของดินให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชให้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการปรับปรุงทั้งสมบัติทางกายภาพ เคมี และความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือรวมทั้งสมบัติทางชีวภาพของดิน โดยวัสดุปรับปรุงดินประกอบด้วยรูปสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ (ปิยะ, 2553) วัสดุปรับปรุงดินในรูปสารอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ผลพลอยได้จากผลผลิตการเกษตร เช่น ฟืน แกลบดิบ ชี้เลื่อย ฟางข้าว และผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น สารชีวมีส กรดฮิวมิก และสารดูดน้ำพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เป็นต้น (Cooperband, 2002) สารปรับปรุงดินในรูปอนินทรีย์ ได้แก่ สารในรูปหินและแร่ต่างๆ เช่น หินโดโลไมต์ ยิปซัม แร่ซีโอไลต์ ฟอสเฟต รวมทั้งสารเคมีที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น สารซีโอไลต์สังเคราะห์ และฟอสฟอรัส เป็นต้น วัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติของดินให้มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยใช้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ Bouajila and Sanaa (2011) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกจากครัวเรือนช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์วัตถุ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน และยังสามารถเป็นการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาวได้ และ Angelova *et al.* (2013) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน เช่น EC, pH, อินทรีย์วัตถุ, ธาตุอาหารหลักและรองที่เพิ่มขึ้น และทำให้ระดับโลหะหนักในดินลดลง ส่วนการใช้วัสดุปรับปรุงดินรูปอนินทรีย์จากการศึกษาของ ฉลอง และคณะ (2557) ที่นำวัสดุอนินทรีย์รูปเพอไลต์ เบนทอนต์ ฟอสเฟต และยิปซัม สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ในระดับสูงถึงสูงมาก ส่งผลให้ชั้นทรายเป็นต่างลดลง และทำให้ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยทั่วไปพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกมะม่วงเป็นดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ไม่มีการขังน้ำ ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ความเป็นกรดต่างของดิน 5.5-7.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5% และปริมาณธาตุอาหารต้องครบต่อการเจริญเติบโตของมะม่วง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ซึ่งดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังกล่าวเป็นดินที่มีปัญหาทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น มีลักษณะการระบายน้ำเร็วและเกิดการ

แน่นที่บริเวณใต้ทรงพุ่ม จึงเป็นสาเหตุของความสนใจที่จะศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติของดินใต้ทรงพุ่มมะม่วง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสมบัติของดิน เพื่อนำมาสู่การจัดการดินอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการแนะนำให้เกษตรกรในพื้นที่สามารถปรับปรุงสมบัติของดิน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเพาะปลูกในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค่าผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติของดินใต้ทรงพุ่มมะม่วง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ทำการศึกษาในชุดดินตาคลี (Tk) พื้นที่ใช้ปลูกมะม่วง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ ตำบลเขาหินพัฒนา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มลงในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ประกอบด้วย 6 ตำรับ จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ตำรับที่ 1 ควบคุม (Control; C) ตำรับที่ 2 ถ่านชีวภาพ อัตรา 10 กก./ตัน (Biochar) ตำรับที่ 3 ปุ๋ยมูลไก่ (Chicken manure; CKM) อัตรา 10 กก./ตัน ตำรับที่ 4 ปุ๋ยมูลวัว (Cow manure; CM) อัตรา 10 กก./ตัน ตำรับที่ 5 พัมมิช (Pumice) อัตรา 10 กก./ตัน และตำรับที่ 6 ทรายหยาบ (Sand) อัตรา 10 กก./ตัน

การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนใส่วัสดุปรับปรุงดิน และที่ระยะเวลา 3 และ 6 เดือน หลังใส่วัสดุปรับปรุงดิน ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 ซม. ซึ่งทำการเก็บดินรอบใต้ทรงพุ่มมะม่วง 3 จุด จากนั้นนำดินมาคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วนำมาตากให้แห้งในที่ร่ม แล้วบดโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มม. จากนั้นทำวัดความเป็นกรด-ด่างของดินโดยวิธี pH meter อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (Wayne, 1980) วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินด้วยวิธีของ FAO (2008) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ โดยวิธี Bray II (Watanabe and Olsen, 1962) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ ด้วยน้ำยา Ammonium acetate pH 7 (NH_4OAc pH 7) ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้ ด้วยน้ำยา DTPA (Diethylene triamine pentaacetic acid) pH 7.3 แล้วอ่านด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Wayne, 1980) โดยมีสมบัติทางเคมีของวัสดุปรับปรุงดิน ดังต่อไปนี้ (Table1)

Table 1 The contents of biochar, chicken manure, cow manure, pumice and sand

Materials	Contents
Biochar	pH-10.15, 0.32 %N, 0.38 %P, 2.62 %K, 1.23 %CaO, 2.67 %MgO, 176 mg kg ⁻¹ Fe, 99 mg kg ⁻¹ Mn, 10 mg kg ⁻¹ Cu, 46 mg kg ⁻¹ Zn
Chicken manure	pH-7.89, 1.89 %N, 0.36 %P, 1.15 %K, 3.43 %CaO, 2.78 %MgO, 253 mg kg ⁻¹ Fe, 227 mg kg ⁻¹ Mn, 218 mg kg ⁻¹ Cu, 216 mg kg ⁻¹ Zn
Cow manure	pH-8.24, 1.26 %N, 0.51 %P, 1.12 %K, 2.43 %CaO, 2.00 %MgO, 239 mg kg ⁻¹ Fe, 249 mg kg ⁻¹ Mn, 38 mg kg ⁻¹ Cu, 119 mg kg ⁻¹ Zn

Table 1 (Continued)

Materials	Contents
Pumice	pH-7.33, 0.07 %N, 0.02 %P, 0.35 %K, 3.91 %CaO, 1.13 %MgO, 59.4 mg kg ⁻¹ Fe, 27.5 mg kg ⁻¹ Mn, 6.1 mg kg ⁻¹ Cu, 14.4 mg kg ⁻¹ Zn
Sand	pH-4.14, 0.04 %OM, 1.54 mg kg ⁻¹ P, 28.9 mg kg ⁻¹ K, 0.16 %CaO, 0.026 %MgO, 29 mg kg ⁻¹ Fe, 7 mg kg ⁻¹ Mn, 0.26 mg kg ⁻¹ Cu, 0.35 mg kg ⁻¹ Zn

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มลงในบล็อกอย่างสมบูรณ์ เมื่อพบความแตกต่างกันในทางสถิติจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธีจัดกลุ่มของสิ่งทดลอง (Least Significant Difference; LSD)

ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของดินก่อนทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนใส่วัสดุปรับปรุงดินที่ความลึก 0-15 ซม. พบว่าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คือ 8.00 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน คือ 1.41% ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน คือ 22.8 และ 76 มก./กก. ปริมาณธาตุอาหารรองในดิน ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน คือ 7,824 และ 491มก./กก. ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมในดิน ได้แก่ ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้ในดิน คือ 5.5, 7.5, 3.75 และ 0.98 มก./กก. ตามลำดับ

ส่วนดินที่ความลึก 15-30 ซม. พบว่าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คือ 8.07 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน คือ 0.75% ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน คือ 6.18 และ 39 มก./กก. ปริมาณธาตุอาหารรองในดิน ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน คือ 7,540 และ 317 มก./กก. ขณะที่ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้ คือ 5.7, 8.4, 3.38 และ 0.54 มก./กก. ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Soil chemical properties before soil amendment application

Soil depth (cm)	pH	OM (%)	mg kg ⁻¹							
			P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
0-15	8.00	1.41	22.8	76	7,824	491	5.5	7.5	3.75	0.98
15-30	8.07	0.75	6.18	39	7,540	317	5.7	8.4	3.38	0.54

สมบัติของหลังทำการทดลอง

สมบัติทางเคมีของดินหลังใส่วัสดุปรับปรุงดิน 3 เดือน

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินที่ความลึก 0-15 ซม. พบว่าค่ารับที่ใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงที่สุด คือ 8.21 ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับค่ารับอื่นๆ ยกเว้นค่ารับที่ใส่พืชมิมซีที่ทำให้ดินมีค่าความ

เป็นกรด-ด่างของดินต่ำที่สุด คือ 7.68 ($P < 0.01$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 1.35% ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 30.8 มก./กก. ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่มูลวัวและพัมมิช ($P < 0.01$) ส่วนตำรับที่ใส่ทรายหยาบมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุด คือ 5.3 มก./กก. ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 102 มก./กก. ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับควบคุม ถ่านชีวภาพ และมูลวัว ส่วนตำรับที่ใส่พัมมิชมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุด คือ 65 มก./กก. ($P < 0.05$) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 11,108 และ 199 มก./กก. ปริมาณเหล็ก ปริมาณทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 6.13, 3.51 และ 1.05 มก./กก. ปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 9.1 มก./กก. ($P < 0.05$)

ที่ความลึก 15-30 ซม. พบว่าตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงที่สุด คือ 8.25 ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับอื่นๆ ยกเว้นตำรับที่ใส่พัมมิชที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำที่สุด คือ 7.85 ($P < 0.01$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 0.93% ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 3.1 มก./กก. ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 51, 10,207 และ 110 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่สกัดได้ในดิน พบว่า ทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 6.13, 10.06, 3.49 และ 1.17 มก./กก. ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Soil chemical properties after add soil amendment applied at 3 months

Treatment	Topsoil (0-15 cm)									
	pH	OM (%)	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(----- mg kg ⁻¹ -----)									
Control	8.15 ^a	1.31	6.3 ^{bc}	85 ^{abc}	10,648	176	6.5	5.5 ^b	3.9	1.21
Biochar	8.21 ^a	1.29	9.9 ^b	88 ^{ab}	10,257	219	5.8	4.8 ^b	3.43	0.84
CKM	8.14 ^a	1.49	30.8 ^a	102 ^a	9,608	251	6.5	9.1 ^a	3.27	1.55
CM	8.12 ^a	1.43	18.7 ^{ab}	91 ^a	10,134	191	7.0	6.4 ^b	3.57	1.13
Pumice	7.68 ^b	1.44	18.0 ^{ab}	65 ^c	16,693	177	4.3	4.1 ^b	3.72	0.79
Sand	8.18 ^a	1.14	5.3 ^c	67 ^{bc}	9,305	177	6.7	5.3 ^b	3.22	0.76
mean	8.08	1.35	14.8	83	11,108	199	6.13	5.87	3.51	1.05
%CV	1.68	20.58	36.90	18.40	37.85	29.23	23.32	30.34	23.85	51.18
F-test	**	ns	**	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
Subsoil (15-30 cm)										
Control	8.16 ^a	0.87	2.7	44	11,123	84	7.0	9.6	3.83	1.44
Biochar	8.25 ^a	0.98	2.7	55	10,277	87	5.2	8.6	2.84	1.06
CKM	8.15 ^a	1.08	3.7	52	9,665	155	6.2	11.3	3.78	1.46
CM	8.15 ^a	0.86	2.9	50	10,030	121	5.5	10.8	3.45	0.98
Pumice	7.85 ^b	0.98	4.5	59	10,756	103	5.8	8.4	3.72	1.12
Sand	8.22 ^a	0.81	2.1	46	9,393	108	7.1	11.7	3.29	0.96

Table 3 (Continued)

Treatment	Topsoil (0-15 cm)									
	pH	OM (%)	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(----- mg kg ⁻¹ -----)									
mean	8.13	0.93	3.1	51	10,207	110	6.13	11.07	3.49	1.17
%CV	1.51	30.73	35.24	21.97	9.47	34.14	24.83	25.25	19.29	31.14
F-test	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Note: Means in the same column followed by different letters were significantly different by LSD, **=0.01, *=0.05 and ns=non significant

สมบัติทางเคมีของดินหลังใส่วัสดุปรับปรุงดิน 6 เดือน

ความลึก 0-15 ซม. พบว่าตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงที่สุด คือ 8.13 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับควบคุม มูลวัว และทรายหยาบ ส่วนตำรับที่ใส่ฟัสมิซทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำที่สุด คือ 7.73 ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่มูลไก่ ($P < 0.05$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด คือ 2.49% ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพ ส่วนตำรับที่ใส่มูลวัวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด คือ 1.43% ($P < 0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 129 มก./กก. ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับอื่นๆ ($P < 0.01$) ตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ 172 มก./กก. ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่มูลไก่ ส่วนตำรับที่ใส่ทรายหยาบมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำที่สุด คือ 56 มก./กก. ($P < 0.05$) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 13,126 มก./กก. ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ 293 มก./กก. ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับควบคุมและมูลไก่ ($P < 0.01$) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 8.58, 10.12 และ 4.87 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้สูงที่สุด คือ 9.43 มก./กก. ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ส่วนตำรับควบคุมมีปริมาณสังกะสีในดินต่ำที่สุด คือ 1.50 มก./กก. ($P < 0.01$) ตามลำดับ

สำหรับดินระดับล่าง พบว่าตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงที่สุด คือ 8.17 ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับอื่นๆ ยกเว้นตำรับที่ใส่ฟัสมิซที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำที่สุด คือ 7.80 ($P < 0.05$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด คือ 1.64% ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ขณะที่ตำรับควบคุมมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด คือ 0.94% ($P < 0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 68 มก./กก. ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่ทรายหยาบ ($P < 0.01$) ตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 97 มก./กก. ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับควบคุมและมูลไก่ ($P < 0.01$) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 13,030 มก./กก. ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่าตำรับที่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 149 มก./กก. ไม่มีความแตกต่าง

ในทางสถิติกับตำรับอื่น ยกเว้นตำรับที่ใส่ทรายหยาบที่มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำที่สุด คือ 73 มก./กก. ($P<0.05$) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงที่สกัดได้ พบว่าทุกตำรับไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย คือ 9.20, 11.63 และ 4.80 มก./กก ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ พบว่าตำรับที่ใส่มูลไก่มีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้สูงที่สุด คือ 4.78 มก./กก. ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ($P<0.01$) (Table 4)

Table 4 Soil chemical properties after add soil amendment applied at 6 months

Treatment	Topsoil (0-15 cm)									
	pH	OM (%)	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(----- mg kg ⁻¹ -----)									
Control	8.05 ^{ab}	1.47 ^b	40 ^b	95 ^b	13,165	260 ^{ab}	9.7	8.3	5.00	1.50 ^b
Biochar	8.13 ^a	2.07 ^{ab}	51 ^b	172 ^a	12,848	293 ^a	7.5	9.4	4.93	2.18 ^b
CKM	7.88 ^{bc}	2.49 ^a	129 ^a	154 ^a	12,285	266 ^{ab}	9.1	11.9	4.85	9.43 ^a
CM	8.00 ^{ab}	1.43 ^b	39 ^b	82 ^{bc}	13,020	177 ^{bc}	9.1	12.3	4.15	3.08 ^b
Pumice	7.73 ^c	1.63 ^b	32 ^b	58 ^c	14,741	148 ^b	7.7	10.6	4.85	2.08 ^b
Sand	8.09 ^{ab}	1.71 ^b	44 ^b	56 ^c	12,698	146 ^b	8.4	8.2	5.43	2.03 ^b
mean	7.98	1.80	55.8	103	13,126	215	8.58	10.12	4.87	3.38
%CV	1.77	24.71	26.48	21.72	13.13	27.37	23.81	34.67	39.50	28.64
F-test	*	*	**	*	ns	**	ns	ns	ns	**
	Subsoil (15-30 cm)									
Control	8.06 ^a	0.94 ^b	9 ^b	72 ^{ab}	14,150	141 ^a	9.7	9.3 ^{ab}	5.10 ^{ab}	1.20 ^b
Biochar	8.17 ^a	1.25 ^b	16 ^b	97 ^a	12,826	149 ^a	8.7	11.9 ^{ab}	5.35 ^{ab}	1.72 ^b
CKM	8.01 ^a	1.64 ^a	68 ^a	92 ^a	12,552	148 ^a	9.8	13.4 ^a	5.58 ^a	4.78 ^a
CM	8.09 ^a	1.08 ^b	16 ^b	55 ^b	12,151	101 ^{ab}	8.5	13.5 ^a	3.20 ^b	1.83 ^b
Pumice	7.80 ^b	1.27 ^b	14 ^b	49 ^b	13,924	104 ^{ab}	8.9	12.8 ^{ab}	5.13 ^{ab}	1.80 ^b
Sand	8.07 ^a	1.24 ^b	31 ^{ab}	43 ^b	12,580	73 ^b	9.6	8.9 ^b	4.45 ^{ab}	1.65 ^b
mean	8.03	1.24	25.7	68	13,030	119	9.20	11.63	4.80	2.16
%CV	1.52	18.67	46.75	24.26	7.88	31.69	17.50	24.32	32.78	25.60
F-test	*	*	**	**	ns	*	ns	ns	ns	**

Note: Means in the same column followed by different letters were significantly different by LSD, **=0.01, *=0.05 and ns=non significant

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการในช่วงระยะเวลา 3 และ 6 เดือน พบว่า หลังการใส่ถ่านชีวภาพที่ระยะ 3 และ 6 เดือน มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ

โสรภินา และคณะ (2560) ที่ทำการศึกษาระสิทธิภาพของถ่านชีวภาพต่อการปรับปรุงค่าความเป็นกรด-ด่าง และเพิ่มธาตุอาหารพืช ในระบบวนเกษตรไม้ผล พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพในอัตรา 20 กก./ตัน ช่วยทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.05 เมื่อเปรียบเทียบกับควบคุมและที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ Si *et al.* (2018) ทำการศึกษาผลของถ่านชีวภาพในระยะสั้นต่อสมบัติของดินในนาข้าวเขตหนาว พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินสามารถทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากทำการใส่มูลไก่ที่ระยะ 3 เดือน ทำให้ดินที่ระดับบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นมากที่สุด และที่ระยะ 6 เดือน การใส่มูลไก่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ayeni and Adetunji (2010) ทำการศึกษาในปี 2005 และ 2006 เขตป่าฝนทางตะวันออกเฉียงใต้ของไนจีเรีย พบว่าการใส่มูลไก่ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กในดินเพิ่มขึ้น และ Ewulo *et al.* (2008) พบว่าการใส่มูลไก่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ถ่านชีวภาพ 6 เดือน มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Ullah *et al.* (2018) ทำการศึกษาผลของถ่านชีวภาพต่อสมบัติทางเคมีของดินในช่วงเวลาแตกต่างกัน พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพ 10 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น 10.7% หลังใส่ 120 วัน และ 10.3% หลังใส่ 60 วัน แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของจาวา และคณะ (2560) ที่ทำการศึกษาด้านชีวภาพต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม (ในสภาพกระถาง) พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง สำหรับการใส่มูลไก่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงที่สุด สอดคล้องกับ Agbede *et al.* (2008) ศึกษาผลของมูลสัตว์ต่อสมบัติทางเคมีของดินในป่าสะวันนา เขตตะวันออกเฉียงใต้ของไนจีเรีย พบว่า การใส่มูลสัตว์ปีกช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารในดินอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งการใส่วัสดุปรับปรุงดินในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ช่วยทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลักและเสริมในดินเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง หลังจากที่ใช้พืชมิซทั้ง 3 และ 6 เดือน การใส่ถ่านชีวภาพและมูลไก่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังใส่ที่ระยะ 6 เดือน และการใส่มูลไก่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นสูงกว่าตัวรับอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ ตำบลเขาหินพัฒนา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี และมูลนิธิชัยพัฒนาที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. **องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสู่การเป็น smart office ไม้ผลไม้ยืนต้น**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 54 น.
- จาวภา มะนาวนอก สันติไมตรี ก้อนคำดี เกษสุดา เดชภิมล วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพิณิจ และดรฤณี โชติชูชัยยางกูร. 2560. ถ่านชีวภาพ: ผลต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม (การทดสอบในสภาพกระถาง). **แก่นเกษตร** 45(2): 209-220.
- ฉลอง นามทิพย์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ศุภิมา ธนะจิตต์ และสรารุณี รุ่งเมฆารัตน์. 2557. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นและการเจริญเติบโตของหญ้านวลน้อยบนแฟร์เวย์ สนามกอล์ฟ บางปูคันทรีคลับ. **แก่นเกษตร** 42(1): 25-38.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. **สารปรับปรุงดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256 น.
- โสภิญญา นันดา จันท์เพ็ญ ชุมแสง และนงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2560. ประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพต่อการปรับปรุงค่าความเป็นกรด-ด่าง และเพิ่มธาตุอาหารพืช ในระบบวนเกษตรไม้ผล. น. 2517-2528.
- ใน รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17.**
- Agbede, T.M., S.O. Ojeniyi and A.J. Adeyemo. 2008. Effect of Poultry Manure on Soil Physical and Chemical Properties, Growth and Grain Yield of Sorghum in Southwest, Nigeria. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture** 2(1): 72-77.
- Angelova, V.R., V.I. Akova, N.S. Artinova and K.I. Ivanov. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. **bulgarian Journal of Agricultural Science** 19(5): 958-971.
- Ayeni, L.S. and M.T. Adetunji. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. **Nature and Science** 8(1): 60-67.
- Bouajila, K. and M. Sanaa. 2011. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological. **Journal of Materials and Environmental Science** 2(S1): 485-490.
- Cooperband, L. 2002. **Building Soil Organic Matter with Organic Amendments: A resource for urban and rural gardeners, small farmers, turfgrass managers and large-scale producers** Center for Integrated Agricultural Systems. 16 p.
- Ewulo, B.S., S.O. Ojeniyi and D.A. Akanni. 2008. Effect of poultry manure on selected soil physical and chemical properties, growth, yield and nutrient status of tomato. **African Journal of Agricultural Research** 3(9): 612-616.
- FAO. 2008. **FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin**. Rome, Italy: FAO. 220 p.
- Si, L., Y. Xie, Q. Ma and L. Wu. 2018. The short-term effects of rice straw biochar, nitrogen and phosphorus fertilizer on rice yield and soil properties in a cold waterlogged paddy field. **Sustainability** 2018 10(537): 17.

- Ullah, Z., A.Z. Jamali, M. Ali, B. Khan, S. Yousaf and T. Ziad. 2018. Effects of biochar on soil chemical properties in relation at different intervals. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)** 12(5): 272-277.
- Watanabe, F.S. and S.R., Olsen. 1962. Calorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. **Soil Science** 93: 183-188.
- Wayne, E.S. 1980. **Handbook on Reference Method for Soil Testing**. Council on Soil Testing and Plant Analysis Ed. Athens: University of Georgia. 130 p.

ผลกระทบของการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในดินปลูกข้าว
ต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสมบัติบางประการของดิน
เมื่อเปรียบเทียบกับจัดการน้ำแบบขังน้ำ

The Effects of Biochar in Combination with Alternate Wetting
and Drying Water Management in Paddy Soil on Greenhouse Gas Emissions
and Some Soil Properties When Compared with Waterlogging Management

ชฎาภา ไจหมั่น^{1*} ศุภธิดา อ่ำทอง¹ ทวี ชัยพิมลพลิน² และชาคริต โชติอมรศักดิ์²
Chadapa Jaimun^{1*}, Suphathida Aumtong¹, Tawe Chaipimonplin² and Chakrit Chotamonsak²

¹สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: miaw_831forever@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) และแบบขังน้ำ (WL) ในดินปลูกข้าวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และสมบัติบางประการของดิน ทำการทดลองปลูกข้าวในกระถางใช้ดินร่วนเหนียวปนทราย โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD (4 ขั้ว) ผลการทดลองพบว่า การจัดการน้ำแบบ AWD ให้ผลดีว่าการจัดการน้ำแบบ WL ในเรื่องของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินภายใต้การปลูกข้าว โดยมีการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 29.41 g CO₂ m⁻² d⁻¹ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ที่มีค่า 56.11 g CO₂ m⁻² d⁻¹ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนการปลดปล่อย CH₄ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีการจัดการน้ำแบบ AWD ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามปริมาณความต้องการธาตุอาหารของข้าวและถ่านชีวภาพในอัตรา 100% จะมีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ ออกมาในปริมาณที่ต่ำที่สุดคือ 0.09 g CH₄ m⁻² d⁻¹ และ 1.15 g CO₂ m⁻² d⁻¹ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อีกทั้งการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งร่วมกับการใช้ถ่านชีวภาพ ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ทั้งค่า pH และ NH₄⁺ ที่เพิ่มขึ้น และ %OM, Available P, Exchangeable K, Ca และ Mg ที่ลดลงจากดินก่อนการทดลอง จึงสรุปได้ว่าการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินภายใต้การปลูกข้าว และยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดการใช้น้ำในการปลูกข้าว และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

คำสำคัญ: ดินปลูกข้าว การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ถ่านชีวภาพ ก๊าซเรือนกระจก สมบัติของดิน

Abstract

This research, which was aimed to study the effect(s) of using biochar in combination with Alternative Wetting and Drying water management (AWD) system when compared with Water Logging management (WL) system in paddy soil on the quantity of greenhouse gas emission (CH_4 , and CO_2) and on some soil properties, was conducted in experimental rice pots using mixed clay and sand soil. Factorial in RCBD with 4 replications was used. Results of the study showed that AWD management was better than WL in terms of reduced greenhouse gas emission under rice cultivation. CO_2 gas emission was equivalent to $29.41 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ which was lower than in WL ($56.11 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) on a high statistical significance ($P < 0.01$), but CH_4 gas emission showed no significant difference. When AWD management was combined with application of chemical fertilizer based on the nutritional needs of rice together with biochar at a 100% rate, CH_4 and CO_2 gas emission were at the lowest amount ($0.09 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ and $1.15 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) with a high significance in statistical difference ($P < 0.05$). In addition, a combination of AWD management and use of biochar was found to cause changes in soil chemical properties in terms of increased pH and NH_4^+ decreased %OM, Available P, Exchangeable K, Ca and Mg as compared to the amounts prior to the experiment. In summary, therefore, the use of biochar in combination with AWD management could assist in the reduction of greenhouse gas emission from paddy soil and also resulted in the changes in some soil properties. These could be used as a guideline in reducing the amount of water applied to rice plants and greenhouse gas emission during climatic changes.

Keywords: paddy soil, alternate wetting and drying water management, biochar, greenhouse gases, soil properties

คำนำ

ประเทศในเอเชียเขตร้อน รวมทั้งประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของโลก เนื่องจากมีปัจจัยที่เหมาะสมหลายประการไม่ว่าจะเป็นสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ดิน เป็นต้น ซึ่งดินที่ใช้ปลูกข้าว (Paddy soils) จึงมีความสำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวถ้าดินนั้นมีความอุดมสมบูรณ์สูง อีกทั้งการจัดการน้ำที่เหมาะสมก็เป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกข้าว แต่การปลูกข้าวนั้นจะต้องใช้น้ำมากกว่าธัญพืชชนิดอื่นๆ ประมาณ 2-3 เท่า จึงมักมีการขังน้ำในแปลงนา การขังน้ำนี้เป็นแหล่งตั้งต้นของการสะสมคาร์บอนที่สำคัญต่อการผลิตก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ในนาข้าว โดยในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกหลักๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate wetting and drying management; AWD) เป็นวิธีหนึ่งทีนอกจากจะลดปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวแล้ว ยังสามารถลดการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจาก

กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มักพบในดินน้ำขังซึ่งเป็นสาเหตุของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในดินปลูกข้าวได้ (ศุภธิดา, 2560)

ถ่านชีวภาพ (Biochar) เป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน ผลิตจากมวลชีวภาพ (Biomass) ที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น เหมืองแร่สำหรับพลังงาน ฟางข้าว แกลบ ชังข้าวโพดและกิ่งไม้ เป็นต้น ผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนโดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก (Pyrolysis) ถ่านชีวภาพช่วยปรับสภาพดินมีสถานะเป็นประจุลบอยู่บนพื้นผิว จึงทำให้สามารถดูดซับหรือจับธาตุอาหารที่เป็นบวกได้ดี อีกทั้งมีพื้นที่ผิวภายในสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิในการเผา นอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังมีความคงตัวสูงและทำให้ถูกย่อยสลายได้ยาก จึงเป็นวัสดุที่สามารถช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาว่าถ่านชีวภาพมีความสามารถลดการเกิดก๊าซชนิดต่างๆ เช่น CO_2 และ CH_4 ที่เป็นสาเหตุของภาวะเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อลดการปลดปล่อย CO_2 และ CH_4 จากดิน

ปัจจุบันมีการจัดการทางการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate smart agriculture) ซึ่งเป็นการจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อลดการปลดปล่อย CO_2 และ CH_4 จากดิน อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Kuhlbusch and Crutzen, 1995) ควรนำมาปรับใช้สำหรับดินภายใต้การเกษตรโดยเฉพาะดินปลูกข้าว ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในดินปลูกข้าวที่ส่งผลต่อคุณสมบัติดินและการปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินปลูกข้าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in RCBD (4 ซ้ำ) ประกอบด้วย factor A คือ ระบบการจัดการน้ำในการปลูกข้าว 2 ระบบ ได้แก่ การขังน้ำ (Waterlogging: WL) และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate wetting and drying: AWD) factor B คือ การใส่ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพ 4 ตำรับ ได้แก่ ตำรับที่ 1 ไม่มี การใส่=ชุดควบคุม (control) ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมี 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน (CF100%) ตำรับที่ 3 ปุ๋ยเคมี 50% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% (CF50%+BC100%) และตำรับที่ 4 ปุ๋ยเคมี 100% และถ่านชีวภาพ 100% (CF100%+BC100%) ดำเนินการโดยปลูกข้าวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 ในกระถางขนาด 20x25 ซม. โดยใช้ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) น้ำหนัก 7 กก. โดย CF หมายถึงปริมาณของธาตุอาหารที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าว 1,000 กก./ไร่ (Witt and Haefele, 2005 อ้างโดย ศุภธิดา, 2560) สำหรับอัตราของถ่านชีวภาพ (Biochar: BC) ใส่เท่ากับ 1000 กก./ไร่ (BC100%)

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่ไม่ผ่านการทำการเกษตรระดับความลึก 0-15 ซม. ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.00 มม. ชั่งดินกระถางละ 7 กก. จากนั้นขังน้ำไว้ 3 วันก่อนที่จะปลูกข้าว สำหรับการปลูกข้าวมีเพาะเมล็ดข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 โดยใช้ถาดเพราะกล้า เมื่อต้นข้าวอายุ 10 วัน จึงย้ายต้นกล้ามาปลูกลงในกระถางที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และการใส่ปุ๋ยนั้น ได้ใส่ปุ๋ยเคมีตามปริมาณของธาตุอาหารที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าว 1,000 กก./ไร่ โดยมีรายละเอียดดังนี้ Urea 46-0-0 อัตรา 35 กก./ไร่ Triple Superphosphate 0-46-0 อัตรา 12 กก./ไร่ Potassium Chloride 0-0-60 อัตรา 35 กก./ไร่ โดยแบ่งใส่ 46-0-0 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย ระยะข้าวเริ่มแตกกอเมื่อข้าวอายุ 30 วัน และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยในระยะข้าวเริ่มตั้งท้องเมื่อข้าวอายุ 60 วัน สำหรับการให้น้ำ มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำ

(WL) ซึ่งมีการขังน้ำให้สูงเหนือผิวดิน 5 ซม. ขังน้ำไว้ตลอดจนต้นข้าวจนถึงระยะสุกแก่จึงหยุดการขังน้ำ ส่วนการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) เริ่มดำเนินการเมื่อข้าวอายุระหว่าง 35-70 วัน โดยเริ่มขังน้ำเหนือผิวดิน 5 ซม. เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นหยุดการให้น้ำ 7 วัน (ใช้เวลาประมาณ 7 วันต่อหนึ่งวงรอบการขังน้ำจนความชื้นลดลง) แล้วจึงมีการให้น้ำในสภาพน้ำขังอีกครั้ง ทำเช่นนั้นจนข้าวมีอายุ 70 วัน ซึ่งได้จำนวน 5 วงรอบของเปียกสลับแห้ง จากนั้นจึงให้น้ำแบบขังน้ำตลอดเวลาจนต้นข้าวใกล้สุกแก่ การทดลองทั้งหมดนี้ดำเนินการระหว่างวันที่ 22 มกราคม ถึง วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2561

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านชีวภาพ การเตรียมถ่านชีวภาพที่ผลิตจากแกลบหรือเปลือกข้าว (Rice Husk) โดยใช้กระบวนการเผาไหม้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิในการเผา 350-600^oซ. เเผาโดยระบบปิดใช้เวลาในการเผา 1-2 ชั่วโมง การนำถ่านชีวภาพมาใช้นั้นจะนำถ่านชีวภาพมาบดให้มีขนาดเล็กและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.25 มม. สำหรับสมบัติของถ่านชีวภาพที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีสมบัติดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.79 ความหนาแน่นรวม 0.58 กรัม/ลบ.ซม ค่าการนำไฟฟ้า 0.22 มิลลิซีเมนต์/ซม. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่า 166.97, 77.85, 14.83 และ 10.36 มก./กก. ตามลำดับ

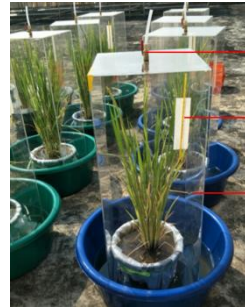
การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังการปลูกข้าวเมื่อข้าวมีอายุครบ 110 วัน ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. โดยใช้หลอดเก็บดิน ทำให้แห้งโดยตากไว้ในที่ร่ม (air-dried) แล้วจึงนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. และ 2.0 มม. จากนั้นจึงนำดินที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ เนื้อดิน (soil texture) โดยวิธี Hydrometer method (นงลักษณ์, 2548) ปฏิกริยาของดิน (soil pH, soil: H₂O 1:1) โดยใช้ pH meter (Mc Lean, 1982) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter: %OM) โดยวิธี dichromate oxidation (Walkley and Black, 1934) ปริมาณแอมโมเนียมในดิน (NH₄⁺) และไนเตรท (NO₃⁻) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P.) วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย Bray II แล้วนำไปพัฒนาสีโดยวิธีของ Murphy-Riley และอ่านค่าด้วย Spectrophotometer (Watanabe and Olsen, 1962) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca และ Mg) โดยวิธี atomic absorption spectrophotometer (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2555)

การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ เก็บตัวอย่างก๊าซในช่วงของข้าวเจริญเติบโตในระยะสุกแก่ อายุ 100 วัน ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 09:00-12:20 น. โดยยกกระถางข้าวใส่ถาดรองและเติมน้ำสูง 10 ซม. จากนั้นนำกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ (Acrylic) มาครอบต้นข้าวพร้อมทั้งเปิดก๊อกด้านบนกล่องเก็บตัวอย่างออกเพื่อไล่อากาศ ปิดก๊อกพร้อมทั้งจับเวลาแล้วจึงเริ่มเก็บตัวอย่างในนาที่ที่ 20 หลังจากครอบกล่องเก็บตัวอย่าง โดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 22 ดูดตัวอย่างอากาศออกจากกล่องเก็บตัวอย่าง และบรรจุตัวอย่างอากาศในขวดเก็บตัวอย่างที่มีสภาพเป็นสุญญากาศ โดยมีการวัดอุณหภูมิภายในกล่องเก็บตัวอย่าง นำก๊าซที่เก็บได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเรือนกระจก คือ CO₂, CH₄ ที่ถูกปลดปล่อยมาจากดิน โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC) และคำนวณหาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission potential, E) โดยใช้วิธีการของ Saenjan *et al.* (2015) ด้วยสมการ

$$E = \{C \times V_b \times (M_w/M_v) \times 273.2 / (273.2 + T)\} \times (1000/5)$$

เมื่อ E = การปลดปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ (gCH₄m⁻²d⁻¹ และ gCO₂m⁻²d⁻¹)
Mw = น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ CH₄ 16.123 g mole⁻¹ และ CO₂ 44.01 g mole⁻¹

- C = ความเข้มข้นของก๊าซ CH₄ (μmole mole⁻¹)
 Vb = ปริมาตรของช่องว่างในกล่องเก็บก๊าซ (m²)
 Mv = ปริมาตรโมเลกุลของก๊าซ CH₄ และ CO₂ 22.41×10⁻³ m³
 T = อุณหภูมิ (°ซ.)



Valve
 Thermometer
 Chamber (Acrylic)

Figure 1 Gas sampling for experiment.

ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ถือว่ามีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะที่ใช้เพาะปลูกพืช ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของดินก่อนการทดลอง แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Soil chemical properties before experiment.

Soil	pH	%OM	Avail P.	K.	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
Sandy Clay Loam	6.96	2.29	31.68	88.63	1701.80	73.67	7.35	7.84

ผลการปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์จากดินปลูกข้าว

การปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ของดินปลูกข้าวในระยะสุกแก่ อายุข้าว 100 วัน พบว่า การจัดการน้ำแบบ AWD มีผลทำให้การปลดปล่อย CO₂ มีค่า 29.41 g CO₂m⁻²d⁻¹ ซึ่งต่ำกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ที่มีค่า 56.11 g CO₂m⁻²d⁻¹ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนการปลดปล่อย CH₄ พบว่าการจัดการน้ำทั้ง 2 แบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการจัดการน้ำทั้ง 2 รูปแบบ ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพ พบว่า ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 100% ร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 100% มีการปลดปล่อย CH₄ เท่ากับ 0.19 g CH₄m⁻²d⁻¹ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าทุกตำรับทดลองและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% โดยไม่ใส่ถ่านชีวภาพเลย มีการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 18.75 g CO₂m⁻²d⁻¹ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด แต่เมื่อใส่ร่วมกับถ่านชีวภาพกลับเพิ่มเป็น 31.13 CO₂m⁻²d⁻¹ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพ พบว่า การปลดปล่อย CH₄ ในระบบการจัดการน้ำแบบ AWD ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 100% ร่วมกับ

ถ่านชีวภาพในอัตรา 100% มีค่าการปลดปล่อยต่ำที่สุด คือ $0.09 \text{ g CH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ส่วนการปลดปล่อย CO_2 ในระบบการจัดการน้ำแบบ AWD ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 100% ร่วมกับถ่านชีวภาพในอัตรา 100% มีค่าการปลดปล่อยต่ำที่สุด คือ $1.15 \text{ g CO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 2)

สมบัติทางเคมีของดินหลังการปลูกข้าว

การจัดการน้ำมีผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน โดยพบว่า การจัดการน้ำ แบบ WL มีผลทำให้ค่า pH, %OM Exchangeable K, Ca และ Mg มีปริมาณสูงกว่า การจัดการน้ำแบบ AWD และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ขณะที่การจัดการน้ำแบบ AWD มีปริมาณ Available P, NH_4^+ และ NO_3^- มีปริมาณสูงกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ส่วนการจัดการน้ำทั้งสองรูปแบบ ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่ 100% มีค่า pH เท่ากับ 7.43 ซึ่งสูงที่สุด %OM, Available P, Exchangeable K, และ NO_3^- ของทั้ง 4 ดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนดำรับที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี 100% ร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% มีค่า Exchangeable K, Ca และ Mg สูงที่สุด มีค่า 38.42 1155.0 และ 184.16 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และดำรับที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% มีค่า %OM เท่ากับ 2.03 และ NH_4^+ 22.66 มก./กก. ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในทุกดำรับทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพ พบว่าการจัดการน้ำแบบ WL ที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100% มีค่า pH เท่ากับ 7.58 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด และพบว่าการจัดการน้ำแบบ AWD ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% มีค่า pH เท่ากับ 7.01 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด ส่วน %OM พบว่าการจัดการน้ำแบบ WL มี %OM สูงกว่าการจัดการน้ำแบบ AWD ทุกดำรับทดลองและการจัดการน้ำแบบ AWD ดำรับที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี 100% มี %OM ต่ำที่สุด คือ 0.70% ขณะที่ Available P. พบว่าการจัดการน้ำแบบ AWD มีค่า Available P. สูงกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ทุกดำรับทดลอง ส่วน Exchangeable K, Ca และ Mg พบว่าการจัดการน้ำแบบ WL มีปริมาณสูงกว่าการจัดการน้ำแบบ AWD ทุกดำรับทดลอง ซึ่งดำรับที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี 100% ร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% มี Exchangeable K, Ca และ Mg สูงที่สุด คือ 53.82 2,190.2 และ 331.38 มก./กก. ตามลำดับ ส่วน NH_4^+ และ NO_3^- ในดินพบว่า ในการจัดการน้ำแบบ AWD มีค่า NH_4^+ และ NO_3^- สูงกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ทุกดำรับทดลอง ซึ่งในดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 100% จะมีค่า NH_4^+ 29.25 มก./กก. ซึ่งสูงที่สุด และดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 100% ร่วมกับถ่านชีวภาพ 100% จะมี NO_3^- สูงที่สุด ซึ่งมีค่า 6.64 มก./กก. และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 2)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของถ่านชีวภาพและการจัดการน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์

การทดลองนี้พบว่าการจัดการน้ำรวมกับการใช้ถ่านชีวภาพ ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 ในดิน โดยการจัดการน้ำแบบ AWD ให้ผลดีกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ในเรื่องของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินภายใต้การปลูกข้าว ซึ่งการจัดการน้ำแบบ AWD ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับถ่านชีวภาพในอัตรา 100% มีการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 และ CO_2 คือ $0.09 \text{ g CH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ และ $1.15 \text{ g CO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีสมบัติเป็นคาร์บอนที่มีความเสถียรสูง (Wu *et al.*, 2016) มีพื้นที่ผิวเป็นรูพรุนช่วยดูดซับธาตุอาหารและกักเก็บคาร์บอนตัดวงจรการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ สอดคล้องกับพัชรี และคณะ (2558) ที่ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพยูคาลิปตัสและฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า การใช้ถ่านชีวภาพ

อัตรา 1-4 ตันต่อไร่ ทำให้ปริมาณการปล่อย CH_4CO_2 และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ จากการผลิตข้าวลดลงเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม ส่วนรุ่งทิพย์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานที่มีการจัดการน้ำและวัชพืชต่างกัน พบว่า การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนน้อยสุดเฉลี่ย $129.46 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ส่วนการขังน้ำตลอดเวลาส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด เฉลี่ย $237.99 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ซึ่งถ้าพิจารณาในเรื่องของการขังน้ำและไม่ขังน้ำ CH_4 และ CO_2 เป็นผลผลิตคาร์บอนตัวสุดท้ายที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ขาด O_2 ในสภาพดินน้ำขังจุลินทรีย์จะใช้ NO_3^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และใช้ CO_2 เป็นแหล่งคาร์บอนควบคู่ในการออกซิไดซ์สารอาหารเปลี่ยนเป็นก๊าซ CH_4 จึงทำให้ดินที่มีการขังน้ำจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าดินที่ไม่มีการขังน้ำ นอกจากนี้การปลดปล่อย CO_2 ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศภายใต้สภาพการขังน้ำอาจมาจากหลายทาง เช่น กระบวนการหายใจของพืช และกระบวนการปลดปล่อยจากดินโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่ม methanogenic bacteria (ศุภธิดา, 2560) แต่จะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับระดับอินทรีย์วัตถุในดินนั้น ส่วนการเกิดก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวเกิดได้ 3 ทาง คือโดยการแพร่ผ่านชั้นน้ำ และฟองอากาศในปริมาณเล็กน้อยแต่การปล่อยก๊าซส่วนใหญ่หรือประมาณ 80% เกิดขึ้นผ่านทางต้นข้าวและข้าวที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตเต็มที่ กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินได้รับสารคาร์บอนจากสารค้ำหลังของรากข้าวจึงเกิดการส่งเสริมกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (methanogenesis) มากขึ้น (พัชรี และคณะ, 2557)

Table 2 Soil chemical properties after experiment and greenhouse gas emissions from soil under various soil and water managements at age of rice 100 day (at ripening period)

Treatment	Soil chemical properties							Gases emission		
	pH	%OM	Avail. P.	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	CH ₄	CO ₂
	mg/kg							(gCH ₄ m ⁻² d ⁻¹)	(gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹)	
A: Water (n=16)										
WL	7.49a	3.03a	15.65b	50.74a	1740.2a	266.70a	12.66b	1.99b	0.31a	56.11a
AWD	7.16b	0.86b	24.49a	24.46b	113.8b	45.92b	24.87a	6.08a	0.25a	29.41b
F-test A	**	**	**	**	**	**	*	**	ns	**
B: Fertilizer and Biochar (n=4)										
Control	7.31b	1.82a	23.21a	37.31a	830.7b	158.09ab	11.95b	3.92a	0.34a	73.44a
CF 100%	7.43a	1.82a	19.30a	37.17a	885.7b	143.31ab	18.60ab	4.21a	0.37a	18.75d
CF 50%+BC 100%	7.26b	2.03a	18.96a	37.51a	836.8b	139.69b	22.66a	3.66a	0.21b	47.72b
CF 100%+BC100%	7.30b	1.99a	18.81a	38.42a	1155.0a	184.16a	21.84a	4.37a	0.19b	31.13c
F-test B	*	ns	ns	ns	*	*	*	ns	*	**
AxB (n=4)										
WL Control	7.32bc	2.94a	17.06cde	49.80a	1,570.8b	245.88b	4.66c	2.05b	0.30a	81.87a
WL CF 100%	7.58a	2.94a	15.54de	50.94a	1,660.8b	242.31b	7.95bc	1.93b	0.35a	8.55g
WL CF50%+BC100%	7.47ab	3.15a	13.19e	48.41a	1,539.1b	247.25b	19.25ab	1.91b	0.30a	72.91b
WL CF100%+BC100%	7.58a	3.11a	16.80cde	53.82a	2,190.2a	331.38a	18.78ab	2.10b	0.29ab	61.12d
AWD Control	7.30c	0.95b	29.35a	24.82b	90.6c	70.31c	19.25ab	0.18c	0.38a	65.01c
AWD CF 100%	7.28c	0.70b	23.06abc	23.40b	110.5c	44.31c	29.25a	0.82b	0.40a	28.95e
AWD CF50%+BC100%	7.05d	0.91b	24.73ab	26.60b	134.5c	32.13c	26.07a	1.00ab	0.11bc	22.54f
AWD CF100%+BC100%	7.01d	0.87b	20.82bcd	23.02b	119.7c	36.94c	24.90a	0.97ab	0.09c	1.15h
F-test AxB	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
CV (%)	1.54	23.74	22.53	13.75	22.56	25.73	43.98	26.36	38.08	0.25

CF, chemical fertilizer; BC, biochar; WL, Waterlogging; AWD, Alternate wetting and drying

Different letters in a column indicate significance difference among treatment. ns = no significant; * P < 0.05, ** P < 0.01

ผลของถ่านชีวภาพและการจัดการน้ำต่อสมบัติบางประการของดิน

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพและการจัดการน้ำแบบ WL และ AWD มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน เนื่องจากกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและการหมุนเวียนสารต่างๆ ในดินส่วนใหญ่ เป็นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ ในเรื่องของการจัดการน้ำ ดินที่อยู่ในสภาพน้ำขัง (WL) จะมีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่างๆ ภายในดิน (ศุภธิดา, 2560) มักเกิดกระบวนการ denitrification ที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน และเมื่อดินอยู่ในสภาวะเปียกสลับแห้ง (AWD) ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นเวลานาน สามารถนำไปสู่การนำเอาแคตไอออนออกจากโครงสร้างของแร่ดินเหนียว ส่วนถ่านชีวภาพ มีสถานะเป็นประจุลบจึงสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประจุบวกได้ดี อีกทั้งคุณสมบัติของถ่านชีวภาพ คือ มีรูพรุนเมื่อใส่ลงในดินจะช่วยระบายอากาศ การซึมของน้ำ การอุ้มน้ำ ดูดซับธาตุอาหาร เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ ลดความเป็นกรดของดิน ช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้นาน ซึ่งจากการทดลองดินหลังการปลูกข้าว pH มีค่าสูงขึ้นจากดินก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับการทดลอง ค่า pH ของดินหลังจากการขังน้ำที่สูงขึ้นเนื่องจากกระบวนการ reduction เมื่อ H^+ ถูกใช้ไปทำให้ H^+ ลดลงส่งผลให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น (Ponnamperuma, 1965) และค่า pH ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร ไม่ว่าจะเป็นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในระบบการจัดการน้ำแบบ WL ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพ เพิ่มขึ้นจาก 2.29% ในดินก่อนการทดลอง เป็น 3.15% และ 3.11% แต่กลับลดลงในระบบการจัดการน้ำ AWD ทุกตำรับทดลอง ซึ่งการจัดการน้ำแบบแห้งสลับเปียกและแบบน้ำขังมีผลทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกัน (ศุภธิดา และคณะ, 2554) เนื่องจากเมื่อดินมีการขังน้ำ การสลายตัวของ OM จะเกิดได้ช้าลงในสภาพที่ขาด O_2 จึงสะสมในดินและเกิดสารประกอบสุดท้ายจากการสลายตัวของ OM ในสภาพน้ำขัง คือ CO_2 , fatty acid, CH_4 และ NH_3 ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและปริมาณไนเตรทในดิน มีค่าลดลงจากค่าของดินก่อนการทดลองทุกตำรับทดลอง แต่พบว่าการจัดการน้ำแบบ AWD มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด เนื่องจากดินน้ำขังมีการสูญเสียฟอสฟอรัสในรูปของ Phosphine (PH_3) ซึ่งสอดคล้องกับ Aumtong *et al.* (2014) ได้ศึกษาระบบการปลูกข้าวโดยให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งเพื่อเป็นแนวทางในการปลูกข้าวในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำต่อปริมาณฟอสฟอรัส พบว่าการจัดการน้ำแบบ AWD มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าการจัดการน้ำแบบ WL ในส่วนของการจัดการน้ำแบบ WL ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและถ่านชีวภาพในอัตรา 100% พบว่าปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงที่สุด ตามที่กล่าวไปแล้วนั้นว่าถ่านชีวภาพมีสถานะเป็นประจุลบจึงสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประจุบวกได้ดี และค่า pH มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน ซึ่งดินที่มี pH สูง จะมีปริมาณ K, Ca และ Mg ในระดับสูง อีกทั้งการขังน้ำ Ca, Mg จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว และ K จะถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มมากขึ้นในรูปของ soluble K. ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการสูญเสีย K ได้ง่าย (Ponnamperuma, 1965) ส่วนปริมาณ NH_4^+ ในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับถ่านชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 100% ในระบบการจัดการน้ำแบบ AWD ส่วน NO_3^- มีค่าลดลงจากดินก่อนการทดลองทุกตำรับทดลองและตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับถ่านชีวภาพในอัตรา 100% ในการจัดการน้ำแบบ AWD มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด สาเหตุที่มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของ NH_4^+ และ NO_3^- นี้เนื่องมาจากกระบวนการ Nitrification และ Denitrification โดย Nitrification จะเปลี่ยนรูปของ NH_4^+ เป็น NO_3^- และเมื่อดินเกิดการขังน้ำ NO_3^- จะเกิดการสูญหายอย่างรวดเร็วในกระบวนการ Denitrification แต่จะสะสม NH_4^+ ซึ่งมีประโยชน์ต่อข้าวมากเพราะข้าวจะดูดไนโตรเจนจากดินในปริมาณสูงถึง 70% (ศุภธิดา, 2560)

สรุปผลการวิจัย

การใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CH_4 และ CO_2) จากดินภายใต้การปลูกข้าว ซึ่งในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามปริมาณความต้องการธาตุอาหารของข้าว ร่วมกับการใส่ถ่านชีวภาพในอัตรา 100% มีการปลดปล่อย CH_4 เท่ากับ $0.09 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ และการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ $1.15 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยก๊าซต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกตำรับทดลอง และยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน ซึ่งเราสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าว และลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการการจัดการทางการเกษตรเพื่อลดผลกระทบและตั้งรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

เอกสารอ้างอิง

- จำป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2555. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 213 น.
- นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์. 2548. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. เชียงใหม่: ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 283 น.
- พัชรี แสนจันทร์ มัจฉา แก้วพิลา นิภา ธรรมโสม พฤกษา หล้าวงษา ดวงสมร ตูลาพิทักษ์ และเกษสุตา เดชภิมล. 2557. ผลของฟางข้าวต่อสภาพรึดักชั้นในดินนาและปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (การทดลองในกระถางปลูกข้าว). **ว. แก่นเกษตร** 42(1): 235-240.
- พัชรี แสนจันทร์ นิภา ธรรมโสม Chhin Phy และดวงสมร ตูลาพิทักษ์. 2558. การใช้ถ่านชีวภาพยุคาลิปต์ส และฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. **ว. แก่นเกษตร** 43(1): 373-379.
- รุ่งทิพย์ เกาะคู นงภัทร ไชยชนะ วิทิตร์ ใจอารีย์ ทศพล พรพรหม ชเนษฎ์ ม้าลาพอง และทิวา พาโคกทม. 2558. การปล่อยแก๊สมีเทนจากการจัดการน้ำและวัชพืชในนาข้าวชลประทาน. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53**. นครปฐม: คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ศุภธิดา อ่ำทอง พิทวัส สุสิงสา และกนกกาญจน์ กันทะวงษ์. 2554. ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยเปอร์แมนганเตและอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินชนิดต่างๆ. **Journal of Agr. Research & Extension** 28(2): 33-38
- ศุภธิดา อ่ำทอง. 2560. **ดินปลูกข้าวและการจัดการ**. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 486 น.

- Aumtong, S., N. Kanthiya and I.K. Yod. 2014. **Effect of Alternate Wetting and Drying Continuous Waterlogging on Phosphorus Fractions under Rice Cultivation.** Chiang Mai: Maejo University.
- Kuhlbusch, T. and P. Crutzen. 1995. Toward a global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO₂ and a source of O₂. **Glob. Biogeochem. Cycles** 9:491-501.
- Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. pp. 199-224. *In* Page A.L. (ed.). **Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Madison: Soil Science Society of America.
- Ponnamperuma, F.N. 1965. The Chemistry of Submerged Soils. **Adv. Agron** 24: 29-96.
- Saengjan, P., S. Ro, and P. Vityakon. 2015. Methane fluxes and rice yields as a function of sulfate fertilizer with incorporated rice stubble. **KKU Res. J.** 20(3): 337-345.
- Walkley, A., and I. A. Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Scienc** 37: 29-33
- Wantanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1962. Calorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. **Soil science** 93: 183-188.
- Wu, M., X. Han, T. Zhong, M. Yuan and W. Wu. 2016. Soil organic carbon content affects the stability of biochar in paddy soil Agriculture. **Ecosystems and Environment** 223: 59-66.

ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนราธิวาส
ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

Effects of Liquid fertilizer from Waste Food in Narathiwat Province
on Growth of Corn

ศิริณี วงศ์กระจ่าง

Siranee Wongkrachang

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000

Faculty of Agriculture , Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, Thailand 96000

*Corresponding author: ingongsam@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนราธิวาส ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลองๆ ละ 5 ซ้ำๆ ดังนี้ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม), สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 อัตรา 40 กก. ต่อไร่ สิ่งทดลองที่ 3 ปุ๋ยน้ำหมักถั่วเหลือง สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยน้ำหมักกากถั่วเหลืองจากการทำน้ำเต้าหู้ สิ่งทดลองที่ 5 ปุ๋ยน้ำหมักนม สดหมดอายุ และสิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยน้ำหมักจากเศษปลาจากการผลิตบูดู โดยใช้อัตราปุ๋ยต่อน้ำ 1:500 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจนครบอายุ 5 สัปดาห์ โดยวัดความสูงของต้นข้าวโพด ผลของการทดลองพบว่า ทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยน้ำหมักจากเศษปลาจากการผลิตบูดู มีแนวโน้มความสูงต้นมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 37.53 ซม. ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 ควบคุม ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยต้นข้าวโพดมีความสูง เฉลี่ยน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 27.43 ซม.

คำสำคัญ: ปุ๋ยน้ำหมัก กากอาหารแปรรูป ข้าวโพด

Abstract

The objective of this study was focus on effects of liquid fertilizer from waste food in Narathiwat province on growth of corn. This research was an experimental research with 6 treatment and 5 replications in Completely Randomize Design, CRD. The treatments were: 1) control (no fertilizer), 2) urea 46-0-0, 3) liquid fertilizer from soy bean, 4) liquid fertilizer from soy bean meal, 5) liquid fertilizer from milk expired and 6) liquid fertilizer from fish meal (1:500 ratio). The result showed that the growth of treatment liquid fertilizer from fish meal provide the highest plant at 37.53 cm. The average plant height of control treatment was 27.43 cm with non significant among treatments.

Keywords: liquid fertilizer, waste food, corn

คำนำ

ในปัจจุบันปุ๋ยน้ำหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกันอย่างแพร่หลายและได้รับความนิยมสูงมาก ซึ่งได้จากการนำเศษพืชหรือซากสัตว์ที่ยังสดอยู่มาหมักรวมกับกากน้ำตาล แล้วนำน้ำหมักที่ได้มาใช้รดหรือพ่นให้กับต้นพืช ซึ่งทำให้ต้นพืชเติบโตดี เพราะมีธาตุอาหารพืชหลายชนิด และไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในจังหวัดนราธิวาสมีวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหารท้องถิ่น เป็นจำนวนมาก เช่น เศษปลาจากการผลิตบูดู กากถั่วเหลืองจากการผลิตน้ำเต้าหู้ และนอกจากนี้ยังมีนมสดหมดอายุที่เหลือจากการจำหน่ายและบริโภคในครัวเรือน ซึ่งการนำวัสดุเหล่านี้มาผลิตเป็นน้ำหมักนั้นสามารถลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ ซึ่งจากรายงานของวิวัฒน์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากสาเหล้มทดแทนกากน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นที่ 0 1:1000; 1:500 และ 1:250 ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ พบว่าที่ความเข้มข้น 1:250 มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและพื้นที่ใบมากที่สุด และความเข้มข้น 1: 500 ให้จำนวนใบมากที่สุด นอกจากนี้เยาวรัตน์ และคณะ (2559) ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊คและพันธุ์เรดคอรอล พบว่าปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักชีวภาพสูตรกากถั่วเหลืองและปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักชีวภาพสูตรกากปลาป่น มีผลการเจริญเติบโตที่ดีใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้วัสดุที่เหลือใช้จากการแปรรูปอาหารท้องถิ่นในจังหวัดนราธิวาสมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักน้ำ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและประกอบกับในปัจจุบันมีสื่อออนไลน์ได้มีการเผยแพร่ปุ๋ยหมักสูตรต่างๆให้เกษตรกรนำมาผลิตใช้เอง และมีการผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งเกษตรกรสามารถนำข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยน้ำหมักน้ำสูตรที่เหมาะสมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลองๆ ละ 5 ซ้ำๆ ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ควบคุม (ไม่มีการใส่ปุ๋ย)

สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 อัตรา 40 กก.ต่อไร่

สิ่งทดลองที่ 3 ปุ๋ยน้ำหมักถั่วเหลือง อัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:500

สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยน้ำหมักกากถั่วเหลืองจากการทำน้ำเต้าหู้ อัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:500

สิ่งทดลองที่ 5 ปุ๋ยน้ำหมักนมสดหมดอายุ อัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:500

สิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยน้ำหมักเศษปลาจากการผลิตบูดู อัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:500

โดยมีขั้นตอนเตรียมการทดลองดังนี้

การเตรียมน้ำหมัก

1. ปุ๋ยน้ำหมักนมสดหมดอายุ

วัสดุที่ใช้ 1) นมจืด (หมดอายุ) 5 กม. 2) กากน้ำตาล 5 ลิตร 3) จุลินทรีย์EM 1 ลิตร และ 4) สับปะรด 1 ผล

วิธีการหมัก ผสมวัสดุทุกอย่างลงในถังหมักที่เตรียมไว้ จากนั้นคนให้เข้ากันทุกวันสม่ำเสมอและหมักไว้ประมาณ 14 วัน (รักบ้านเกิด, 2558)

2. ปุ๋ยน้ำหมักถั่วเหลือง

วัสดุที่ใช้ 1) ถั่วเหลือง 1 กม. 2) สับปะรดทั้งเปลือก 2 กม. 3) กากน้ำตาล 3 กม. 4) จุลินทรีย์หน่อกล้วย 1 ลิตร และ 5) น้ำซาวข้าว 10 ลิตร

วิธีการหมัก นำสับปะรดมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ เอาทั้งเปลือกและถั่วเหลืองลงในถังหมัก แล้วเอากากน้ำตาล จุลินทรีย์ น้ำซาวข้าวที่เตรียมไว้ผสมลงในถังหมักคนให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้ 14 วัน กรองเอาเฉพาะน้ำ (ปุ๋ยยูเรียน้ำอินทรีย์, 2561)

3. ปุ๋ยน้ำหมักกากถั่วเหลืองหมัก

วัสดุที่ใช้ 1) กากถั่วเหลืองจากการทำน้ำเต้าหู้ 1 กม. 2) น้ำ 500 ลิตร

วิธีการหมัก นำกากถั่วเหลืองที่เหลือทิ้งจากการทำน้ำเต้าหู้มาผสมกับน้ำ หมักทิ้งไว้ 14 วัน กรองเอาเฉพาะน้ำ (สุวัฒน์, 2556)

4. ปุ๋ยน้ำหมักจากเศษปลาจากการผลิตบูดู

วัสดุที่ใช้ 1) น้ำ 160 ลิตร 2) กากน้ำตาล 8 กม. 3) รำละเอียด 4 กม. 4) เศษปลาจากการผลิตบูดู 20 กม. และ 5) สับปะรด 4 กม.

วิธีการหมัก นำส่วนผสมมาเทรวมลงในถังผสม คนให้เข้ากันจากนั้นปิดฝาเพื่อไม่ให้แมลงวันลงไปคนทุกวัน วันละ 2 ครั้ง หมักไว้ 7 วัน หลังจากนั้นเติมหากากน้ำตาล 4 กม. และเติมน้ำสะอาดเพิ่มอีกจนเกือบเต็มถัง คนให้เข้ากัน จึงปิดฝา และหมักต่ออีก 3 วัน จึงนำไปใช้ได้ (เกษตรอินทรีย์, 2561)

การเตรียมต้นกล้าพันธุ์ข้าวโพด

การเตรียมต้นกล้าพันธุ์ข้าวโพดฝัก โดยเริ่มจากการนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะในถาดหลุม และรดน้ำให้ชุ่ม ประมาณ 4-7 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก ต้องดูแลรักษา กำจัดแมลง และวัชพืช จนต้นกล้ามี อายุ 1 สัปดาห์ จึงสามารถย้ายปลูกลงในถุงปลูกขนาด 6x12 นิ้ว ซึ่งภายในบรรจุดินปลูกเป็นชุดดินบ้านทอน อนุบาลต้นพันธุ์จนกระทั่งต้นพันธุ์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม เมื่อต้นกล้าข้าวโพดฝักอ่อนมีอายุประมาณ 1 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก จึงทำการฉีดพ่นด้วยปุ๋ยหมักน้ำตามที่กำหนด ทุกๆ 7 วัน ปุ๋ยน้ำหมักทุกสูตรเจือจางในน้ำ 1:500 ปริมาตรที่ใช้ 300 มล. ต่อต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กม.ต่อไร่

การเก็บข้อมูล

วัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 5 สัปดาห์ วัดตั้งแต่ส่วนที่อยู่เหนือดินจนถึงปลายยอด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลการศึกษา มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

ความสูงของข้าวโพด

ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนครราชสีมา ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ทุกสัปดาห์ พบว่า ต้นข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ยทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยน้ำหมักจากเศษปลาจากการผลิตบูดู มีแนวโน้มความสูงต้นมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 37.53 ซม. ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 ควบคุม ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ต้นข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 5 โดยมีค่าเท่ากับ 27.43 ซม. (Table 1)

Table 1 Effect of liquate fertilizer on corn height (cm).

Treatment	Week				
	1	2	3	4	5
control	5.03	15.52	18.20	21.08	27.43
urea	4.53	15.42	18.84	27.22	36.23
Liquid fertilizer from soy bean	4.20	15.00	18.22	25.48	31.30
Liquid fertilizer from soy bean meal	4.50	15.42	19.20	26.08	31.16
Liquid fertilizer from milk expired	4.37	16.38	18.34	27.30	33.60
Liquid fertilizer from fish meal	4.53	17.82	20.72	30.66	37.53
C.V. (%)	16.25	13.70	15.48	18.91	18.75
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

ns = not significant

Means within each column followed by the same letters are not significantly different at $P \geq 0.5$ by DMRT

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของการใช้น้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนครราชสีมา ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ซึ่งพบว่าทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มว่าสิ่งทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์เศษปลาจากการผลิตบูดูมีการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดด้านความสูงมากที่สุด และรองลงมา คือ ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากในปุ๋ยยูเรียจะมีธาตุไนโตรเจน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้พืชมีความเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืช และช่วยให้พืชมีสีเขียว เร่งการเจริญเติบโตทางใบ และลำต้นของข้าวโพดฝักอ่อน (ยงยุทธ, 2551) นอกจากนี้ ปุ๋ยอินทรีย์เศษปลา ประกอบด้วย ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงส่วนประกอบของโปรตีน และกรดอะมิโนบางชนิดจากการย่อยสลายของ

เศษปลา สุรียา (2552) รายงานว่า ปุ๋ยเศษปลาช่วยกระตุ้นการแตกยอดใหม่ และเพิ่มผลผลิตของพืชได้ และสอดคล้องกับวีณาร์ตัน (2553) พบว่า ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ได้รับความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพเศษปลาที่ระดับ 1:500 และ 1:250 มีจำนวนใบและพื้นที่ใบมากที่สุด เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพเศษปลามีธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ขวัญณา (2558) การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากผัก ปลา และสมุนไพรที่มีต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของโหระพาสีม่วง ที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ พบว่า หลังจากปลูกเป็นเวลา 25 วัน โหระพาสีม่วงที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพจากปลาร่วมกับสารละลายธาตุอาหารเหลือทิ้งในอัตราส่วน 1:500 มีผลทำให้โหระพาสีม่วงมีพื้นที่ใบรวม น้ำหนักแห้งของใบ อัตราส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้น ความเขียว ของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ คลอโรฟิลล์เอในใบ และคลอโรฟิลล์บีในใบ มีค่ามากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลของการใช้น้ำหมักจากกากอาหารแปรรูปในจังหวัดนครราชสีมา ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่าทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ปุ๋ยอินทรีย์เศษปลาที่ได้จากการผลิตปุ๋ย มีแนวโน้มทำให้ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นมากที่สุด ส่วนสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีความสูงของต้นน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรอินทรีย์. 2561. การทำปุ๋ยหมักชีวภาพจากเศษปลา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.organicfarmthailand.com> (25 มีนาคม 2561).
- ขวัญณา ธนะวัฒน์. 2558. ผลของน้ำหมักชีวภาพจากผัก ปลา และสมุนไพรที่มีต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยา บางประการของโหระพาสีม่วง (*Ocimum basilicum* L.) ที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปุ๋ยยูเรียน้ำอินทรีย์. 2561. ปุ๋ยยูเรียน้ำ บำรุงต้นข้าว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.monmai.com> (20 เมษายน 2561).
- เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว นิรมล ไผ่สม ภาวิณี มังสิกุล และหทัยรัตน์ โชคทวีพานิชย์. 2559. ผลของปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ค และพันธุ์เรดคอรอล. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3(ฉบับพิเศษ): 46-53.
- รักบ้านเกิด. 2558. ปุ๋ยนมสดบำรุงต้น-กระตุ้นยอดอ่อน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.rakbankerd.com (10 กุมภาพันธ์ 2561).
- วีณาร์ตัน มูลรัตน์ สมชาย ชดตระกูล และอัญชลี จาละ. 2553. ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากสำเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้. ใน รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุรียา สาสนรักกิจ. 2552. การผลิตปุ๋ยหมักจากปลา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.siamfishing.com> (15 ธันวาคม 2552).
- สุวัฒน์ พึ่งบาง. 2556. กากถั่วเหลืองใช้ยั้งให้เกิดประโยชน์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.thaicityfarm.com> (20 มีนาคม 2561).

การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราโดยใช้กระบวนการสร้างและรวมตะกอน
ร่วมกับถุรีตะกอน

Treatment of Natural Rubber Industrial Wastewater Using Coagulation
and Flocculation Process with Geotextile Tubes

ดารินทร์ ล้วนวิเศษ^{1*} และอิสระ นนธิราช²
Darin Luanwiset^{1*} and Ittsara Nonthirach²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000

²บริษัทเทนคาต้า จีโอซินเทติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ 10400

¹Department of Environmental Science, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani, Thailand 41000

²TenCate Geosynthetics (Thailand) Co., Ltd., Bangkok, Thailand 10400

*Corresponding author: darin.lu@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราก่อนด้วย ศึกษาชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี และประสิทธิภาพของกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีร่วมกับถุรีตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา ซึ่งผลการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา พบว่ามีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.96 ± 0.92 บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความขุ่น มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 807.5 ± 62.93 , $1,082 \pm 11.31$, 346.33 ± 134.24 , 195 ± 113.14 มก./ล. และ 609.25 ± 180.87 NTU ตามลำดับ ผลการทดสอบชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี พบว่าพอลิเมอร์ชนิดประจุบวกมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด โดยปริมาณและความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมี คือ 22 มล./ล. ของน้ำเสีย ที่ความเข้มข้น 0.1% w/v ผลการศึกษาประสิทธิภาพของถุรีตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา หลังผ่านการบำบัดโดยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีด้วยพอลิเมอร์ประจุบวก พบว่าค่าพีเอชของน้ำที่ผ่านการบำบัด มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.52 ± 0.04 ค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความขุ่นของน้ำที่ออกจากถุรีตะกอน มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 371.60 ± 92.98 , 439.75 ± 35.86 , 65.16 ± 20.33 , 91.08 ± 10.92 มก./ล. และ 113.58 ± 31.58 NTU ตามลำดับ โดยมีค่าร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความขุ่น โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 56.38 ± 10.91 , 59.05 ± 3.34 , 66.06 ± 10.59 , 20.80 ± 9.50 และ 66.40 ± 9.34 ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา กระบวนการสร้างและรวมตะกอน ถุรีตะกอน การบำบัดน้ำเสีย
น้ำเสียอุตสาหกรรม

Abstract

The purpose of this research was to investigate the characteristics of wastewater from natural rubber industrial wastewater, suitable types of polymers and optimum polymer dosage for coagulation and flocculation process, the effective of coagulation and flocculation process with geotextile tubes for natural rubber industrial wastewater treatment. The characteristics of wastewater from natural rubber industrial showed that pH, BOD, COD, TSS, TDS and turbidity were 6.96 ± 0.92 , 807.5 ± 62.93 , $1,082\pm 11.31$, 346.33 ± 134.24 , 195 ± 113.14 mg/L and 609.25 ± 180.87 NTU, respectively. The result showed that the suitable type of polymer and optimum polymer dosage for coagulation and flocculation process was 22 mL of 0.1% w/v cationic polymer/Liter of wastewater. Furthermore, the efficiency of natural rubber industrial wastewater treatment using coagulation and flocculation process with geotextile tubes showed that pH, BOD, COD, TSS, TDS and turbidity of the effluent were 5.52 ± 0.04 , 371.60 ± 92.98 , 439.75 ± 35.86 , 65.16 ± 20.33 , 91.08 ± 10.92 mg/L and 113.58 ± 31.58 NTU, respectively, and BOD, COD, TSS, TDS and turbidity removal percentages of effluent were 56.38 ± 10.91 , 59.05 ± 3.34 , 66.06 ± 10.59 , 20.80 ± 9.50 and 66.40 ± 9.34 , respectively.

Keywords: natural rubber industrial wastewater, coagulation and flocculation process
geotextile tubes, wastewater treatment, industrial wastewater

คำนำ

ยางพาราเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยนั้นเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติได้ในสัดส่วนประมาณ 1 ใน 3 ของโลกและนอกจากนี้ประเทศไทยส่งออกยางธรรมชาติมากเป็นอันดับ 1 ของโลกอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ซึ่งการที่ประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำด้านการผลิตและส่งออกยางพาราของโลกนั้น ได้ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตยางพาราเพิ่มมากขึ้น ทั้งผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ และปัญหาจากกลิ่น จึงควรที่จะมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการกำจัดสารมลพิษทางอากาศและการบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปัญหามลพิษดังกล่าว (Tekasakul and Tekasakul, 2006) โรงงานอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศเวียดนามประสบปัญหาคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดต่ำและมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด (Nguyen and Luong, 2012) ซึ่งปัญหานี้พบในประเทศไทยและมาเลเซียซึ่งเป็นประเทศสำคัญของโลกในการส่งออกยางพาราด้วยเช่นกัน โดยระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน ทั้งในประเทศมาเลเซียและประเทศไทย คือ ระบบบำบัดทางชีวภาพ โดยเฉพาะระบบบ่อ (Pond system) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดี แต่มีข้อจำกัดในหลายประการ เช่น ต้องใช้เวลาในการบำบัดนานจนเกิดปัญหาน้ำเสียตกค้างรอการบำบัด ใช้พื้นที่มาก มีค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเติมอากาศสูง และมีก่ประสบบัญหาจากผลกระทบเรื่องกลิ่นเหม็นของน้ำเสียในระบบ (Mohammadi *et al.*, 2010) ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคค้นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราเพื่อเป็นการลดข้อจำกัดของระบบบ่อ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยแนวทางการ

บำบัดน้ำเสียทางกายภาพเคมี นับเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา เนื่องจากสามารถลดข้อจำกัดในการบำบัดทางชีวภาพได้ (Asia and Akporhonor, 2007)

งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีร่วมกับจุลินทรีย์ตะกอนมาทดลองใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ อีกทั้งลักษณะเด่นของเทคโนโลยีนี้ที่สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นและอนุภาคของแข็งจากเศษยางพาราได้เป็นอย่างดี รวมถึงใช้อุปกรณ์น้อย ไม่ซับซ้อน และประหยัดพื้นที่ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราในโรงงานแปรรูปยางก้อนถ้วย รวมทั้งศึกษาชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี และประสิทธิภาพของกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีร่วมกับจุลินทรีย์ตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาทางเลือกใหม่หรือแนวทางในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา

เก็บตัวอย่างน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราจากโรงงานแปรรูปยางก้อนถ้วย เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำเสีย (Table 1) ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) โดยวิธีการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา ทำการวิเคราะห์โดยอ้างอิงจาก Standard methods for the examination of water and wastewater (American Public Health Association, 2017)

Table 1 Physical and chemical parameters and method of natural rubber industrial wastewater characteristics analysis

Parameters	Method
1. pH	Electrometric measurement
2. Biochemical Oxygen Demand (BOD)	5-Days Incubation Method
3. Chemical Oxygen Demand (COD)	Closed reflux Method
4. Total Suspended Solids (TSS)	Gravimetric Method
5. Total Dissolved Solids (TDS)	Gravimetric Method
6. Turbidity	Nephelometric Method

การศึกษาชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา

ศึกษาชนิดพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีโดยใช้วิธีการทดสอบจาร์เทส โดยเปรียบเทียบพอลิเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเมอร์ชนิดประจุบวก และชนิดประจุลบ โดยพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งสองชนิด เป็นสารพอลิเมอร์สังเคราะห์เกรดทางการค้ากลุ่มพอลิอะคริลาไมด์ ชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลและระดับความแรงของประจุ (Charge degree) สูง ทำการทดลองหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของพอลิเมอร์แต่ละชนิด โดยแปรผันค่าความเข้มข้นของพอลิเมอร์ในช่วง 0.025-0.3% w/v และทำการทดลองหาปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสม โดยแปรผันค่าปริมาณของพอลิเมอร์ชนิดประจุบวกและชนิดประจุลบในช่วง 4-40 และ 5-300 มล./ล. ของน้ำเสียตามลำดับ โดยกำหนดช่วงจากผลการทดสอบเบื้องต้น ขั้นตอนในการทดสอบจาร์เทส จะทำการกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำใสมาวิเคราะห์ค่าความขุ่นและพีเอช เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี (Figure 1)

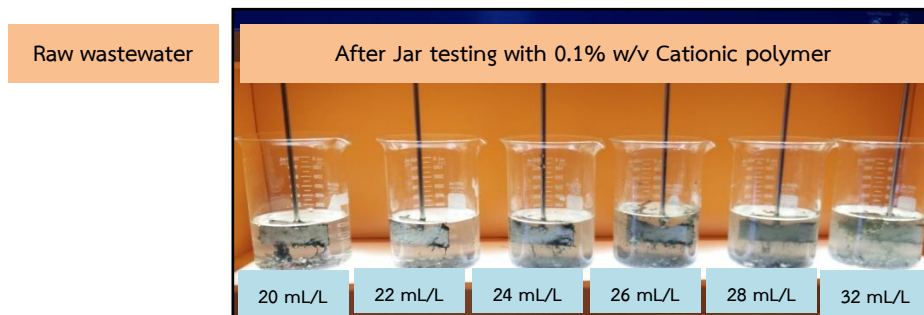


Figure 1 Jar testing to determine the optimum cationic polymer dosage for coagulation and flocculation process

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราของถุงรีดตะกอน

ในการทดลองจะใช้ถุงรีดตะกอนชนิด Pillow Bag ความจุ 50 ลิตร ผลิตจากแผ่นใยสังเคราะห์ที่ทำจากวัสดุโพลีโพรพิลีน Fibrillated ชนิดถักทอ ทำการเก็บน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราแบบจ้วง จนได้น้ำเสียปริมาตรประมาณ 560 ลิตร ไว้ในถังเก็บตัวอย่างน้ำเสียปริมาตรถึงขนาด 70 ลิตร รวม 8 ใบ ซึ่งเพียงพอสำหรับการทดสอบ 8 รอบการทำงาน เติมพอลิเมอร์ในชนิดและปริมาณที่เหมาะสมจากผลการทดลองในขั้นที่ผ่านมาลงในน้ำเสียที่เตรียมไว้ (พอลิเมอร์ประจุบวกความเข้มข้น 0.1 %w/v ปริมาตร 22 มล./ล. ของน้ำเสีย) คนให้เข้ากันกับน้ำเสีย จากนั้นจึงทำการรีดตะกอน โดยเตรียมชุดถุงรีดตะกอน (Figure 2) ซึ่งมีจุดเติมน้ำเสียทำด้วยท่อพีวีซีอยู่ทางด้านบนของถุงรีดตะกอนที่ระดับความสูงกว่าระดับพื้นประมาณ 68.95 ซม. เพื่อรักษาค่าเฮดไว้ที่ประมาณ 1 psi เพื่อให้เกิดแรงดันในการนำน้ำเข้าสู่ถุงรีดตะกอน ในขั้นตอนการรีดตะกอนจะเทน้ำเสียปริมาตร 70 ลิตร ลงในถุงรีดตะกอนจนเต็มถุง ถุงรีดตะกอนจะรีดเก็บตะกอนไว้ในถุงและระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกมาทางด้านล่างของถุงลงสู่ภาชนะรองรับ นับเป็น 1 รอบการทำงาน (Time cycle) ทำการสูมเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านถุงรีดตะกอนแล้วแบบจ้วงในแต่ละรอบการ

ทำงาน เพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียหลังการบำบัดตามพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ใน Table 1 จากนั้นทำการทดลองซ้ำรวม 8 รอบการทำงาน (8 Time cycles)

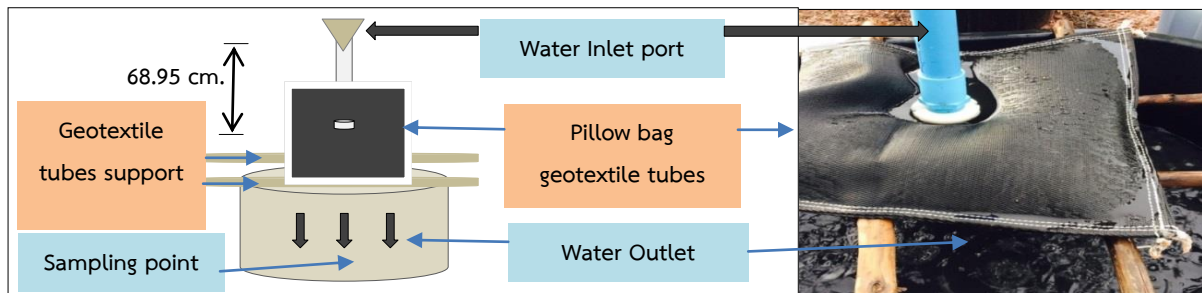


Figure 2 Pillow bag geotextile tubes test apparatus

ผลการวิจัย

ลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารามีลักษณะทางกายภาพที่พบ คือ มีสถานะเป็นของเหลวสีดำ มีตะกอนเป็นจำนวนมาก และมีกลิ่นเหม็น ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสีย พบว่าพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม มีเพียงค่าพีเอชและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (Table 2) ซึ่งหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ทำการบำบัดอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผิดกฎหมายได้

Table 2 Characteristics of natural rubber industrial wastewater

Parameters	Unit	Mean \pm S.D.	Standard values*
pH	-	6.96 \pm 0.92	5.5-9
BOD	mg/L	807.5 \pm 62.93	\leq 20
COD	mg/L	1,082 \pm 11.31	\leq 120
TSS	mg/L	346.33 \pm 134.24	\leq 50
TDS	mg/L	195 \pm 113.14	\leq 3,000
Turbidity	NTU	609.25 \pm 180.87	-

* Industrial effluent quality standard for Thailand's industry and industrial estates

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา

ผลการศึกษา พบว่าพอลิเมอร์ชนิดประจุบวกมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราสูงกว่าพอลิเมอร์ชนิดประจุลบ โดยปริมาณและความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี คือ 22 มล./ล. ของน้ำเสีย ที่ความเข้มข้น 0.1% w/v โดยสามารถบำบัดน้ำเสียจนมีค่าความขุ่นต่ำสุดที่ 28.70 NTU (Figure 3) และมีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านการบำบัดในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 7.65 ± 0.09 นอกจากนี้ยังพบว่าพอลิเมอร์ชนิดประจุลบไม่สามารถจับอนุภาคตะกอนในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้น้ำเสียหลังบำบัดยังคงมีความขุ่นสูงมากโดยมีค่าอยู่ช่วง 392-446 NTU โดยมีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านการบำบัดในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 7.47 ± 0.02

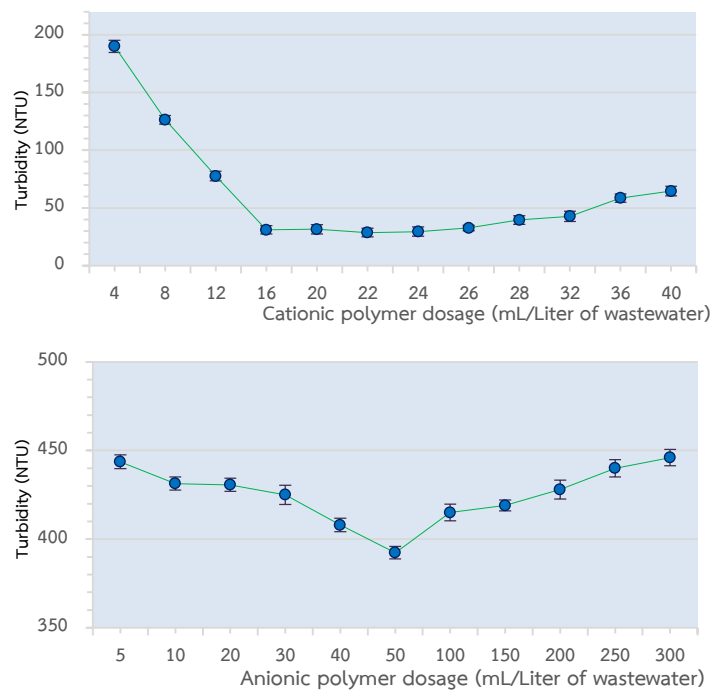


Figure 3 Effect of cationic and anionic polymer dosage on the turbidity removal

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราของถุงรีดตะกอนเมื่อเติมพอลิเมอร์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของถุงรีดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราเมื่อเติมพอลิเมอร์ พบว่ามีร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความขุ่นโดยเฉลี่ยจากรอบการทำงานที่ 1-8 อยู่ในช่วงร้อยละ 39.44-67.35, 55.45-64.25, 49.14-79.52, 9.57-39.61 และ 50.21-76.15 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 The efficiency of natural rubber industrial wastewater treatment by coagulation and flocculation process with geotextile tubes

Parameters	Unit	Result				
		Influent	Effluent		Removal efficiency (%)	
			(mean±S.D.)	(Range)	(mean±S.D.)	(Range)
pH	-	5.90±0.33	5.52±0.04	5.43-5.58	-	-
BOD	mg/L	852±16.05	371.60±92.98	278-516	56.38±10.91	39.44-67.35
COD	mg/L	1,074±19.91	439.75±35.86	384-478	59.05±3.34	55.45-64.25
TSS	mg/L	192±20.66	65.16±20.33	39-98	66.06±10.59	49.14-79.52
TDS	mg/L	115±19.27	91.08±10.92	69-104	20.80±9.50	9.57-39.61
Turbidity	NTU	334±24.02	113.58±31.58	81-168	66.40±9.34	50.21-76.15

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา พบว่าพอลิเมอร์ชนิดประจุบวกมีความเหมาะสมในการช่วยสร้างและรวมตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพารา ประกอบด้วย น้ำยางที่จับตัวไม่หมด น้ำเซรัมจากยางก้อนถ้วย ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แคโรทีนอยด์ และเกลือ (Mohammadi *et al.*, 2010) รวมทั้งอนุภาคสิ่งสกปรกปนเปื้อนต่างๆ การนิยมเติมกรดซัลฟิวริกของเกษตรกรในการทำยางก้อนถ้วย ทำให้อาจพบไอออนในรูปของซัลเฟตปนเปื้อนในน้ำเสียอีกด้วย ซึ่งอนุภาคและไอออนเหล่านี้โดยส่วนใหญ่มีประจุลบ จึงทำให้พอลิเมอร์ประจุบวกสามารถกำจัดอนุภาคต่างๆ ได้ดี โดยอาศัยคุณสมบัติในการทำลายประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ ทำให้เสถียรภาพหมดสิ้นไป นอกจากนั้นยังเป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคคอลลอยด์หลายๆ ตัวอีกด้วย (James *et al.*, 2005) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกรดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราเมื่อเติมพอลิเมอร์ พบว่าสามารถกำจัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และความขุ่นได้ดี จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราในเบื้องต้นเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดก่อนทำการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพต่อไป ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่าย ลดระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียในระบบบ่อ และลดภาระสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมยางพาราจากโรงงานแปรรูปยางก้อนถ้วย พบว่าพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม โดยมีเพียงค่าพีเอชและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ผลการทดสอบชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี พบว่าพอลิเมอร์

ชนิดประจุบวกมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด โดยปริมาณและความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการรวมตะกอนทางเคมี คือ 22 มล./ล. ของน้ำเสีย ที่ความเข้มข้น 0.1% w/v ผลการศึกษาประสิทธิภาพของถุงรีดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารา หลังผ่านการบำบัดโดยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีด้วยพอลิเมอร์ประจุบวก พบว่าค่าพีเอชของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.52 ± 0.04 ค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความขุ่นของน้ำที่ออกจากถุงรีดตะกอน มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 371.60 ± 92.98 , 439.75 ± 35.86 , 65.16 ± 20.33 , 91.08 ± 10.92 มก./ล. และ 113.58 ± 31.58 NTU ตามลำดับ โดยมีค่าร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความขุ่นโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 56.38 ± 10.91 , 59.05 ± 3.34 , 66.06 ± 10.59 , 20.80 ± 9.50 และ 66.40 ± 9.34 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัย ได้แก่ คุณพวงมาศ ณรงค์ชัย และคุณจากรุวรรณ เวียงทอง และขอขอบคุณบริษัท เทนคาต้า จีโอซินเทติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่อนุเคราะห์สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2559. **มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s1 (22 กรกฎาคม 2561).
- American Public Health Association. 2017. **Standard methods for the examination of water and Wastewater, 23rd edition**. Washington DC: American Public Health Association.
- Asia, I.O. and E.E. Akporhonor. 2007. Characterization and physicochemical treatment of wastewater from rubber processing factory. **International Journal of Physical Sciences** 2(3): 61-67.
- James, M.E., L.R. Kata and L.S. Philip. 2005. Screening and evaluation of polymers as flocculation aids for the treatment of aquacultural effluents. **Aquacultural Engineering** 33(4): 235-249.
- Mohammadi, M., H. Che Man. M.A. Hassan. and P. Lai Yee. 2010. Treatment of wastewater from rubber industry in Malaysia. **African Journal of Biotechnolog** 9(38): 6233-6243.
- Nguyen, H.N. and T.T. Luong. 2012. Situation of wastewater treatment of natural rubber latex processing in the southeastern region, Vietnam. **J. Viet. Env.** 2(2): 58-64.
- Tekasakul, P. and S. Tekasakul. 2006. Environmental problems related to natural rubber production in Thailand. **J. Aerosol Res.** 21(2): 122-129.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- คณะกรรมการศึกษาการปฏิรูประบบการพัฒนาที่ยั่งยืน. 2545. **ประวัติยางพารา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.rubber.co.th> (20 กรกฎาคม 2561).

สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี



ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในลีนจีจากลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน *matK*

Genetic Relationship of *Litchi chinensis* Cultivars

Based on Partial Sequence of *matK* Gene

ยุพเยาว์ คบพิมาย^{1*} สิริมา สุวรัตน์¹ วินัย วิริยะอลงกรณ์² จันท์เพ็ญ สระระ³ และศรัณย์ จินะเจริญ⁴

Yuppayao Kophimai^{1*}, Sirima Suwarat¹, Winai Wiriya-Alongkorn², Junpen Sara³

and Saran Cheenacharoen⁴

¹สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³ฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธุกรรมพืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴ภาควิชาชีววิทยา และศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

¹Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Division of Genetic Improvement and Development of Plants and Animals, The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Department of Biology and Centre of Excellence for Biodiversity Research and Implementation for Community Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: kophimai@yahoo.com

บทคัดย่อ

ลีนจี (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลีนจีแต่ละพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันมาก ยากต่อการจำแนกด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ของลีนจีในการจำแนกลีนจี 23 พันธุ์ จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน *matK* ความยาว 725 คู่เบส พบว่าลีนจีแต่ละพันธุ์มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูง โดยพบความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์เพียง 1 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 520 ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์จากไทมีน (T) เป็นไซโทซีน (C) โดยพันธุ์ที่แตกต่างจากพันธุ์อื่น คือ พันธุ์จินแดง ดังนั้น ลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน *matK* ยังไม่สามารถจำแนกพันธุ์ลีนจีได้ จึงควรใช้ยีนบริเวณอื่นร่วมด้วยในการจำแนกพันธุ์ลีนจี

คำสำคัญ: ลีนจี ยีน *matK* ลำดับนิวคลีโอไทด์ ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

Abstract

Litchi chinensis Sonn. is an important economic fruit tree in Thailand. Morphology of litchi cultivars is very similar, therefore, the identification based on morphology is very difficult. This study aimed to identify 23 litchi cultivars using nucleotide sequence of *matK* gene. Analyzing 725 base pairs of *matK* gene revealed the high genetic relationship among litchi cultivars. The nucleotide sequence had only polymorphism at position 520 in which thymine was changed to cytosine in Jeen Daeng cultivar. The *matK* gene couldn't be applied to identify litchi cultivars, thus other nucleotide sequences should be used to increase efficiency of classification.

Keywords: *Litchi chinensis*, *matK* gene, nucleotide sequence, genetic relationship

คำนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นพืชเขต subtropical ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ อยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน ทางตอนเหนือของเวียดนาม และคาบสมุทรมลายู (Menzel and Simpson, 1986) และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ลิ้นจี่ถูกส่งออกทั้งในรูปแบบที่รับประทานสด และผลิตภัณฑ์กระป๋อง จากการวิจัยทางการแพทย์พบว่า ลิ้นจี่มีสรรพคุณทางยา เช่น มีสารต้านโรคมะเร็ง (Wang et al., 2006; Hsu et al., 2012) ต้านการอักเสบ (Huang et al., 2014) และสารต้านอนุมูลอิสระ (Yang et al., 2006) ลิ้นจี่ในประเทศไทยไม่ใช่พืชพื้นเมือง แต่มีการนำเข้ามาปลูกและมีการกระจายตัวของพันธุ์ในเวลาต่อมา ซึ่งนิยมปลูกในภาคเหนือ ภาคกลางและภาคอื่นๆ ของประเทศ โดยในประเทศไทยมีการปรับปรุงพันธุ์ลิ้นจี่มาเป็นเวลานาน พันธุ์ของลิ้นจี่เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของตลาดและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีการรวบรวมพันธุ์ลิ้นจี่ไว้หลายพันธุ์ที่บริเวณแปลงรวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์ลิ้นจี่ สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร แต่การจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่อาศัยข้อมูลจากฐานฐานวิทยา ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและชำนาญในการจำแนก และลักษณะของลิ้นจี่แต่ละพันธุ์คล้ายคลึงกัน จึงยากต่อการจำแนกด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้สภาพแวดล้อมยังมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะฟีโนไทป์ ดังนั้นจึงควรมีวิธีการอื่นร่วมในการจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ด้วย เช่น การศึกษาในระดับโมเลกุลเพื่อช่วยลดปัจจัยที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อม และยังสามารถตรวจสอบได้ทุกกระยะการเจริญเติบโตของพืช

ดีเอ็นเอในบางบริเวณของจีโนมมีประสิทธิภาพในการระบุชนิดของสิ่งมีชีวิต ลำดับนิวคลีโอไทด์ในบริเวณที่ถูกนำมาใช้ในการจำแนกหรือระบุชนิดของพืช เช่น ยีน *matK*, ยีน *rbcl*, ยีน *rpoC1* และ ยีน *rpoB* เป็นต้น ซึ่งเป็นยีนที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ (CBOL Plant working group, 2009) ยีน *maturaseK* (*matK*) เป็นยีนที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ มีขนาดประมาณ 1,500 คู่เบส แปรรหัสเป็นเอนไซม์แมทิวเรส (Maturase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดแต่งชิ้นอาร์เอ็นเอ (RNA splicing) (Reimo et al., 2006) สามารถนำมาศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชหลายชนิด เช่น พืชวงศ์ปาล์ม วงศ์ขิงข่า กล้ายไม้สกุลหวายหมู่ไมโครฮอร์ซูเท ข้าวพันธุ์ปลูกของภาคใต้ในประเทศไทย เป็นต้น มีรายงานการใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ในการจำแนกพืชทั้งในระดับวงศ์ (Family) สกุล (Genus) และชนิด

(Species) นอกจากนี้ยังใช้ศึกษาเชิงวิวัฒนาการด้วย เนื่องจากยีน *matK* มีอัตราการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสหรือมีวิวัฒนาการเร็วเมื่อเทียบกับยีนอื่นๆ ในคลอโรพลาสต์ (Matsumoto *et al.*, 1998)

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (Genetic relationship) เพื่อสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ (Phylogenetic tree) และจำแนกลิ้นจี่ทั้งหมด 23 พันธุ์ โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการระบุพันธุ์ และการตรวจสอบเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์ในการรวบรวมพันธุ์ลินจี่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง และการสกัดดีเอ็นเอ

เก็บตัวอย่างใบลินจี่ 22 พันธุ์ จากแปลงรวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์ลินจี่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และพันธุ์โกมินทร์จากแปลงเกษตรกรในอำเภอลำปาง จังหวัดเชียงใหม่ ชื่อพันธุ์ลินจี่แสดงใน Table 1 (Table 1) การสกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนใช้วิธีการประยุกต์จาก Doyle and Doyle (1987) สารที่ใช้สกัดดีเอ็นเอประกอบด้วย 2% (w/v) CTAB, 0.98 M NaCl, 10 mM Tris-HCl pH 8.0, 5 mM EDTA, 1% (w/v) PVP-40 และ 0.5% (w/v) sodium metabisulfite ก่อนการสกัดดีเอ็นเอให้เติม 1% (v/v) β -mercaptoethanol ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอด้วยวิธีการทำอิเล็กโตรโฟรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้น 1% ใน 0.5X TBE และตรวจสอบปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่อง Nanodrop2000 (Thermo Fisher Scientific USA) ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร

Table 1 List of litchi cultivars in this study

ลำดับ	ชื่อพันธุ์ลินจี่ภาษาไทย	ชื่อพันธุ์ลินจี่ภาษาอังกฤษ	GenBank Accession
1	กวางเจา	Kwangjiao	MH809437
2	สาแหรกทอง	Saraekthong	MH809445
3	โอเฮียะ	Ohia	MH809444
4	จิ้นยักซ์	Jeen Yak	MH809432
5	กะโหลกใบอ้อ	Kalok Bai-or	MH809434
6	กิมเจง	Kimjeng	MH809436
7	จักรพรรดิ	Chakraphat	MH809428
8	ช่อระกำ	Chorrakham	MH809427
9	ฮงฮวย	Hong Huey	MH809430
10	สำเภาทอง	Samphaothong	MH809447
11	ไทย	Thai	MH809448
12	กอบแก้ว	Krobkaeo	MH809440
13	สำเภาแก้ว	Samphaokhaeo	MH809446
14	นครพนม 1	Nakhon Phanome 1	MH809443
15	บริวสเตอร์	Brewster	MH809426
16	กะโหลกใบใหม่	Kalok Baimai	MH809433
17	แห้วจิ้น	Haewjeen	MH809429
18	เขี้ยวหวาน	Khiaowan	MH809442
19	กระโดนทองพระโรง	Kratone Thongphrarong	MH809441
20	ค่อม	Khom	MH809438

Table 1 (Continued)

ลำดับ	ชื่อพันธุ์ลินจี่ภาษาไทย	ชื่อพันธุ์ลินจี่ภาษาอังกฤษ	GenBank Accession
21	กะโหลกไวยาว	Kalok Bai-yao	MH809435
22	จิ้นแดง	Jeen Daeng	MH809431
23	โกมินทร์	Komin	MH809439

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณยีน *matK*

ทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase chain reaction; PCR) ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วยดีเอ็นเอต้นแบบ 40 นาโนกรัม, 1X Phusion Flash high-fidelity PCR master mix (Thermo Fisher Scientific, USA), ไพรมเมอร์ *matK-F*: 5'- CCC RTY CAT CTG GAA ATC TTG GTT C-3' และ *matK-R*: 5'-GCT RTR ATA ATG GAA AGA TTT CTG C-3' (Yu *et al.*, 2011) ความเข้มข้นอย่างละ 5 ไมโครโมลาร์ ภายใต้สภาวะการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส 3 ขั้นตอน คือ 1) บ่มที่อุณหภูมิ 98°C. เป็นเวลา 3 นาที จำนวน 1 รอบ 2) บ่มที่อุณหภูมิ 98°C. เป็นเวลา 10 วินาที บ่มที่อุณหภูมิ 55°C. เป็นเวลา 10 วินาที และอุณหภูมิ 72°C. เป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 29 รอบ 3) บ่มที่อุณหภูมิ 72°C. เป็นเวลา 7 นาที และนำไปตรวจสอบการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้น 1.5% 0.5X TBE กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที และเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน จากนั้นนำผลผลิตที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่บริษัท First Base ประเทศมาเลเซีย

การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ในลินจี่

เมื่อได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของลินจี่ทั้ง 23 พันธุ์แล้ว นำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากไพรมเมอร์ *matK-F* และ *matK-R* มาต่อสายยาวด้วยโปรแกรม GeneStudio 2.2.0.0 แล้วเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ในลินจี่ 23 พันธุ์ ด้วยโปรแกรม ClustalX (Thompson *et al.*, 1997) และแสดงผลในโปรแกรม GeneDoc (Nicholas *et al.*, 1997) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลินจี่ 23 พันธุ์

นำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์มาหาค่าความต่างทางพันธุกรรม (Genetic distance coefficient) และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ (Phylogenetic tree) ด้วยโปรแกรม MEGA X (Kumar *et al.*, 2018) โดยทำการทดสอบโมเดลที่เหมาะสมก่อนนำไปสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม เลือกการจัดกลุ่มแบบ Maximum Likelihood และทำซ้ำจำนวน 10,000 ซ้ำ

ผลการวิจัย

ผลการสกัดดีเอ็นเอและเพิ่มปริมาณยีนดีเอ็นเอบริเวณยีน *matK*

ผลการสกัดดีเอ็นเอของลินจี่พบว่า ดีเอ็นเอของลินจี่ทั้ง 23 พันธุ์มีปริมาณอยู่ในช่วง 82.1-1325.8 นาโนกรัม/ไมโครลิตร และมีค่าความบริสุทธิ์ (OD_{260}/OD_{280}) เท่ากับ 1.98-2.16 เมื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณยีน *matK* ของลินจี่ทั้ง 23 พันธุ์ พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของยีน *matK* ได้ทุกตัวอย่าง และจากการทำอิเล็กโทรโฟรีซิสปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาดประมาณ 800 คู่เบส โดยที่ขนาดของแถบดีเอ็นเอไม่มีความแตกต่างกันระหว่างลินจี่

แต่ละพันธุ์ (Figure 1) เมื่อส่งไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่า สามารถอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ความยาว 725 คู่เบส นำข้อมูลดังกล่าวเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล GenBank ของ NCBI พบว่า ยีน *matK* มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับยีน *matK* ของ *Litchi chinensis* ถึง 100% ยกเว้นพันธุ์จินแดง มีความคล้ายคลึงกับยีน *matK* ของ *Litchi chinensis* 99%

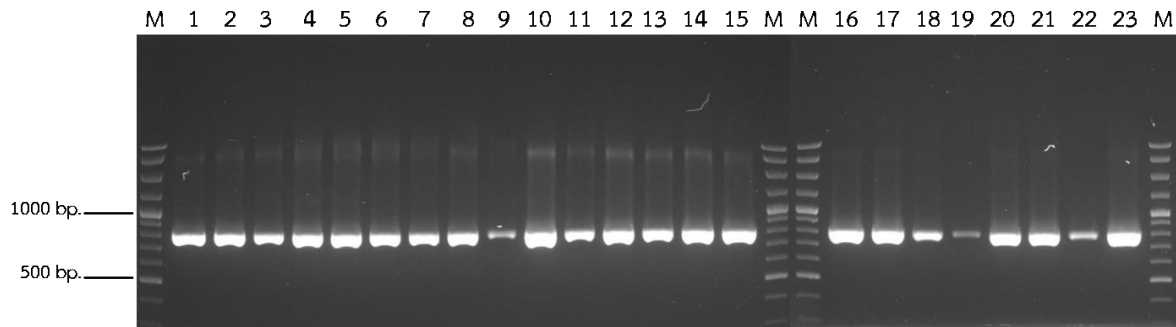


Figure 1 PCR amplification of *matK* gene in different cultivars of *Litchi chinensis* (The number are ordered as in Table 1)

การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของลีนจีแต่ละพันธุ์

เมื่อนำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ของลีนจี 23 พันธุ์ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่า ลำดับนิวคลีโอไทด์ของลีนจีแตกต่างกันเพียง 1 ตำแหน่ง โดยพันธุ์ที่แตกต่างจากพันธุ์อื่น คือ พันธุ์จินแดง ซึ่งเกิดเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์แบบทรานซิชัน (Transition) โดยเปลี่ยนจากไทมีน (T) เป็นไซโทซีน (C) ที่ตำแหน่ง 520 (Figure 2)



Figure 2 Multiple sequence alignment of 23 cultivars of *Litchi chinensis* using partial nucleotide sequence of *matK* gene

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลีนจี 23 พันธุ์

ผลการวิเคราะห์ค่าความต่างทางพันธุกรรมของยีน *matK* ระหว่างลีนจี 23 พันธุ์ พบว่า อยู่ในช่วง 0.000-0.014 โดยพันธุ์จีนแดงมีค่าความต่างทางพันธุกรรมจากพันธุ์อื่นๆ 0.014 ส่วนอีก 22 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรม (Table 2)

Table 2 Genetic distance coefficient among 23 cultivars of *Litchi chinensis* based on partial nucleotide sequence of *matK* gene

	Kalok Bai-or	Krobkaeo	Brewster	Kwangjiao	Thai	Khiaowan	Kalok Bai-yao	Haewjeen	Kimjeng	Chakraphat	Nakhon Phanome 1	Jeen Daeng	Kratone Thongpharong	Samphaothong	Komin	Kalok Baimai	Jeen Yak	Ohia	Hong Huey	Samphaokhaeo	Saraekthong	Chorakham	Khom	
Kalok Bai-or																								
Krobkaeo	0.000																							
Brewster	0.000	0.000																						
Kwangjiao	0.000	0.000	0.000																					
Thai	0.000	0.000	0.000	0.000																				
Khiaowan	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																			
Kalok Bai-yao	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																		
Haewjeen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																	
Kimjeng	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																
Chakraphat	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000															
Nakhon Phanome 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000														
Jeen Daeng	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014													
Kratone Thongpharong	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014												
Samphaothong	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000											
Komin	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000										
Kalok Baimai	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000									
Jeen Yak	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000								
Ohia	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000							
Hong Huey	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
Samphaokhaeo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Saraekthong	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Chorakham	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
Khom	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ของลีนจี 23 พันธุ์ มาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้โปรแกรม MEGA X โดยโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ คือ Tamura 3-Parameter เมื่อสร้างแผนภูมิพบว่า ลีนจีแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่พันธุ์จีนแดงแยกออกมาจากลีนจีอีก 22 พันธุ์ (Figure 3)

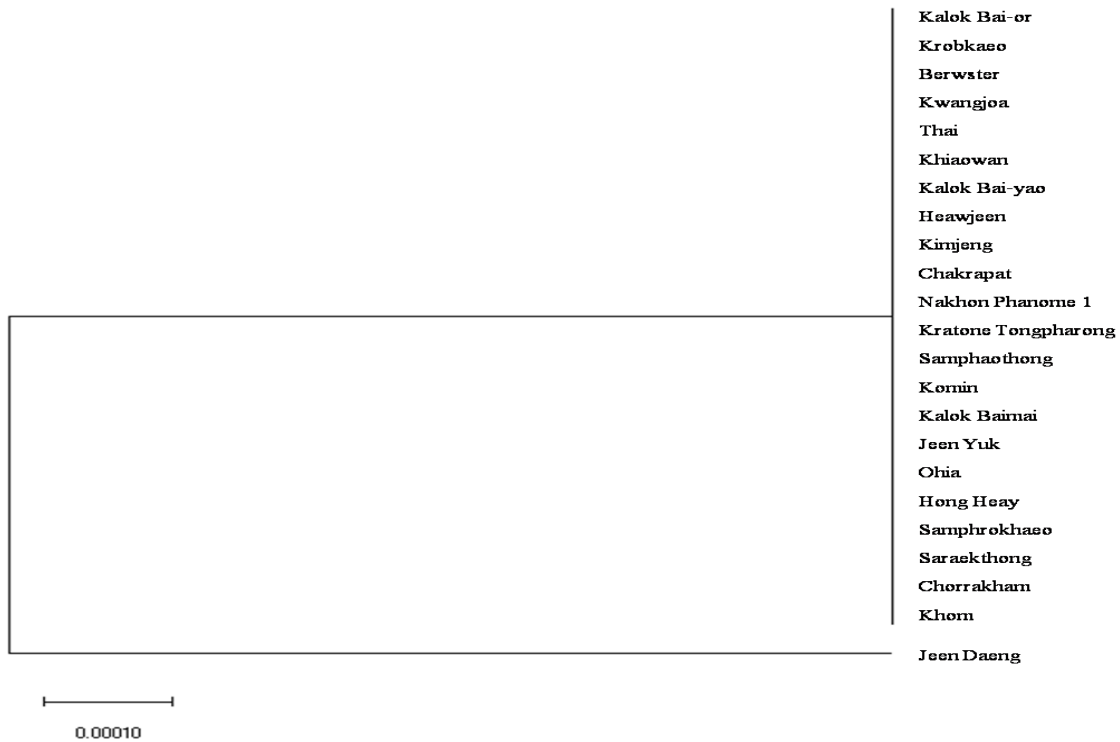


Figure 3 Phylogenetic tree of 23 cultivars of *Litchi chinensis* using Maximum Likelihood method.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ของลิ้นจี่ 23 พันธุ์ โดยใช้ความยาวของนิวคลีโอไทด์ 725 คู่เบส พบความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์เพียง 1 ตำแหน่ง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Litanatudom *et al.* (2017) ที่ได้ศึกษายีน *matK* ในลิ้นจี่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์บริวสเตอร์ พบว่า เป็นบริเวณอนุรักษ์ทั้งหมดไม่พบความเปลี่ยนแปลงของนิวคลีโอไทด์ อาจเนื่องจากลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ศึกษายังไม่ครอบคลุมยีน *matK* ทั้งหมดซึ่งมีความยาวของนิวคลีโอไทด์ประมาณ 1,530 คู่เบส จึงอาจทำให้พบความผันแปรทางพันธุกรรมได้น้อย ในการศึกษาต่อไปควรศึกษาให้ครอบคลุมบริเวณทั้งหมดของยีน *matK* เพื่อเพิ่มโอกาสในการพบบริเวณที่มีการผันแปรทางพันธุกรรมให้มากขึ้น นภนต์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของข้าวพันธุ์ปลูกของภาคใต้ด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* ขนาดประมาณ 1,500 คู่เบส พบว่าสามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์ข้าวจำนวน 18 พันธุ์ ที่ศึกษาได้ทั้งหมด

ในการทดลองนี้พบว่าความผันแปรของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* น้อยมาก ดังนั้น ควรศึกษายีนบริเวณอื่นร่วมด้วย เช่น ยีน *rbcL* จากการรายงานของสุรเชษฐ และคณะ (2560) ซึ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในมะม่วง 5 สายพันธุ์ โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *rbcL* พบความแตกต่างทางพันธุกรรมถึง 62 ตำแหน่ง และสามารถจำแนกสายพันธุ์มะม่วงได้ทั้งหมด

ยีน *matK* ยังไม่เหมาะสมสำหรับการจำแนกในระดับพันธุ์ของลิ้นจี่ในงานวิจัยนี้ แต่มีรายงานถึงความสำเร็จในการจำแนกพืชในระดับวงศ์ Onumiya and Ogundipe (2016) ศึกษาการจำแนกพืชในวงศ์ Sapindaceae ในประเทศแอฟริกา โดยศึกษายีนในคลอโรพลาสต์ 2 บริเวณ ได้แก่ *matK* และ *rbcL* จาก 119 ตัวอย่าง เมื่อนำมาสร้าง

แผนภูมิทางพันธุกรรมจากยีน *matK* สามารถจำแนกพืชได้เป็น 28 กลุ่ม และจากรายงานของณัฐกานต์ และคณะ (2557) ศึกษาการจำแนกพืชวงศ์บัวสายโดยใช้ยีนในคลอโรพลาสต์บริเวณ *trnK* ร่วมกับ *matK* และบริเวณระหว่างยีน *trnL-F* สามารถจำแนกพืชในวงศ์บัวสายได้เป็น 3 กลุ่ม ทำให้สรุปได้ว่าพืชในวงศ์นี้ควรถูกแบ่งเป็น 3 วงศ์ย่อย

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในลีนจีทั้ง 23 พันธุ์ ด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *matK* พบว่าขนาดของแถบดีเอ็นเอที่ได้จากการทำพีซีอาร์ ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ลีนจี ลำดับนิวคลีโอไทด์ 725 คู่เบส ของยีน *matK* แตกต่างกันเพียง 1 ตำแหน่ง โดยพันธุ์ที่ต่างจากพันธุ์อื่น คือ พันธุ์จินแดง ซึ่งเกิดเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์แบบทรานซิชันโดยเปลี่ยนจากไทมีนเป็นไซโทซีน ค่าความต่างทางพันธุกรรมของยีน *matK* ระหว่างลีนจี 23 พันธุ์ อยู่ในช่วง 0.000-0.014 โดยพันธุ์จินแดงมีความต่างทางพันธุกรรมจากพันธุ์อื่นๆ ในการศึกษาต่อไปควรศึกษาบริเวณของยีน *matK* ทั้งหมด เพื่อเพิ่มโอกาสในการพบบริเวณที่มีการผันแปรทางพันธุกรรมให้มากขึ้นและอาจต้องใช้ยีนบริเวณอื่นมาช่วยในการจำแนกร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐกานต์ โกเสนตอ สุณิสา ณัฐพรณิซกุล และมลิวรรณ นาคขุนทด. 2557. การจัดจำแนกพืชวงศ์บัวโดยใช้คลอโรพลาสต์ดีเอ็นเอ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. ฉบับพิเศษ: 1-5
- นภนต์ กล่อมเกล้า มารวย เมฆานวกุล และฉัตรชัย งามเรียบสกุล. 2556. การศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของข้าวพันธุ์ปลูกของภาคใต้ด้วยลำดับเบสของยีน *matK*. *Journal of Agri. Research & Extension* 30(2): 27-36.
- สุรเชษฐ เอี่ยมสาออง เบญจพร ศรีสุวรรณมาศ และกาญจน์ คุ่มทรัพย์. 2560. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในมะม่วงบางสายพันธุ์โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *rbcl*. น. 2803-2808. ใน *รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17*.
- CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *PNAS* 106: 12794-12797.
- Doyle, J.J. and J.L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull* 19: 11-15.
- Hsu, C.P., C.C. Lin, C.C. Huang, Y.H. Lin, J.C. Chou, Y.T. Tsia, J.R. Su and Y.C. Chung. 2012. Induction of apoptosis and cell cycle arrest in human colorectal carcinoma by litchi seed extract. *J Biomed* 341479.

- Huang, F., R. Zhang, Y. Yi, X. Tang, M. Zhang, D. Su, Y. Deng and Z. Wei. 2014. Comparison of physicochemical properties and immune modulatory activity of polysaccharides from fresh and dried litchi pulp. **Molecules** 19: 3909-3925.
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz and K. Tamura. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. **Molecular Biology and Evolution** 35: 1547-1549.
- Lithanatudom, S.K., T. Chaowasku, N. Nantarat, T. Jaroenkit, D.R. Smith and P. Lithanatudom. 2017. A first phylogeny of the genus *Dimocarpus* and suggestions for revision of some taxa based on molecular and morphological evidence. **Scientific Reports** 7: 6716 11 pages.
- Matsumoto, S., M. Kouchi, J. Yabuki, M. Kosunoki, J. Ueda and H. Fukui. 1998. Phylogenetic analyses of the genus *Rosa* using the *matK* sequence: Molecular evidence for the narrow genetic background of modern roses. **Scientia Horticulturae** 77: 73-82.
- Menzel, C.M and D.R. Simpson. 1986. Description and performance of major lychee cultivars in subtropical Queensland. **Qld Agric J** 112: 125–136.
- Nicholas, K.B., H.B. Jr. Nicholas and D.W. II Deerfield. 1997. **GeneDoc: Analysis and Visualization of Genetic Variation**. [Online]. Available <http://www.psc.edu/biomed/genedoc>.
- Onuminya, T.O. and O.T. Ogunidipe. 2016. Systematic identification of African Sapindaceae using DNA barcoding. **Ife Journal of Science** 18 (2): 391-401.
- Reimo, Z., O. Oren, B. Thomas, L.C. Schmitz. 2006. Analysis of the regulation of *matK* gene expression Endocytobiosis. **Cell Research** 19: 127-135.
- Thompson, J.D., T.J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin, and D.G. Higgins. 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. **Nucleic Acids Res.** 25: 4876-4882.
- Wang, X., S. Yuan, J. Wang, P. Lin, G. Liu, Y. Lu, J. Zhang, W. Wang and Y. Wei. 2006. Anticancer activity of litchi fruit pericarp extract against human breast cancer in vitro and in vivo. **Toxicol Appl Pharmacol** 215:168-178.
- Yang, B., J. Wang, M. Zhao, Y. Liu, W. Wang and Y. Jiang. 2006. Identification of polysaccharides from pericarp tissues of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit in relation to their antioxidant activities. **Carbohydr Res** 341:634-638.
- Yu, J., J. H. Xue, and S. L Zhou. 2011. New universal *matK* primers for DNA barcoding angiosperms. **Journal of Systematics and Evolution Special** 49: 176-181.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- Tamura, K. 1992. Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G + C-content biases. **Molecular Biology and Evolution** 9: 678-687.

การโคลนและศึกษาคุณสมบัติของยีน *OsC1* ที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน
ในข้าวไทยที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์เก่า

Molecular Cloning and Characterization of *OsC1* Gene
for Anthocyanin Biosynthesis in Thai Black Rice cv. Kham

ช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์^{1*} รอยพิมพ์ สุขเกษม¹ ลลิตา ณ ราชสีมา¹ แสงทอง พงษ์เจริญกิต¹
วารภรณ์ แสงทอง¹ และศรีเมฆ ชาวโพงพาง²

Chotipa Sakulsingharoj^{1*}, Roypim Sukkasem¹, Lalita Na Rachasima¹, Saengtong Pongjaroenkit¹
Varaporn Sangtong¹ and Srimek Chowpongpan²

¹สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

¹Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²National Science and Technology Development Agency, Thailand Science Park, Pathum Thani, Thailand 12120

*Corresponding author: chotipa.cs@gmail.com

บทคัดย่อ

ยีน *OsC1* มีรหัสสร้างโปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์ชนิด R2R3 Myb ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยงานวิจัยนี้ได้โคลนยีน *OsC1* จากใบอ่อนของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์เก่าและศึกษาคุณสมบัติของยีน การโคลนยีนโดยเทคนิค RT-PCR พบว่า ยีน *OsC1* มี Open Reading Frame (ORF) ขนาด 819 คู่เบส ซึ่งมีความเหมือนกับยีน *OsC1* ของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์ Purpleputtu (Y15219.1) 100 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างจากยีนในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว 3 พันธุ์ ที่รายงานในฐานข้อมูล GenBank (KJ934844.1, KJ934843.1 และ AB111872.1) โดยในข้าวขาวเกิดการขาดหายไป 10 คู่เบส บริเวณตำแหน่งที่ 320-329 ในเอกซอนที่ 3 การวิเคราะห์ลำดับกรดอะมิโนที่ได้จากการแปลรหัสของยีน *OsC1* ที่โคลนได้ พบว่า ประกอบด้วยกรดอะมิโน 272 หน่วย มีความแตกต่างจากข้าวขาวบริเวณตำแหน่งที่ 106 ในข้าวขาวเกิดการกลายพันธุ์แบบ Frameshift บริเวณ R3 ซึ่งเป็นตำแหน่งของโดเมนที่จับกับดีเอ็นเอ ทำให้โปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์สูญเสียหน้าที่ เมื่อนำยีน *OsC1* ที่โคลนได้มาสร้าง Construct ที่มีชุดยีนประกอบด้วยยีน *OsC1* ภายใต้การควบคุมของโปรโมเตอร์ dual 35S และเทอมิเนเตอร์ *nos* (dual 35SP::*OsC1*::*Tnos*) และถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวพันธุ์ Kitaake โดยใช้อะโกรแบคทีเรีย พบว่าสามารถถ่ายยีนเข้าสู่แคลลัสข้าวได้ และจะได้ศึกษาหน้าที่ของยีน *OsC1* ที่มีต่อการควบคุมการแสดงออกของยีนโครงสร้างและการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในข้าวต่อไป

คำสำคัญ: ข้าว ยีน *OsC1* แอนโทไซยานิน การถ่ายยีน อะโกรแบคทีเรีย

Abstract

OsC1 gene encodes R2R3 Myb transcription factor controlling anthocyanin biosynthesis. In this study, *OsC1* gene from young leaf tissues of black pericarp rice cv. Kham was cloned by RT-PCR and analyzed for nucleotide and amino acid sequences. The result showed that the *OsC1* gene had a single Open Reading Frame (ORF) of 819 bp which was 100% identical to that of purple rice cv. Purpleputtu reported in GenBank (Y15219.1). However, the *OsC1* gene from black rice Kham was different from those of 3 white pericarp rice varieties reported in GenBank (KJ934844.1, KJ934843.1 and AB111872.1). It revealed 10-bp deletion at the position 320-329 in 3rd exon in white rice varieties. The deduced amino acid sequence of the cloned *OsC1* gene consisted of 272 residues. The deletion in white rice resulted in frameshift mutation at position 106 in R3 repeat corresponded to the position of DNA-binding domain, leading to functional loss of Myb transcription factor. The cloned *OsC1* gene was constructed under the control of dual 35S promoter and *nos* terminator (dual 35SP::*OsC1*::*Tnos*) and transformed into white pericarp rice cv. Kitaake using *Agrobacterium*. Transformation efficiency tested by GUS assay showed that the rice calli were transformed successfully. The transformed calli will be further studied for functions of *OsC1* gene in regulation of structural gene expression and anthocyanin accumulation in rice.

Keywords: rice, *OsC1* gene, anthocyanin, transformation, *Agrobacterium*

คำนำ

แอนโทไซยานินเป็นสารสีในธรรมชาติจัดอยู่ในกลุ่มของสารฟลาโวนอยด์ สังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีนผ่าน secondary metabolic pathway พบในดอกไม้ ผลไม้ และเมล็ด มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ สามารถป้องกันและลดความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และเป็นสารต้านการอักเสบ (Geekiyana *et al.*, 2012) ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้มหรือดำ มีแอนโทไซยานินสะสมอยู่ในปริมาณสูง แอนโทไซยานินที่พบในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ cyanidin-3-O-glucoside และ peonidin-3-glucoside โดย cyanidin-3-O-glucoside เป็นสารหลักที่พบในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่มีสีดำ (Rahman *et al.*, 2013, Rahman *et al.*, 2016)

การสังเคราะห์แอนโทไซยานินมียีนที่เกี่ยวข้องหลัก 2 ชนิด คือ ยีนโครงสร้าง (structural genes) ซึ่งมีรหัสสร้างเอนไซม์ในวิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน และยีนควบคุม (regulatory genes) ซึ่งมีรหัสสร้างโปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของยีนโครงสร้าง ยีนควบคุมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Myc และ Myb ยีนควบคุมกลุ่ม Myc transcription factor จัดอยู่ในกลุ่ม basic helix-loop-helix (bHLH) ในข้าว ได้แก่ ยีน *OsB1* (Sakamoto *et al.*, 2001; Sakulsingharoj *et al.*, 2016) และยีน *OsB2* (Sakamoto *et al.*, 2001; Inta *et al.*, 2013; Sakulsingharoj *et al.*, 2014)

ยีนควบคุมกลุ่ม Myb ในพืชส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม R2R3-Myb transcription factor ในข้าว ได้แก่ ยีน *OsC1* ซึ่งเป็นยีนควบคุมที่มีรหัสสร้างโปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์และควบคุมการแสดงออกของยีนโครงสร้างในการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ยีน *OsC1* ตั้งอยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมที่ 6 และมีโครงสร้างคล้าย (homolog) กับยีน *C1* ในข้าวโพด (Saitoh *et al.*, 2004) ยีน *OsC1* มีขนาด 1,290 คู่เบส ประกอบด้วย 3 เอกซอน และ 2 อินทรอน ในข้าวขาวมีการขาดหายไป 10 คู่เบส ใน R3 repeat ภายในเอกซอนที่ 3 ทำให้เกิดการกลายพันธุ์แบบ frameshift และมีผลกระทบต่อบริเวณที่เป็นตำแหน่งจับกับดีเอ็นเอ (DNA-binding domain) ทำให้โปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์สูญเสียหน้าที่ (Saitoh *et al.*, 2004; Choudhury *et al.*, 2014; Chin *et al.*, 2016; Na-Rachasima *et al.*, 2017) นอกจากนี้ มีรายงานพบการขาดหายไป 10 คู่เบส และ 3 คู่เบส ใน R2R3 Myb domain ของยีน *OsC1* ในข้าวที่มีกาบใบสีเขียวและเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว และพบว่าความหลากหลายของอัลลีลของยีน *OsC1* อาจมีอิทธิพลมากกว่าระดับการแสดงออกของยีน ที่ส่งผลต่อการสร้างแอนโทไซยานินในข้าว (Chin *et al.*, 2016)

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อโคลนยีน *OsC1* จากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์เก่า ศึกษาโครงสร้างของยีน และสร้างชุดยีนสำหรับถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวเพื่อศึกษาหน้าที่ของยีน *OsC1* ที่มีต่อการควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การค้นหายีน *OsC1* แบบ full-length ด้วยเทคนิค RT-PCR

สกัดอาร์เอ็นเอทั้งหมดจากใบอ่อนของข้าวพันธุ์เก่าโดยใช้ TRIzol reagent (Thermo Fisher Scientific, USA) กำจัดดีเอ็นเอที่ปนเปื้อนด้วยเอนไซม์ DNaseI (New England Biolabs, UK) นำอาร์เอ็นเอที่ได้มาสังเคราะห์ cDNA โดยใช้ไพรเมอร์ oligo (dT) ตามวิธีการของ Superscript III First-strand synthesis system (Thermo Fisher Scientific, USA) และค้นหายีน *OsC1* จาก cDNA ที่ได้ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อ coding sequence ของยีน *OsC1* คือ *OsC1-90_F*: 5' CCAGATCGCTCAGTCTCACACCG 3' และ *OsC1+17_R*: 5' CGGACGACGA ACTAATGTCACGC 3' โดยใช้ Phusion Flash High-Fidelity PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific, USA) ใช้อุณหภูมิในขั้นตอนต่างๆ คือ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 95°C. 30 วินาที ตามด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ทั้งหมด 35 รอบ ดังนี้ denaturation ที่ 95°C. 10 วินาที annealing ที่ 58°C. 10 วินาที และ extension ที่ 72°C. 1 นาที ตามด้วย Final extension ที่ 72°C. 5 นาที แล้ววิเคราะห์ผลผลิตพีซีอาร์โดยเทคนิค 1% อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส

การโคลนยีน *OsC1* จาก cDNA เข้าสู่เวกเตอร์ pGEM-T Easy

หลังจากทำ RT-PCR ทำการแยกบริสุทธิ์ยีน *OsC1* โดยใช้ Nucleospin Extract II kit (Machery-Nagel, Germany) เชื่อมต่อยีน *OsC1* เข้ากับเวกเตอร์ pGEM-T Easy และส่งถ่ายเข้าสู่ competent cells ของ *E. coli* DH5 α คัดเลือกโคลนีสายผสมด้วยขนาด (rapid size screening) และนำพลาสมิด pGEM-T Easy ที่คาดว่ามียีน *OsC1* มาตัดด้วยเอนไซม์ *EcoRI* คัดเลือกโคลนีสายผสม สกัดพลาสมิดและส่งวิเคราะห์ลำดับเบสที่บริษัท 1st Base DNA Sequencing (Malaysia) นำลำดับเบสที่ได้เปรียบเทียบกับยีน *OsC1* ในฐานข้อมูล GenBank ด้วยโปรแกรม ClustalX 1.8 และ GeneDoc 2.7

การสร้าง construct ที่มีชุดยีน dual 35SP::OsC1::Tnos สำหรับถ่ายยีนเข้าสู่ข้าว

ทำการตัดยีน *OsC1* ออกจากเวกเตอร์ pGEM-T Easy แล้วเชื่อมชิ้นยีนเข้ากับพลาสมิด p2CA ซึ่งมีบริเวณโปรโมเตอร์ dual 35S และเทอร์มินเตอร์ *nos* แล้วถ่ายพลาสมิดสายผสมเข้าสู่ competent cells ของ *E. coli* DH5 α คัดเลือกดีเอ็นเอสายผสมด้วยขนาด และตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ สกัดพลาสมิดสายผสมโดยใช้ Nucleospin Plasmid (Machery-Nagel, Germany) ส่งวิเคราะห์ลำดับเบสโดยบริษัท 1st Base DNA Sequencing (Malaysia) นำลำดับเบสที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องของทิศทางของยีน *OsC1* ลำดับเบสของยีน โปรโมเตอร์ และเทอร์มินเตอร์

ตัดชุดยีน dual 35SP::OsC1::Tnos ออกจากพลาสมิด p2CA ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *EcoRI* และ *HindIII* และเชื่อมต่อเข้ากับ T-DNA vector คือ pCAMBIA 1305.1 เพื่อสร้าง construct สำหรับถ่ายยีนเข้าสู่ข้าว ส่งถ่าย construct เข้าสู่อะโกรแบคทีเรีย *EHA105* และคัดเลือกโคโลนีสายผสมด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *OsC1* คือ *OsC1cdfsF*: 5' ATGGGGAGGAGAGCTTGCTGC 3' และ *OsC1cdfsR*: 5' TCACGCA CACAAGTTCCAGGC 3' โดยใช้ 2X Red dye Master Mix (Merck, Germany) ใช้อุณหภูมิในขั้นตอนต่างๆ คือ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 95°C. 3 นาที ตามด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ทั้งหมด 30 รอบ ดังนี้ denaturation ที่ 95°C. 1 นาที annealing ที่ 58°C. 1 นาที และ extension ที่ 72°C. 1 นาที ตามด้วย Final extension ที่ 72°C. 5 นาที แล้ววิเคราะห์ผลผลิตพีซีอาร์โดยเทคนิค 1% อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส

การถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวโดยอะโกรแบคทีเรีย

นำเมล็ดแก่ของข้าวพันธุ์ Kitaake ซึ่งเป็นข้าว *japonica* ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวมาชักนำให้เกิดแคลลัส โดยเฉพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร N6D ดัดแปลง (Toki, 1997) ในที่มืด อุณหภูมิ 28±2°C. เป็นเวลา 4-5 สัปดาห์ ย้ายแคลลัสมาเพาะเลี้ยงบนอาหารใหม่สูตรเดิมเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำแคลลัสไปถ่ายยีนโดยใช้อะโกรแบคทีเรียสายพันธุ์ *EHA105* ที่มีพลาสมิด pCAMBIA 1305.1 ที่มีชุดยีน dual 35SP::OsC1::Tnos ทำการถ่ายยีนตามวิธีดัดแปลงจาก Endo *et al.* (2002) และ Sakulsingharoj *et al.* (2015) หลังการเพาะเลี้ยงร่วมเป็นเวลา 3 วัน สุ่มแคลลัสมาทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายยีนโดยวิธี GUS assay (Jefferson, 1987)

ผลการวิจัย

การค้นหายีน *OsC1* บริเวณ coding sequence ด้วยเทคนิค RT-PCR

จากการค้นหายีน *OsC1* ที่เป็นบริเวณ complete coding sequence (cdfs) ด้วยเทคนิค RT-PCR โดยใช้ cDNA จากใบอ่อนของข้าวดำพันธุ์กำเป็นแม่พิมพ์ และใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *OsC1* พบแถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 800 คู่เบส ตามที่คาดหวัง (Figure 1) แสดงว่า ในข้าวดำพันธุ์กำมีการแสดงออกของยีน *OsC1* ในเนื้อเยื่อใบอ่อน

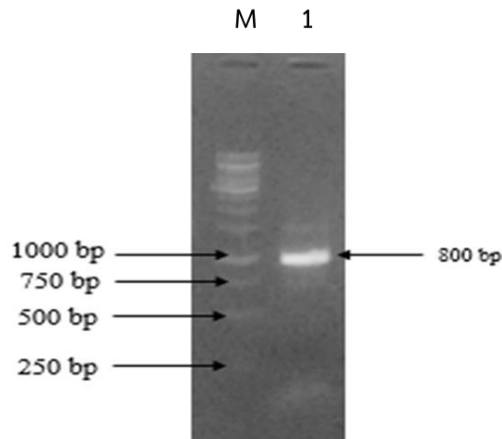


Figure 1 Identification of full-length *OsC1* gene by RT-PCR. The cDNA from young leaves of rice cultivar Kham was used as templates. M; 1 kb DNA ladder, Lane 1; Kham.

เมื่อนำยีน *OsC1* ขนาดประมาณ 800 คู่เบส ที่โคลนได้มาหาลำดับเบส พบว่าประกอบด้วยบริเวณ open reading frame (ORF) ขนาด 819 คู่เบส ทำการเปรียบเทียบกับยีน *OsC1* ในฐานข้อมูล GenBank จากข้าวขาวพันธุ์ IR8 (KJ934844.1) และพันธุ์ Ranjit (KJ934843.1) ข้าวขาว haplotype SA6 (AB111872.1) และข้าวดำพันธุ์ Purpleputtu (Y15219.1) พบว่า ข้าวดำพันธุ์ก่ำและข้าวดำพันธุ์ Purpleputtu มีลำดับเบสของยีน *OsC1* เหมือนกัน 100% แต่ในข้าวขาวมีความแตกต่างจากข้าวดำบริเวณตำแหน่งที่ 320-329 ในเอกซอนที่ 3 โดยพบว่า เกิดการขาดหายไป 10 คู่เบส (10-bp deletion) (Figure 2)

เมื่อนำ ORF ของยีน *OsC1* ขนาด 819 คู่เบส จากข้าวดำพันธุ์ก่ำมาแปลรหัส พบว่า ได้ลำดับกรดอะมิโน 272 หน่วย เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับกรดอะมิโนของยีน *OsC1* จากฐานข้อมูลใน GenBank พบว่า ข้าวขาวบริเวณตำแหน่งที่ 106 เกิด frameshift mutation ทำให้ได้ลำดับกรดอะมิโนเปลี่ยนไป และสายโพลีเพปไทด์มีขนาดสั้นลงประกอบด้วยกรดอะมิโน 206 หน่วย (Figure 3)


```

IR8 : ATGGGGAGGAGAGCTTCTGCCAAGGATGAGAGAGGGGCTGGACAGCAAGGAGGACAGCTCTGCTCTACATCAAGTCCATGGCAAGGCAAGTGGGGC : 115
Ranjit : ATGGGGAGGAGAGCTTCTGCCAAGGATGAGAGAGGGGCTGGACAGCAAGGAGGACAGCTCTGCTCTACATCAAGTCCATGGCAAGGCAAGTGGGGC : 115
SA6 : ATGGGGAGGAGAGCTTCTGCCAAGGATGAGAGAGGGGCTGGACAGCAAGGAGGACAGCTCTGCTCTACATCAAGTCCATGGCAAGGCAAGTGGGGC : 115
Purpleputt : ATGGGGAGGAGAGCTTCTGCCAAGGATGAGAGAGGGGCTGGACAGCAAGGAGGACAGCTCTGCTCTACATCAAGTCCATGGCAAGGCAAGTGGGGC : 115
pKNLC1_800 : ATGGGGAGGAGAGCTTCTGCCAAGGATGAGAGAGGGGCTGGACAGCAAGGAGGACAGCTCTGCTCTACATCAAGTCCATGGCAAGGCAAGTGGGGC : 115

IR8 : AGTCCCCCAACAGCTGGTTTGGGGGTTGGGCAAGCTGAGGCTCCGCTGGCTCAACTATCTCCGGCTAACATCAAGCCGGCAACTGACAGCAAGGAGGAGCT : 230
Ranjit : AGTCCCCCAACAGCTGGTTTGGGGGTTGGGCAAGCTGAGGCTCCGCTGGCTCAACTATCTCCGGCTAACATCAAGCCGGCAACTGACAGCAAGGAGGAGCT : 230
SA6 : AGTCCCCCAACAGCTGGTTTGGGGGTTGGGCAAGCTGAGGCTCCGCTGGCTCAACTATCTCCGGCTAACATCAAGCCGGCAACTGACAGCAAGGAGGAGCT : 230
Purpleputt : AGTCCCCCAACAGCTGGTTTGGGGGTTGGGCAAGCTGAGGCTCCGCTGGCTCAACTATCTCCGGCTAACATCAAGCCGGCAACTGACAGCAAGGAGGAGCT : 230
pKNLC1_800 : AGTCCCCCAACAGCTGGTTTGGGGGTTGGGCAAGCTGAGGCTCCGCTGGCTCAACTATCTCCGGCTAACATCAAGCCGGCAACTGACAGCAAGGAGGAGCT : 230

IR8 : CATGTCAGGCTCCACACCTCTCTGGCAAGGCTGCTCTATTGAGGAGGCTGGGGGGGAGAGCAATGAATCAAGAGC-----AGGCTCAGGCGGAA : 335
Ranjit : CATGTCAGGCTCCACACCTCTCTGGCAAGGCTGCTCTATTGAGGAGGCTGGGGGGGAGAGCAATGAATCAAGAGC-----AGGCTCAGGCGGAA : 335
SA6 : CATGTCAGGCTCCACACCTCTCTGGCAAGGCTGCTCTATTGAGGAGGCTGGGGGGGAGAGCAATGAATCAAGAGC-----AGGCTCAGGCGGAA : 335
Purpleputt : CATGTCAGGCTCCACACCTCTCTGGCAAGGCTGCTCTATTGAGGAGGCTGGGGGGGAGAGCAATGAATCAAGAGC-----AGGCTCAGGCGGAA : 345
pKNLC1_800 : CATGTCAGGCTCCACACCTCTCTGGCAAGGCTGCTCTATTGAGGAGGCTGGGGGGGAGAGCAATGAATCAAGAGC-----AGGCTCAGGCGGAA : 345

IR8 : ATGGGACCCGGGCAACCGCCCGCCCGGAGCCGGTGGGAGCAGCCGGGACACCGCCAGAGCCAGGACCGGAGCCGCTGCTGAGTCCGCTGGCCGGCCAGCAGAG : 450
Ranjit : ATGGGACCCGGGCAACCGCCCGCCCGGAGCCGGTGGGAGCAGCCGGGACACCGCCAGAGCCAGGACCGGAGCCGCTGCTGAGTCCGCTGGCCGGCCAGCAGAG : 450
SA6 : ATGGGACCCGGGCAACCGCCCGCCCGGAGCCGGTGGGAGCAGCCGGGACACCGCCAGAGCCAGGACCGGAGCCGCTGCTGAGTCCGCTGGCCGGCCAGCAGAG : 450
Purpleputt : ATGGGACCCGGGCAACCGCCCGCCCGGAGCCGGTGGGAGCAGCCGGGACACCGCCAGAGCCAGGACCGGAGCCGCTGCTGAGTCCGCTGGCCGGCCAGCAGAG : 460
pKNLC1_800 : ATGGGACCCGGGCAACCGCCCGCCCGGAGCCGGTGGGAGCAGCCGGGACACCGCCAGAGCCAGGACCGGAGCCGCTGCTGAGTCCGCTGGCCGGCCAGCAGAG : 460

IR8 : AGCCAGCTCCCGGCGGACACGACAGCAAGCGGAGCGGCGGGGGGGGAGCAGCAGCCAGCTGAGGCGCCAGAGCCGCTGCGGTGACAGCGGGGTTCTTTCCAA : 565
Ranjit : AGCCAGCTCCCGGCGGACACGACAGCAAGCGGAGCGGCGGGGGGGGAGCAGCAGCCAGCTGAGGCGCCAGAGCCGCTGCGGTGACAGCGGGGTTCTTTCCAA : 565
SA6 : AGCCAGCTCCCGGCGGACACGACAGCAAGCGGAGCGGCGGGGGGGGAGCAGCAGCCAGCTGAGGCGCCAGAGCCGCTGCGGTGACAGCGGGGTTCTTTCCAA : 565
Purpleputt : AGCCAGCTCCCGGCGGACACGACAGCAAGCGGAGCGGCGGGGGGGGAGCAGCAGCCAGCTGAGGCGCCAGAGCCGCTGCGGTGACAGCGGGGTTCTTTCCAA : 575
pKNLC1_800 : AGCCAGCTCCCGGCGGACACGACAGCAAGCGGAGCGGCGGGGGGGGAGCAGCAGCCAGCTGAGGCGCCAGAGCCGCTGCGGTGACAGCGGGGTTCTTTCCAA : 575

IR8 : CGACCTGAAAGCGGCGGCTCTGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGG : 621
Ranjit : CGACCTGAAAGCGGCGGCTCTGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGG : 621
SA6 : CGACCTGAAAGCGGCGGCTCTGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGG : 621
Purpleputt : CGACCTGAAAGCGGCGGCTCTGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGG : 690
pKNLC1_800 : CGACCTGAAAGCGGCGGCTCTGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGGCGG : 690

IR8 : ----- : -
Ranjit : ----- : -
SA6 : ----- : -
Purpleputt : ACTTGTGTGGTGA : 819
pKNLC1_800 : ACTTGTGTGGTGA : 819

```

Figure 2 Comparison of nucleotide sequences of ORF of *OsC1* gene cloned from black rice Kham (pKNLC1_800) in this study with those of other rice varieties from GenBank. The black rice was Purpleputtu (Y15219.1). The red box showed 10-bp deletion in exon 3 in white rice; IR8 (KJ934844.1), Ranjit (KJ934843.1) and haplotype SA6 (AB111872).

```

IR8 : MGRRAACAEGMRRGAWTSKEDDVLASYIKSHGEGKWREVPQAGLRRCGKSCRLRWLNLYLPNIRKGNIDDEEELIVR : 80
Ranjit : MGRRAACAEGMRRGAWTSKEDDVLASYIKSHGEGKWREVPQAGLRRCGKSCRLRWLNLYLPNIRKGNIDDEEELIVR : 80
SA6 : MGRRAACAEGMRRGAWTSKEDDVLASYIKSHGEGKWREVPQAGLRRCGKSCRLRWLNLYLPNIRKGNIDDEEELIVR : 80
Purpleputt : MGRRAACAEGMRRGAWTSKEDDVLASYIKSHGEGKWREVPQAGLRRCGKSCRLRWLNLYLPNIRKGNIDDEEELIVR : 80
pKNLC1_800 : MGRRAACAEGMRRGAWTSKEDDVLASYIKSHGEGKWREVPQAGLRRCGKSCRLRWLNLYLPNIRKGNIDDEEELIVR : 80

IR8 : LHLLGNRWSLIAGRLPRTDNEIKNSRSAASADPPPPPPAAAPARRTPPERRTRRPAESCRBASSSSQPPAPTRQ : 160
Ranjit : LHLLGNRWSLIAGRLPRTDNEIKNSRSAASADPPPPPPAAAPARRTPPERRTRRPAESCRBASSSSQPPAPTRQ : 160
SA6 : LHLLGNRWSLIAGRLPRTDNEIKNSRSAASADPPPPPPAAAPARRTPPERRTRRPAESCRBASSSSQPPAPTRQ : 160
Purpleputt : LHLLGNRWSLIAGRLPRTDNEIKNYNNTLSRRIG--TARTPAG-----SRGGSSTDTARATDAASSSSVVPG : 150
pKNLC1_800 : LHLLGNRWSLIAGRLPRTDNEIKNSRSAASADPPPPPPAAAPARRTPPERRTRRPAESCRBASSSSQPPAPTRQ : 160

IR8 : CCRRRRRRRRPPCGRRPCCAFAGSSSTTVKRRPSERRR--RROGN----- : 206
Ranjit : CCRRRRRRRRPPCGRRPCCAFAGSSSTTVKRRPSERRR--RROGN----- : 206
SA6 : CCRRRRRRRRPPCGRRPCCAFAGSSSTTVKRRPSERRR--RROGN----- : 206
Purpleputt : CCGPASSADT---DTATAPAPAAATTTTVAHVAVECTRGFFFFHRETPALAAAAPAPAGELGDGDDVDCDYCSGSS : 226
pKNLC1_800 : CCGPASSADT---DTATAPAPAAATTTTVAHVAVECTRGFFFFHRETPALAAAAPAPAGELGDGDDVDCDYCSGSS : 226

IR8 : ----- : -
Ranjit : ----- : -
SA6 : ----- : -
Purpleputt : SAATTTSSSLPAVVEPCFSAGDDWDDVRLASFLDTDDAWNCA : 272
pKNLC1_800 : SAATTTSSSLPAVVEPCFSAGDDWDDVRLASFLDTDDAWNCA : 272

```

Figure 3 Comparison of deduced amino acid sequences of ORF of *OsC1* gene cloned from black rice Kham (pKNLC1_800) in this study with those of other rice varieties from GenBank. The black rice was Purpleputtu (CAA75509.1). The red arrow showed frameshift mutation caused by 10-bp deletion in R3 region of exon 3 of white rice varieties; IR8 (AID46515.1), Ranjit (AID46514.1) and haplotype SA6 (BAD04027.1).

การสร้าง construct ที่มีชุดยีน *OsC1* สำหรับถ่ายยีนเข้าสู่ข้าว

เมื่อนำยีน *OsC1* ที่ได้จากไบโอมอนของข้าวดำพันธุ์ก่ำมาโคลนเข้าสู่เวกเตอร์ p2CA ทำให้ได้ชุดยีนที่ประกอบด้วยยีน *OsC1* ภายใต้การควบคุมของโปรโมเตอร์ dual 35S เพื่อให้มีการแสดงออกของยีนอย่างสูงและตลอดเวลาในทุกเนื้อเยื่อพืช (constitutive expression) และเทอร์มินเตอร์ *nos* (dual 35SP::*OsC1*::*Tnos*) หลังจากนั้น โคลนชุดยีนเข้าสู่พลาสมิด pCAMBIA1305.1 ทำการถ่ายพลาสมิด construct เข้าสู่อะโกรแบคทีเรียสายพันธุ์ EHA105 และคัดเลือกโคลนที่ได้รับพลาสมิด construct ด้วยวิธีพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *OsC1* พบว่า ได้โคลนที่ให้แถบดีเอ็นเอที่คาดหวังขนาดประมาณ 800 bp แสดงว่า ได้รับยีน *OsC1* (Figure 4) จึงคัดเลือกโคลนที่ได้ และนำไปใช้ถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวเพื่อศึกษาหน้าที่ของยีน *OsC1* ต่อไป

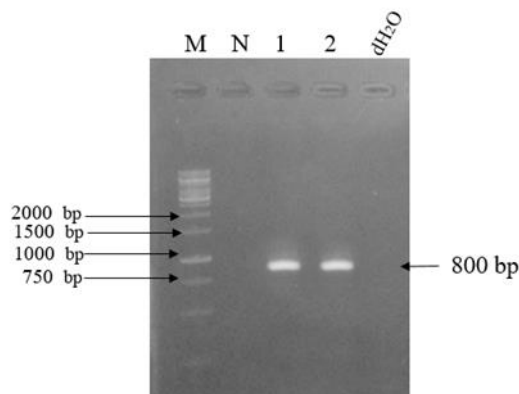


Figure 4 PCR analysis of *Agrobacterium tumefaciens* strain EHA105 harboring T-DNA vector pCAMBIA1305.1 containing *OsC1* gene expression cassette (dual 35SP::*OsC1*::*Tnos*).using primers specific to *OsC1* gene. Lane M; 1 kb DNA ladder, Lane N; non-transformed *A. tumefaciens* (negative control), Lane 1 and 2; transformed *A. tumefaciens* clone no. 1 and 2, respectively, dH₂O; distilled water (negative control).

การถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวโดยอะโกรแบคทีเรีย

หลังจากชักนำเมล็ดข้าวขาวพันธุ์ Kitaake ให้เกิดแคลลัสเป็นเวลา 4-5 สัปดาห์ พบว่า แคลลัสมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนและมีลักษณะกลมแน่น สีเหลืองอ่อนเหมาะสำหรับการถ่ายยีน เมื่อนำแคลลัสที่ได้มาถ่ายยีนด้วยอะโกรแบคทีเรียสายพันธุ์ EHA105 ที่มีพลาสมิด pCAMBIA 1305.1 ซึ่งมีชุดยีน dual 35SP::*OsC1*::*Tnos* และทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายยีนด้วยวิธี GUS assay ภายหลังจากเลี้ยงร่วมกับอะโกรแบคทีเรียเป็นเวลา 3 วัน พบว่า แคลลัสเกิดสีฟ้าคิดเป็น 20% แสดงว่า แคลลัสได้รับยีนและมีการแสดงออกของยีน *gus* (Figure 5)

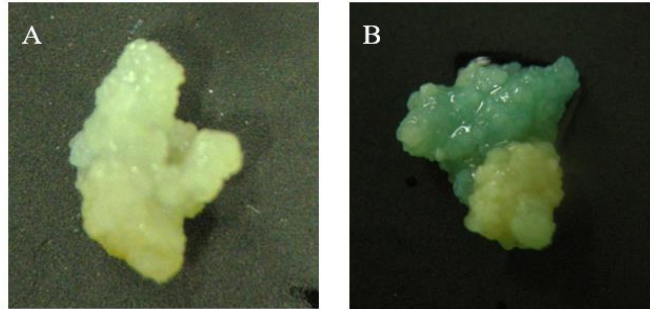


Figure 5 Transient GUS expression in calli of rice cv. Kitaake after 3-day co-cultivation. A; untransformed (control) calli. B; transformed calli.

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การค้นหายีน *OsC1* ซึ่งเป็นยีนสร้างทรานสคริปชันแฟกเตอร์ชนิด R2R3 MYB ทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในข้าว โดยนำ cDNA จากใบอ่อนของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำพันธุ์เก่า มาทำพีซีอาร์โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อบริเวณ coding sequence ของยีน *OsC1* พบการแสดงออกของยีน *OsC1* ในเนื้อเยื่อใบอ่อนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Na-Rachasima *et al.* (2017) ที่พบการแสดงออกของยีน *OsC1* ในข้าวดำพันธุ์เก่าทั้งในต้นอ่อนและในเมล็ดอ่อนอายุต่างกัน นอกจากนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen *et al.* (2016) ที่พบการแสดงออกของยีน *OsC1* อย่างสูงในข้าวที่มีกาบใบสีม่วงเข้ม และรายงานของ Shih *et al.* (2008) พบการแสดงออกของยีน *OsC1* ในต้นอ่อนของข้าวที่มีสีม่วง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง

การวิเคราะห์ลำดับเบสและลำดับกรดอะมิโนบริเวณ ORF ของยีน *OsC1* พบว่า มีขนาด 819 คู่เบส และ 272 หน่วย ตามลำดับ และมีความเหมือนกับลำดับเบสและลำดับกรดอะมิโนของยีน *OsC1* จากข้าวดำพันธุ์ Purpleputtu (Reddy *et al.*, 1998) ที่มีรายงานใน GenBank 100% เมื่อเปรียบเทียบกับยีน *OsC1* จากข้าวขาวบางพันธุ์ในฐานข้อมูลที่น่าวิเคราะห์ พบว่า ในข้าวขาวมียีน *OsC1* เกิดการกลายพันธุ์แบบ InDel โดยเกิดการขาดหายไป 10 คู่เบส ที่นิวคลีโอไทด์ตำแหน่ง 320-329 ในบริเวณเอกซอนที่ 3 ทำให้เกิด frameshift mutation ที่ตำแหน่งกรดอะมิโน 106 และได้สายโพลีเพปไทด์สั้นลง การเกิด frameshift mutation เกิดในบริเวณที่สำคัญ คือ R3 ซึ่งเป็นบริเวณของ DNA-binding domain ของโปรตีนทรานสคริปชันแฟกเตอร์ชนิด R2R3 MYB ทำให้เกิด premature stop codon ส่งผลให้ยีน *OsC1* ในข้าวขาวและแดงไม่ทำงาน (Saitoh *et al.*, 2004; Na-Rachasima *et al.*, 2017) นอกจากนี้ มีรายงานว่าในข้าวส่วนใหญ่ที่ apiculus ไม่มีสี และในข้าวที่มีกาบใบสีเขียว พบการขาดหายไป 10 คู่เบส ในยีน *OsC1* เช่นเดียวกัน (Choudhury *et al.* 2014; Chin *et al.*, 2016) ดังนั้น ยีน *OsC1* อาจมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในเนื้อเยื่อข้าว

เมื่อนำยีน *OsC1* ที่โคลนได้มาสร้าง construct โดยให้มีชุดยีนประกอบด้วยยีน *OsC1* อยู่ภายใต้การควบคุมของโปรโมเตอร์ dual 35S และเทอร์มินเตอร์ *nos* (dual 35SP::*OsC1*::*Tnos*) และโคลนชุดยีนนี้เข้าสู่พลาสมิด pCAMBIA1305.1 ซึ่งมียีนต้านทานสารปฏิชีวนะไฮโกราไมซิน (*hptII*) เป็นยีนเครื่องหมายคัดเลือก และยีน *gus* เป็นยีน

รายงานผล การถ่ายยีน *OsC1* เข้าสู่แคลลัสของข้าวพันธุ์ Kitaake ซึ่งมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวด้วยอะโกรแบคทีเรีย พบว่า แคลลัสมีการแสดงออกของยีน *gus* คิดเป็น 20% แสดงว่า ประสิทธิภาพการถ่ายยีนเข้าสู่แคลลัสค่อนข้างต่ำ

ในการศึกษาขั้นต่อไปจะเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายยีนเข้าสู่ข้าวและศึกษาหน้าที่ของยีน *OsC1* ในการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในแคลลัสและเนื้อเยื่อต่างๆ ของต้นข้าวที่ได้รับยีน เพื่อให้เข้าใจกลไกการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในข้าว และประยุกต์ใช้เป็นยีนเครื่องหมายหรือยีนรายงานผลในระบบการถ่ายยีนในข้าว และนำไปพัฒนาเป็นยีนเครื่องหมายในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวระดับโมเลกุลเพื่อให้ได้ข้าวพันธุ์ดีที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผ่านสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- Chin, H.S., Y.P. Wu, A.L. Hour, C.Y. Hong and Y.R. Lin. 2016. Genetic and evolutionary analysis of purple leaf sheath in rice. **Rice** 9(1): 8.
- Choudhury, B.I., M.L. Khan and S. Dayanandan. 2014. Patterns of nucleotide diversity and phenotypes of two domestication related genes (*OsC1* and *Wx*) in indigenous rice varieties in Northeast India. **BMC Genetics** 15(1): 71.
- Endo, S., K. Sugita, M. Sakai, H. Tanaka and H. Ebinuma. 2002. Single-step transformation for generating marker-free transgenic rice using the *ipt*-type MAT vector system. **The Plant Journal** 30(1): 115-122.
- Geekiyana, H., G.A. Jicha, P.T. Nelson and C. Chan. 2012. Blood serum miRNA: non-invasive biomarkers for Alzheimer's disease. **Experimental Neurology** 235(2): 491-496.
- Inta, P., W. Phongburaphat, S. Pongjareankit, S. Chowpongpan, V. Sangtong. and C. Sakulsingharoj. 2013. Cloning and characterization of *OSB2* gene controlling anthocyanin biosynthesis in rice. **Thai Journal of Genetics** 6(1): 25-29.
- Jefferson, R.A. 1987. Assaying chimeric genes in plants: the *GUS* gene fusion system. **Plant Molecular Biology Reporter** 5(4): 387-405.
- Na-Rachasima, L., R. Sukkasem, S. Pongjaroenkit, V. Sangtong, S. Chowpongpan and C. Sakulsingharoj. 2017. Expression analysis and nucleotide variation of *OsC1* gene associated with anthocyanin pigmentation in rice. **Genomics and Genetics** 10(3): 46-53.
- Rahman, M.M., K.E. Lee and S.G. Kang. 2016. Allelic gene interaction and anthocyanin biosynthesis of purple pericarp trait for yield improvement in black rice. **Journal of Life Science** 26(6): 727-736.

- Rahman, M.M., K.E. Lee, E.S. Lee, M.N. Matin, D.S. Lee, J.S. Yun, J.B. Kim and S.G. Kang. 2013. The genetic constitutions of complementary genes *Pp* and *Pb* determine the purple color variation in pericarps with cyanidin-3-O-glucoside depositions in black rice. **Journal of Plant Biology** 56(1): 24-31.
- Reddy, V.S., B.E. Scheffler, U. Wienand, S.R. Wessler and A.R. Reddy. 1998. Cloning and characterization of the rice homologue of the maize *C1* anthocyanin regulatory gene. **Plant Molecular Biology** 36: 497-498.
- Saitoh, K., K. Onishi, I. Mikami, K. Thidar and Y. Sano. 2004. Allelic diversification at the *C* (*OsC1*) locus of wild and cultivated rice. **Genetics** 168(2): 997-1007.
- Sakamoto, W., T. Ohmori, K. Kageyama, C. Miyazaki, A. Saito, M. Murata, K. Noda and M. Maekawa. 2001. The Purple leaf (*Pl*) locus of rice: The *Pl^w* allele has a complex organization and includes two genes encoding basic helix-loop-helix proteins involved in anthocyanin biosynthesis. **Plant and Cell Physiology** 42(9): 982-991.
- Sakulsingharoj, C., P. Inta, R. Sukkasem, S. Pongjaroenkit, S. Chowpongpan and V. Sangtong. 2014. Overexpression of *OSB2* gene in transgenic rice up-regulated expression of structural genes in anthocyanin biosynthesis pathway. **Genomics and Genetics** 7(3): 173-182.
- Sakulsingharoj, C., K. Phanlumpak, P. Inta, S. Pongjaroenkit and V. Sangtong. 2015. Transformation of Rice (*Oryza sativa*) Cultivar Taichung 65 Mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. pp. 189-196. *In* **Biology Education and Research in a Changing Planet**. Singapore: Springer.
- Sakulsingharoj, C., P. Inta, R. Sukkasem, S. Pongjaroenkit, S. Chowpongpan and V. Sangtong. 2016. Cloning and characterization of *OSB1* gene controlling anthocyanin biosynthesis from Thai black rice. **Genomics and Genetics** 9(1): 7-18.
- Shih, C. H., H. Chu, L.K. Tang, W. Sakamoto, M. Maekawa, I.K. Chu, M. Wang and C. Lo. 2008. Functional characterization of key structural genes in rice flavonoid biosynthesis. **Planta** 228(6): 1043-1054.
- Toki, S. 1997. Rapid and efficient *Agrobacterium*-mediated transformation in rice. **Plant Molecular Biology Reporter** 15(1): 16-21.

การแยกและคัดเลือกยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงจากน้ำผึ้งท้องถิ่นเพื่อผลิตเอทานอล

Isolation and Screening of Osmophilic Yeast from Local Honey for Ethanol Production

โซเดีย มาหะมะ อัมณี มะงง และวาสนา มู่สา*

Sodia Mahama, Amnee Mangon and Vassana Musa*

โปรแกรมวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

Program in Biology and Applied Biology, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: Mvassana@yahoo.com

บทคัดย่อ

การแยกและคัดเลือกยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงจากน้ำผึ้งท้องถิ่น โดยเก็บตัวอย่างน้ำผึ้งจากพื้นที่ในจังหวัดนราธิวาส 3 แห่ง คือ อำเภอบาเจาะ อำเภอสรีสาคร และอำเภอรือเสาะ พบว่าสามารถแยกเชื้อยีสต์ที่เจริญในอาหาร Selective enrichment ที่มีกลูโคสร้อยละ 4.5 ได้ทั้งหมด 6 ไอโซเลท คือ BD1-1, SC3-1, SC3-2, SC3-3, YP2-1 และ YP2-2 และทดสอบความสามารถในการหมักน้ำตาล 5 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส แลคโตส ซูโครส ฟรุกโตส และแมนนิทอล พบว่ายีสต์ทั้ง 6 ไอโซเลท สามารถหมักน้ำตาลได้แตกต่างกัน แต่ทั้ง 6 ไอโซเลท สามารถหมักกลูโคสได้ดี เมื่อนำยีสต์ทั้ง 6 ไอโซเลท มาทดสอบการหมักเอทานอลโดยหมักในอาหารสูตร YM Broth (Yeast Malt Broth) ที่มีความเข้มข้นของกลูโคส 5, 7 และ 10% พบว่าที่ความเข้มข้นของกลูโคส 10% ยีสต์ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุดทั้ง 2 ไอโซเลท โดยสามารถผลิตได้ปริมาณเอทานอล 3.95% เมื่อเปรียบเทียบกับ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งผลิตเอทานอลได้ 4.6% ที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคส 10%

คำสำคัญ: ยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูง เอทานอล การทดสอบทางชีวเคมี น้ำผึ้ง

Abstract

Osmophilic yeast was isolated and screened from local honey in Narathiwat province from three districts including Bacho, Sri Sakhorn, and Rueso. Six isolates; BD1-1, SC3-1, SC3-2, SC3-3, YP2-1 and YP2-2 were screened from selective enrichment technique with 4.5% (w/v) of glucose. Moreover, using five sugars for fermentation test (Glucose, Lactose, Sucrose, Fructose and Mannitol) was studied. Although each isolate could ferment glucose efficiently. Ethanol production of six isolates was observed in Yeast Malt Broth (YM Broth) with different glucose concentration (5, 7 and 10% (w/v)). BD1-1 and SC3-3 produced the highest amount of ethanol at 3.95% (w/v) compared with *Saccharomyces cerevisiae* that gave 4.6% (w/v) when 10% (w/v) of glucose was used as substrate.

Keywords: osmophilic yeast, ethanol, biochemical test, honey

คำนำ

ยีสต์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ (สาวิตรี, 2549) แหล่งที่พบยีสต์ได้บ่อยๆ คือ แหล่งที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง เช่น ผลไม้ที่มีรสหวาน น้ำหวานของดอกไม้ หรือน้ำผึ้ง ซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ และมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญ ปัจจุบันมนุษย์นำยีสต์มาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง การแพทย์ การเกษตร ผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และผลิตเอทานอล

ในปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงจากธรรมชาติมีปริมาณลดน้อยลง ดังนั้นการเสาะหาพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจสูง ในกระบวนการผลิตเอทานอลเกิดจากการหมักวัตถุดิบประเภทพืช ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม เช่นกากน้ำตาล โดยมาหมักกับยีสต์ เพราะฉะนั้นในกระบวนการหมักสายพันธุ์ของยีสต์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการคัดเลือกยีสต์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในการผลิตเอทานอล โดยมุ่งสนใจการคัดแยกสายพันธุ์ยีสต์จากน้ำผึ้ง จากการศึกษาพบว่ายีสต์มีความสัมพันธ์กับผึ้ง ผึ้งจะได้อาหารจากเกสรและน้ำหวานจากดอกไม้ซึ่งเป็นผลให้เกิดการผสมพันธุ์ในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด ยีสต์ส่วนใหญ่เป็นสปีชีส์ในสกุล *Saccharomyces*, *Pichia*, *Hansenula*, *Candida* และ *Kloeckera* อาจทำให้เกิดการหมักของน้ำตาลในรังผึ้งที่ถูกเจาะจางด้วยน้ำฝนที่เข้าไปเป็นผลให้เชื้อและหนอนตาย บางครั้งพบว่ายีสต์ความเข้มข้นสูงในทางเดินอาหารของผึ้งมากกว่าในน้ำหวานที่ผึ้งกินซึ่งเชื่อว่าการเกิดจากผลร่วมของการมีน้ำหวานเข้มข้นขึ้นจากการกระทำของผึ้งและการเพิ่มจำนวนของยีสต์ (สาวิตรี, 2549) การผลิตเอทานอลโดยยีสต์สายพันธุ์ทั่วไปซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ทนต่อความหวาน เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลสูงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ คือ การที่กลูโคสหรือแป้ง (คาร์โบไฮเดรต) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้ความสามารถในการหายใจเสียไปหรือเรียกว่า Crabtree หรือ Glucose effect ซึ่งเป็นการกดต้นเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นเมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อมีคาร์โบไฮเดรตความเข้มข้นระดับหนึ่งคือ มีกลูโคส หรือซูโครส ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 0.02-0.1 โดยมวล ทำให้การหายใจถูกยับยั้งอย่างรุนแรง (สาวิตรี, 2549) ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการผลิตของเอทานอลลดลง เนื่องจากในสภาพที่มีเอทานอลสูง การเจริญและการหมักเอทานอลด้วยยีสต์จะถูกยับยั้ง (วรลักษณ์, 2556) ร่วมกับความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงขึ้น แนวทางแก้ไขปัญหานี้คือการใช้ยีสต์สายพันธุ์ที่ชอบแรงดันออสโมติกสูง (osmophilic yeast) ซึ่งเจริญในสภาพที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง ค่า water activity ต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสีย ซึ่งจะช่วยให้สามารถเจริญและหมักเอทานอลได้ดีที่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเพื่อคัดเลือกเชื้อยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูง จากน้ำผึ้งเพื่อใช้ในการหมักให้ได้เอทานอล

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเชื้อยีสต์จากตัวอย่างน้ำผึ้ง

การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาแยกยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงโดยเก็บตัวอย่างน้ำผึ้งจากแหล่งต่าง ๆ 3 แห่งในจังหวัดนราธิวาส คือ เขาบูโด อำเภอบาเจาะ เขาศรีสาคร อำเภอศรีสาคร และเขาอีลาแป อำเภอเรือเสาะ ทำการแยกยีสต์ที่สามารถเจริญในอาหารที่มีความหวานสูง โดยใช้ Selective enrichment technique ในอาหาร Yeast Malt Broth (YM broth) (Yeast extract 3 g/L, Malt extract 3 g/L, Peptone 5 g/L, Glucose 10 g/L) ปรับ pH ให้ได้ 6.0 ซึ่งจะทำให้การแยกเชื้อโดยนำตัวอย่างที่เก็บได้ 10 มล. ใส่ลงในอาหาร YM broth ที่มีกลูโคสร้อยละ 4.5

ปริมาตร 100 มล. และบ่มบนเครื่องเขย่า ที่อุณหภูมิ 35°C. ความเร็ว 150 รอบต่อนาที นาน 2 วัน จากนั้นนำ culture broth มา streak บนอาหาร YM agar บ่มที่อุณหภูมิ 35°C. จากนั้นนำมาทำให้ได้เชื้อบริสุทธิ์โดยทำ cross streak และเก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ไว้บนอาหารวุ้นผิวเอียง YM slant เพื่อใช้ศึกษาต่อไป

2. การจำแนกชนิดของยีสต์

2.1 ศึกษาลักษณะการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ

เพาะเลี้ยงยีสต์ที่แยกได้บนอาหาร YM agar บ่มที่อุณหภูมิ 35°C. นาน 2 วัน แล้วบันทึกลักษณะโคโลนีของยีสต์ที่ได้บนอาหาร YM agar เช่น สี ผิวหน้า ความหนูน และขอบโคโลนี แล้วนำมาศึกษารูปร่างเซลล์ การแตกหน่อ โดยการส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 400 เท่า

2.2 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และชีวเคมีของยีสต์ที่แยกได้

ทำโดยนำยีสต์บริสุทธิ์มาย้อมด้วยสี methylene blue แล้วดูรูปร่างของเซลล์ การแตกหน่อด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ และทดสอบลักษณะทางชีวเคมีโดยการหมักน้ำตาล 5 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส แลคโตส ซูโครส ฟรุกโตส และ แมนนิทอล ทำการทดสอบโดยนำเชื้อที่แยกได้มา 1 ลูบเพาะลงในอาหาร YM broth ที่บรรจุในหลอดทดลองปริมาตรอาหาร 10 มล. และมีหลอดดักแก๊สบ่มที่อุณหภูมิ 37°C. เป็นเวลา 2 วัน สังเกตหลอดที่เกิดแก๊ส แสดงว่ายีสต์สามารถหมักย่น้ำตาลได้ (รอฮัน และอชมาวตี, 2557)

3. การหมักเอทานอลในอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคสระดับความเข้มข้นต่างๆ

3.1 การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น

การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้นโดยเพาะเลี้ยงยีสต์ 1 ลูบ ลงในอาหาร YM broth ที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. ปริมาตรอาหาร 100 มล. (pH 6.0) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อ (inoculum) ของการหมักเอทานอลต่อไป

3.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับใช้หมักเอทานอล

อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับใช้หมักเอทานอลใช้อาหาร YM broth โดยจะปรับความเข้มข้นให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นได้แก่ 5, 7 และ 10% (pH 6.0) ปริมาตรอาหาร 100 มล. จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 °C. เป็นเวลา 15 นาที

3.3 การหมักเอทานอล

การหมักเอทานอลโดยยีสต์ที่คัดเลือกได้ โดยนำกล้าเชื้อยีสต์เริ่มต้นในข้อ 3.2 และใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (เป็นตัวควบคุม) ไปทดสอบความสามารถในการผลิตเอทานอลในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2 โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้นร้อยละ 10 แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25°C. จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างเมื่อการหมักเสร็จสิ้น มาทำการวัดปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง Ebulliometer

ผลการวิจัย

1. ผลการแยกเชื้อยีสต์จากตัวอย่างน้ำผึ้ง

ทำการแยกเชื้อยีสต์ที่ชอบแรงดันออกซิเจนสูงจากตัวอย่างน้ำผึ้งในจังหวัดนราธิวาส ทั้งหมด 3 แหล่ง พบว่า ได้ยีสต์ทั้งหมด 6 ไอโซเลท คือ น้ำผึ้งจากอำเภอบาเจาะ อำเภอศรีสาคร และอำเภอรือเสาะจำนวน 1 (BD1-1), 3 (SC3-1, SC3-2 และ SC3-3) และ 2 (YP2-1 และ YP2-2) ไอโซเลท แสดงใน Table 1

2. ผลการจำแนกชนิดของยีสต์

2.1 ผลการศึกษาลักษณะการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อและลักษณะทางสัณฐานวิทยา

Table 1 Cultural and morphological characteristics of yeast isolated from local honey

Yeast isolates	Cultural and Morphological characteristics			
	Cells shape	Surface	Margin	Colour
BD1-1	globular	smooth	irregular	creamy white
SC3-1	globular	smooth	circular	creamy white
SC3-2	globular	smooth	circular	creamy yellow
SC3-3	globular	smooth	circular	creamy white
YP2-1	globular	smooth	circular	creamy yellow
YP2-2	globular	smooth	irregular	creamy white

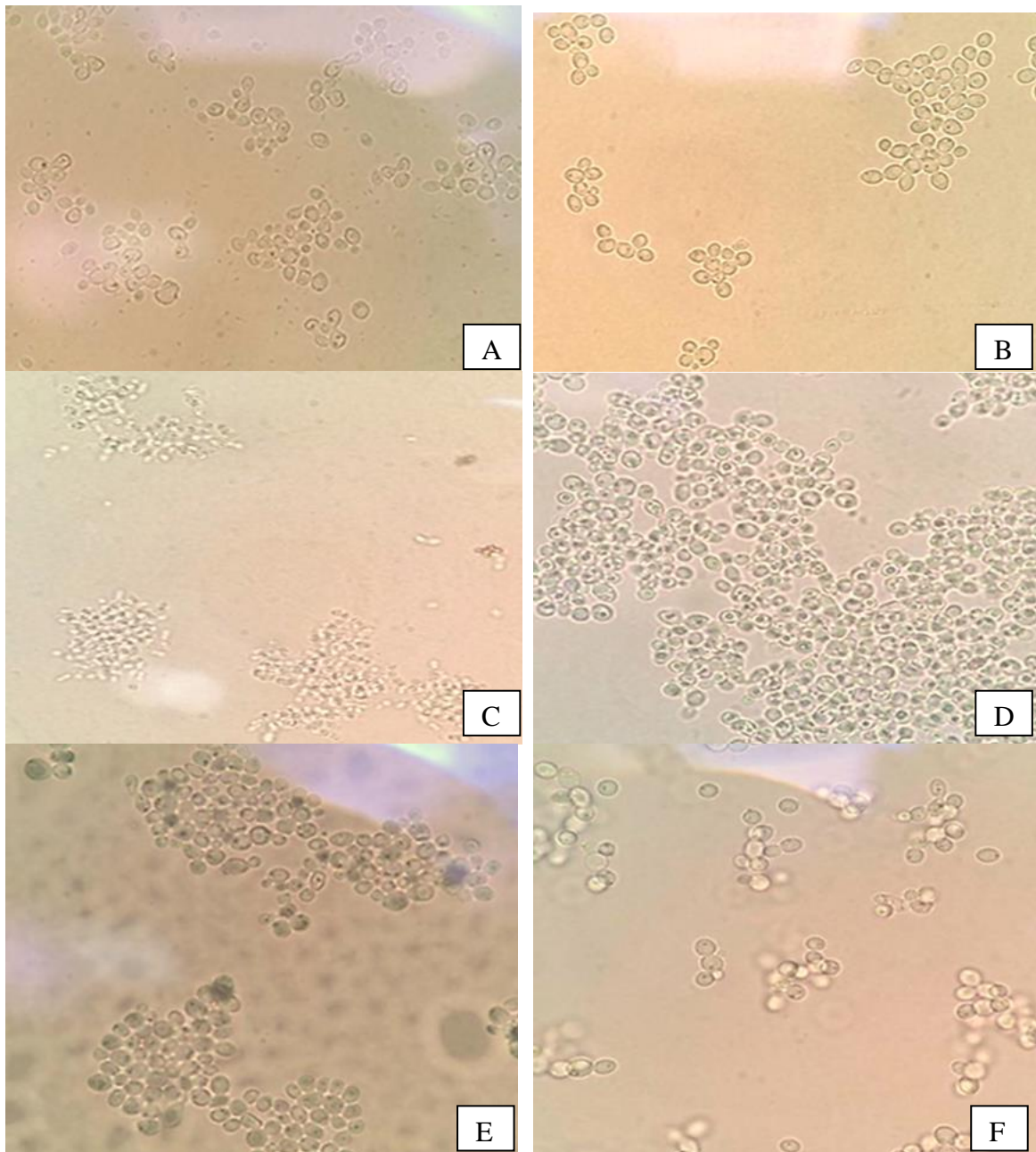


Figure 1 Morphology of isolated yeast strains (X 400)

A) BD1-1 B) SC3-1 C) SC3-2 D) SC3-3 E) YP2-1 F) YP2-2

2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของยีสต์ที่แยกได้โดยการทดสอบทางชีวเคมี

จากการศึกษาลักษณะด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของยีสต์ที่แยกได้จากตัวอย่างน้ำผึ้งทั้ง 6 ไอโซเลท คือ BD1-1 SC3-1 SC3-2 SC3-3 YP2-1 และ YP2-2 โดยทดสอบความสามารถในการใช้น้ำตาล 5 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส แลคโตส ซูโครส ฟรุคโตส และ แมนนิทอล พบว่าทั้ง 6 ไอโซเลท สามารถใช้น้ำตาลได้ทั้ง 5 ชนิด โดยผลที่ได้จากการหมักของเชื้อยีสต์ในเวลา 2 วัน จะเกิดแก๊สอยู่ในหลอดดักแก๊สเต็มหลอดและมีแก๊สปานกลางในหลอด Durham แตกต่างกัน สังเกตเห็นได้ว่าไอโซเลท BD1-1, SC3-1, SC3-2, SC3-3, YP2-1 และ YP2-2 ที่ทดสอบในน้ำตาลกลูโคส จะมีแก๊สในหลอดดักแก๊สเต็มหลอดซึ่งแสดงว่าทั้ง 6 ไอโซเลทมีความสามารถในการใช้กลูโคสได้แตกต่างกัน โดยเป็นไปตามการศึกษาของสาวิตรี (2549) ที่กล่าวว่า ยีสต์มีความสามารถในการหมักน้ำตาลต่างๆ เช่น *Kluyveromy* *Saccharomyces* และ *Zygosaccharomyces* สามารถหมักน้ำตาลอย่างรุนแรงโดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคส ในขณะที่ยีสต์ทั้ง 6 ไอโซเลท ที่คัดแยกได้เมื่อทำการทดสอบในแมนนิทอล จะมีแก๊สที่อยู่ในหลอดดักแก๊สปานกลางเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าทั้ง 6 ไอโซเลทสามารถที่จะใช้แมนนิทอลเหมือนกันแต่หมักได้น้อย

Table 2 Sugar fermentation of isolated yeast

Yeast Isolates	Type of sugar				
	Glucose	Lactose	Sucrose	Fructose	Mannitol
BD1-1	+ ++	+++	+++	+++	++
SC3-1	+ ++	+++	++	+++	++
SC3-2	+ ++	++	+++	+++	++
SC3-3	+ ++	+++	+++	+++	++
YP2-1	+ ++	+++	+++	++	++
YP2-2	+ ++	++	+++	++	++

หมายเหตุ: +++ เท่ากับ มีแก๊สเต็มในหลอดดักแก๊ส

++ เท่ากับ มีแก๊สปานกลางในหลอดดักแก๊ส

3. ผลการทดสอบการหมักเอทานอลจากยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงที่แยกได้

การทดสอบประสิทธิภาพในการหมักเอทานอลของยีสต์ที่แยกได้ทั้งหมด 6 ไอโซเลท ได้แก่ BD1-1 SC3-1 SC3-2 SC3-3 YP2-1 และ YP2-2 โดยใช้ *S. cerevisiae* เป็นตัวควบคุมเลี้ยงในอาหารสูตร YM broth ที่มีระดับความเข้มข้นของกลูโคสต่างกัน คือ 5, 7 และ 10% ทำการหมักจนเสร็จสิ้นกระบวนการหมัก พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคส 5% มี 5 ไอโซเลท ที่สามารถหมักเอทานอลได้ คือ BD1-1 SC3-1 SC3-3 YP2-1 YP2-2 ซึ่ง 5 ไอโซเลทนี้มีปริมาณเอทานอลเท่ากัน คือ 2.15% ส่วน SC3-2 ไม่เกิดการหมักที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคส 7% เชื้อยีสต์ที่ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด ร้อยละ 3.3 คือ ไอโซเลท SC3-1 และ YP2-1 ส่วนไอโซเลท SC3-2 มีปริมาณเอทานอลน้อยสุด คือ 0.54% และที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคส 10% เชื้อยีสต์ที่ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด 3.95% คือ BD1-1 และ SC3-3 ส่วนไอโซเลท SC3-2 ไม่เกิดการหมักแต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเอทานอลจากระดับความเข้มข้นของกลูโคส 5 และ 10% ของไอโซเลท BD1-1, SC3-1, SC3-2, SC3-3, YP2-1 และ YP2-2 ยังน้อยกว่า *S. cerevisiae* ที่ระดับ

ความเข้มข้นของกลูโคส 5 และ 10% มีปริมาณเอทานอลเท่ากับ 3.3 และ 4.6% ตามลำดับ แต่ยกเว้นปริมาณเอทานอลจากระดับความเข้มข้นของกลูโคส 7% ไอโซเลท SC3-1 และ YP2-1 มีปริมาณเอทานอลเท่ากับ *S. cerevisiae* คือ 3.3 % นอกเหนือจากนั้นมีปริมาณเอทานอลน้อยกว่า *S. cerevisiae* แสดงดัง Table 3

Table 3 Ethanol concentration of isolated yeast

Sugar concent ration (%)	Percentage of ethanol (%)						
	<i>S. cerevisiae</i> (control)	BD1-1	SC3-1	SC3-2	SC3-3	YP2-1	YP2-2
5	3.3±0.21	2.15±0.21	2.15±0.12	0	2.15±0.14	2.15±0.17	2.15±0.19
7	3.3±0.15	2.72±0.11	3.3±0.16	0.54±0.17	2.72±0.15	3.3±0.21	2.72±0.28
10	4.6±0.11	3.95±0.24	2.72±0.19	0	3.95±0.25	3.3± 0.11	3.3±0.22

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการแยกและคัดเลือกยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงจากน้ำผึ้งท้องถิ่น ได้ยีสต์ทั้งหมด 6 ไอโซเลท คือ BD1-1 SC3-1 SC3-2 SC3-3 YP2-2 และ YP2-2 พบว่า ทั้ง 6 ไอโซเลท มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกัน และสามารถหมักน้ำตาลได้เอทานอลที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคส 5, 7 และ 10% โดยไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 สามารถหมักให้เอทานอลได้สูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นของกลูโคส 10% รองลงมาคือ ไอโซเลท SC3-1 และ YP2-1 ที่หมักกลูโคส 7% แต่น้อยกว่าปริมาณเอทานอลที่ผลิตโดย *S. cerevisiae* อาจเนื่องมาจากยีสต์ที่แยกได้เป็น wild type โดยหมักน้ำตาลได้เอทานอลโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้น ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 มีปริมาณเอทานอลสูงที่สุดเท่ากับ 3.95% ที่ความเข้มข้นของกลูโคส 10% และรองลงมาคือ ไอโซเลท SC3-1 และ YP2-1 มีปริมาณเอทานอลสูงที่สุดเท่ากับ 3.3% ที่ความเข้มข้นของกลูโคส 7% เช่นเดียวกับการศึกษาของ วันดี (2543) ที่ได้ศึกษาชนิดและประสิทธิภาพของยีสต์ที่แยกได้จากผลองุ่นพันธุ์ป๊อกดำ โดยหมักในน้ำองุ่นเข้มข้น 20 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดต่าง 4.5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า *Candida glabrata* *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia burtonii* และ *Saccharomyces fibuligera* มีปริมาณเอทานอลออกฮอลล์ 4.65 3.54 3.50 และ 0.53% ตามลำดับ ซึ่งเอทานอลออกฮอลล์ที่ได้มีปริมาณใกล้เคียงกับไอโซเลท BD1-1 SC3-3 SC3-1 และ YP2-1 ในขณะที่นิภาพร และชลันธร (2550) ศึกษาการคัดแยกเชื้อยีสต์จากผลเม่าเพื่อหมักไวน์ พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ My8 มีปริมาณเอทานอลสูงสุดเฉลี่ย 11.30% และยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 30°C. และปริณูพันธุ์ และเมทีนี (2556) พบว่า ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้เร็วและสูงสุดที่อุณหภูมิ 35°C. ในวันที่ 8 ของการหมัก โดยปริมาณเอทานอลที่ได้เท่ากับ 8.0% (v/v) ดังนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์อยู่ในช่วง 30-35°C. จึงจะสามารถทำให้ยีสต์ผลิตเอทานอลได้ดี รายงานของ Negi *et al.* (2015) ที่คัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงจากผลไม้ พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ N สามารถทนความหวานได้ไม่เกิน 30% ผลิตเอทานอลได้ไม่เกิน 12 % (v/v) และ Lee *et al.* (2011) คัดเลือกยีสต์ชอบแรงดันออสโมติกสูงจากผิวของผลไม้ต่างๆ และองุ่น พบว่า ไอโซเลท Lv001 Nk28 และ Parisienne สามารถทนเดกซ์โทรสเข้มข้น 30% ผลิตเอทานอลได้ 7% ส่วนชุติกากูญณ์ และคณะ (2556) ทำการแยกยีสต์จากผลไม้ พบว่า

Hanseniaspora uvarum หมักให้อเอทานอล 2% โดยปริมาตร แต่ไม่ต่อทนความเข้มข้นเอทานอลในระหว่างหมักไม่เกิน 5% โดยปริมาตร ซึ่งจะเห็นว่ายีสต์ wild type ที่แยกได้ สามารถหมักให้อเอทานอลได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลอง osmophilic yeast สามารถทำงานได้เมื่อมีน้ำตาลกลูโคสเพียง 10% ในขณะที่กลุ่ม osmotolerant yeast เจริญได้ในน้ำตาลที่มีความเข้มข้น 40-70% (Lodder, 1970)

สรุปผลการวิจัย

จากการคัดแยกเชื้อยีสต์ที่มีความสามารถทนความหวานจากตัวอย่างน้ำผึ้ง สามารถแยกยีสต์ได้ 6 ไอโซเลท ได้แก่ BD1-1, SC3-1, SC3-2, SC3-3, YP2-1 และ YP2-2 เมื่อนำมาหมักเพื่อทดสอบการผลิตเอทานอลในสูตรอาหาร YM broth ที่มีความเข้มข้นของกลูโคส 5, 7 และ 10% พบว่ายีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุดในสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นของกลูโคส 10% ได้ปริมาณเอทานอล 3.95% ได้แก่ ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 ซึ่งทั้งไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 สามารถผลิตเอทานอลได้ไม่แตกต่างกันในสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ความเข้มข้น นอกจากนี้ทั้งสองไอโซเลทสามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุดเมื่อเทียบกับเชื้อยีสต์ไอโซเลท SC3-1 SC3-2 YP2-1 และ YP2-2 ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างน้ำผึ้ง สามารถหมักให้อเอทานอลได้สูงสุด โดยไอโซเลท BD1-1 มีรูปร่างโคโลนีกลม นูน ผิวหน้าเรียบ ด้าน ขอบหยักและมีสีขุ่น และไอโซเลท SC3-3 มีรูปร่างโคโลนีกลมไม่นูน ผิวหน้าขรุขระ ด้าน ขอบเรียบและมีสีขุ่น จากการทดสอบการหมักย้อยน้ำตาล พบว่ายีสต์ที่คัดแยกได้ 6 ไอโซเลท สามารถใช้น้ำตาลน้ำตาลกลูโคส แลคโตส ซูโครส ฟรุคโตส และ แมนนิทอลได้ โดยเฉพาะกลูโคสยีสต์สามารถใช้ในการหมักได้ ทำให้เกิดแก๊สในหลอดดักแก๊สเต็มหลอดเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถการผลิตเอทานอลจากสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นของกลูโคสต่างกันระหว่างเชื้อยีสต์ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 และ *S. cerevisiae* พบว่า *S. cerevisiae* มีความสามารถในการผลิตเอทานอลได้ดีกว่ายีสต์ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 โดยผลิตเอทานอลได้เท่ากับ 3.33 และ 4.6% ที่ความเข้มข้นของกลูโคส 5, 7 และ 10% ตามลำดับ ขณะที่ยีสต์ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 ผลิตเอทานอลได้เท่ากับ 2.15, 2.72 และ 3.95% ที่ความเข้มข้นของกลูโคส 5 7 และ 10% ตามลำดับ จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายีสต์ไอโซเลท BD1-1 และ SC3-3 ที่แยกได้จากตัวอย่างน้ำผึ้งสามารถหมักเอทานอลได้และสามารถหมักน้ำตาลกลูโคสได้ แต่ผลิตเอทานอลได้ต่ำกว่า *S. cerevisiae* ดังนั้น จึงต้องมีการศึกษาต่อไปในด้านสภาวะการเลี้ยงและการใช้ซับสเตรทในการหมักเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตเอทานอลให้เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ผู้สนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชุดิกกาญจน์ สิริวัฒนวิมลชัย ฉันทย์ชนก ร่วมกระโทก ญัฐพร ชำนินาวากุล วิภาพร โพธิ์จำศีล และกมลชัย ชะเอม.
2556. การคัดแยกและคุณลักษณะของยีสต์จากผลไม้และการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร. 425 น.
ใน รายงานการประชุมวิชาการพันธุศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- นิภาพร อามัสสา และชลันธร วิชาศิลป์. 2550. การคัดแยกเชื้อยีสต์จากผลเม่าเพื่อใช้ในการหมักไวน์เม่า. 13 น. ใน รายงานผลการวิจัย. สกลนคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- รอฮัน ยะมะกา และอัสมาวตี ตูวันปูเต๊ะ. 2557. การแยกเชื้อยีสต์ *Saccharomyces* spp. จากองุ่น. 34 น. ใน รายงานผลการวิจัย. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- วรลักษณ์ คงจินตามณี. 2556. การผลิตเอทานอลจากแกนข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 158 น.
- วันดี แสงสุวรรณ. 2543. ชนิดและประสิทธิภาพของยีสต์แยกได้จากผลองุ่นพันธุ์ปอกดำเพื่อเพิ่มคุณภาพไวน์. 69 น. ใน รายงานผลการวิจัย. ราชบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- สาวิตรี ลิ้มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 611 น.
- Lee, Y.J., Y.R. Choi, S.Y. Lee, J.T. Park, J.H. Shim, K.H. Park and J.W. Kim. 2011. Screening wild yeast strains for alcohol fermentation from various fruits. *Mycobiology* 39(1): 33-39.
- Lodder, J. (Ed.). 1970. *The Yeasts: A Taxonomic Study*, 2nd ed. Amsterdam: North Holland Publ. Co. 1,123 p.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- กนกวรรณ วรพัฒนานนท์ น้ำฝน บุญวิสัย และสุพรรณษา ทองสุข. 2546. การแยกและคัดเลือกเชื้อยีสต์ที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์จากผลไม้. 51 น. ใน รายงานผลการวิจัย. นครปฐม: มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครปฐม.
- ปฏิพล ชัยเทพ ไพรัช साใจ และรัชฎาภรณ์ ปวงก้องตัน. 2555. การผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้ยีสต์ทนร้อน. 88 น. ใน รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ปริญญาพันธุ์ เพชรจรัส และเมทินี วสุนทรวัฒน์. 2556. การศึกษาความสามารถในการเจริญและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยยีสต์ทนร้อน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 44(2): 225-228.
- วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- สุภารัตน์ แซ่โจว สุกัญญา แซ่โจว ธาดา แจ่มดวง อานนท์ ธรรมสิทธิรงค์ และสุทธิชา ณ ระนอง ธรรมสิทธิรงค์. 2557. การแยกและคัดเลือกยีสต์ที่มีความสามารถในการย่อยแป้งเพื่อผลิตเอทานอล. น. 32-40. ใน รายงานการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยและสร้างสรรค์ระดับชาติและนานาชาติศิลปการวิจัยและสร้างสรรค์ ครั้งที่ 7: บูรณาการศาสตร์และศิลป์ เนื่องในโอกาสครบรอบ 70 ปี มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Nega, B., P. Shama, S. Kashyap, S. Seth and G. Dey. 2013. Screening of yeast strains for vinification of fruits from cold desert regions of North West India. *International Food Research Journal* 20(2): 975-979.

การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสจากดินป่า

Screening of Cellulolytic Bacteria from Forest Soil

ขวัญจรรัส เชนงปัญญา^{1*} ทินาพร มาตย์ชาวนา² ถรมรัตน์ ชัชวาลย์¹ ศิริโสภา อินขณะ วรณวงค์³
และกฤษดา พงษ์การณยภาส²

Khuanjarat Choengpanya^{1*}, Tinapron Martchaona², Thomrat Chatchawan¹
Sirisopha Inkha Wannawong³ and Kritsada Phongkaranyaphat²

¹สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

³สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Program in Applied Biology, Maejo University-Phrae campus, Phrae, Thailand 54140

²Program in Agro-forestry, Maejo University-Phrae campus, Phrae, Thailand 54140

³Program in Crop Production Technology, Maejo University-Phrae campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: Khuanjarat@hotmail.com

บทคัดย่อ

ดินป่าเป็นจุดที่มีการทับถมของใบไม้และซากพืชต่างๆ ดินป่าจึงเป็นแหล่งสะสมสารประเภทเซลลูโลสและลิกโนเซลลูโลสที่สำคัญในธรรมชาติ จึงทำให้ดินป่าเป็นแหล่งของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส โดยทำการคัดแยกแบคทีเรียจากดินป่าเบญจพรรณ (BJn) ป่าสนเขา (PFn) ป่าเต็งรัง (TRn) รวมถึงดินบริเวณจาวปลวก (TM) และที่ทิ้งขังข้าวโพด (CCM) บนอาหาร CMC agar และสามารถแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถย่อยเซลลูโลสได้จำนวน 1, 1, 1, 4 และ 3 ไอโซเลทตามลำดับ จากนั้นนำแบคทีเรียเหล่านี้มาทดสอบการสร้างเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสในอาหาร CMC broth พบว่าแบคทีเรียไอโซเลท PFn4 และ CCM3 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เอนโดกลูคาเนส และเซลโลไบโอไฮโดรเลสดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.46 และ 460 nU/ml ตามลำดับ และพบว่าแบคทีเรียไอโซเลท CCM3, TM3 และ TM5 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 330 nU/ml ดังนั้น แบคทีเรียทั้ง 4 ไอโซเลทนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ต่อไป

คำสำคัญ: แบคทีเรียย่อยเซลลูโลส ดินป่า เอนไซม์เอนโดกลูคาเนส เอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส
เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส

Abstract

Forest soil is a source of cellulosic and lignocellulosic materials, therefore it is a great source of cellulolytic bacteria. So, this study aimed to screen the cellulolytic bacteria from forest soil in deciduous dipterocarp forest (BJn), pine forest (PFn) and dry dipterocarp forest (TRn). Soil

from termite hill (TM) and corncobs disposal site (CCM) were also included. Bacteria was screened on CMC agar, and 1, 1, 1, 4 and 3 cellulolytic bacteria isolates were obtained from BFn, PFn, TRn, TM and CCM, respectively. The potential cellulolytic isolates were studied by culturing these bacteria isolates in CMC broth, and the results showed that bacteria isolate of PFn4 and CCM3 showed the highest endoglucanase and cellobiohydrolase activities, with the activity of 9.46 and 460 nU/ml, respectively. Bacterial isolates CCM3, TM3 and TM5 showed the highest beta-glucosidase activity, with an activity of 330 nU/ml. These bacterial isolates can be used for further applications such as degradation of agricultural wastes.

Keywords: cellulolytic bacteria, forest soil, endoglucanase, cellobiohydrolase, beta-glucosidase

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจจำนวนมาก โดยเฉพาะข้าวและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อเสร็จสิ้นฤดูการเพาะปลูก เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกวิธีกำจัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด เป็นต้น ด้วยการเผาทำลาย ก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันรุนแรงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต จะมีการเผาทำลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านั้น การแก้ปัญหาหมอกควันในภาคเหนือสามารถทำได้ด้วยลดการเผาวัสดุเหลือใช้โดยการนำไปเพิ่มมูลค่าหรือใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น เช่น การผลิตปุ๋ยหมัก การผลิตถ่านอัดแท่ง หรือการใช้เป็นวัตถุดิบในการการผลิตแอลกอฮอล์ชีวภาพ เป็นต้น

โครงสร้างของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประกอบเซลลูโลสและลิกโนเซลลูโลสในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตามชนิดของพืช โดยมากแล้วมักจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบมากถึง 30-50% (McKendry, 2002) ดังนั้น การย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ให้กลายเป็นเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์หรือน้ำตาลกลูโคสเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆ ต้องใช้กลุ่มเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส หรือเอนไซม์เซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์เซลลูเลสเป็นกลุ่มเอนไซม์ 3 ชนิดที่ทำหน้าที่ย่อยเซลลูโลสให้กลายเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดคือน้ำตาลกลูโคส เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดนั้นคือ เอนไซม์เอนโดกลูคาเนส (endoglucanases) เอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส (cellobiohydrolases) และเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส (beta-glucosidases) (Bhat and Bhat, 1997)

เอนไซม์เอนโดกลูคาเนส (EC 3.2.1.4) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ตัดพันธะเบต้า-1,4-ไกลโคซิดิก (beta-1,4-glycosidic bond) แบบสุ่มในสายเซลลูโลส ได้ผลผลิตที่เป็นโมเลกุลของเซลลูโลสที่มีขนาดเล็กกลางหรือเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ (cellooligosaccharides) ซึ่งต่อมาจะถูกตัดให้เล็กลงจากทางด้านปลายนอนรีดิวิง (non-reducing end) โดยเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส (EC 3.2.1.91) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลเซลโลไบโอส (cellobiose) จากนั้นเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส (EC 3.2.1.21) จะเข้ามาเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายเซลโลไบโอส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคสออกมา เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดนี้สามารถพบได้จากกระบวนการย่อยเซลลูโลสโดยแบคทีเรียในธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่ดำรงชีวิตบริเวณที่มีซากพืชทับถมกัน เช่นบริเวณดินป่า หรือดินที่ทิ้งเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นต้น ดังนั้น การทดลองนี้จึงนำดินจากป่าต่างๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าสนเขา และป่าเต็งรัง รวมทั้งดินจากจาวปลวก และดินที่ทิ้งชังข้าวโพด มาคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลส โดยแบคทีเรียที่แยก

ได้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเซลล์โอลลีโกแซคคาร์ไรด์หรือเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแอลกอฮอล์ชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้น จึงเป็นการช่วยลดปัญหาหมอกควันจากการเผาทำลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดินและการแยกเชื้อ

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากป่าเบญจพรรณ (BJn) ดินที่ทิ้งซังข้าวโพด (CCM) และ ดินบริเวณจาวปลวก (TM) บริเวณบ้านแม่ทราย อำเภอร่องวาง จังหวัดแพร่ ดินป่าเต็งรัง (TRn) จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และดินป่าสนเขา (PFn) จากอุทยานแห่งชาติขุนสถาน อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน โดยเลือกบริเวณที่มีการทับถมของซากพืชหรือใบไม้จำนวนมากโดยทำการเก็บตัวอย่างดินจุดละ 1 ตำแหน่ง จากนั้น นำดินมาทำการแยกเชื้อ โดยทำการตักตัวอย่างดินจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 90 มล. ผสมให้เข้ากัน และทำการเจือจางตามลำดับส่วนจนได้ค่าการเจือจางของสารละลายดินเท่ากับ 1×10^{-1} ถึง 1×10^{-10} จากนั้นนำสารละลายดินปริมาตร 100 ไมโครลิตรมาแยกเชื้อแบคทีเรียโดยเกลี่ยบนอาหาร nutrient agar (NA) (5 กรัม/ลิตร peptic digest of animal tissue 5 กรัม/ลิตร NaCl, 1.5 กรัม/ลิตร beef extract 1.5 กรัม/ลิตร yeast extract 15 กรัม/ลิตร agar) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะแตกต่างกันออกมาเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนถัดไป

การคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลส

เมื่อทำการแยกแบคทีเรียที่มีลักษณะแตกต่างกันออกมาเรียบร้อยแล้ว ทำการ re-streak ซ้ำๆ บนอาหาร NA จำนวน 3-4 ครั้ง เพื่อให้ได้แบคทีเรียบริสุทธิ์ จากนั้นนำแบคทีเรียที่ได้มาเลี้ยงในอาหาร Luria-Bertani (LB) (10 กรัม/ลิตร peptone 5 กรัม/ลิตร yeast extract 5 กรัม/ลิตร NaCl) ปริมาตร 5 มล. ที่อุณหภูมิ 37°C. เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 rpm นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นหยดเชื้อปริมาตร 5 ไมโครลิตรลงบนอาหารทดสอบ CMC agar (1 กรัม/ลิตร NaNO₃ 1 กรัม/ลิตร K₂HPO₄ 1 กรัม/ลิตร KCl 0.5 กรัม/ลิตร MgSO₄ 0.5 กรัม/ลิตร yeast extract 1 กรัม/ลิตร carboxymethyl cellulose (CMC) 15 กรัม/ลิตร agar) และบ่มที่ 37 °C. นาน 3 วัน จากนั้นตรวจสอบแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสโดยเท 0.2% congo red ทับลงบนอาหาร CMC agar บ่มนาน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง และล้างด้วย 1 M NaCl นาน 15 นาที แบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสจะให้วงใส (halo zone) เกิดขึ้นรอบๆ โคลนี

การตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียในการย่อยสลายเซลลูโลส

นำแบคทีเรียที่ให่วงใสบนอาหาร CMC agar มาเลี้ยงในอาหาร LB ปริมาตร 5 มล. ที่อุณหภูมิ 37°C. เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 rpm นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นเปลี่ยนอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็น CMC broth (1 กรัม/ลิตร NaNO₃ 1 กรัม/ลิตร K₂HPO₄ 1 กรัม/ลิตร KCl 0.5 กรัม/ลิตร MgSO₄ 0.5 กรัม/ลิตร yeast extract 1 กรัม/ลิตร CMC) ปริมาตร 5 มล. และเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C. เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 rpm นาน 7 วัน ตรวจสอบความสามารถ

ในการย่อยสลายเซลลูโลสจากการวัดกิจกรรมของเอนไซม์เอนโดกลูคาเนส เอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส และเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส ที่ถูกผลิตขึ้นโดยเชื้อแบคทีเรียในอาหาร CMC broth

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสทำได้โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่กำจัดเซลล์ออกไปแล้ว ปริมาตร 1 มล. ไปทำปฏิกิริยากับ 0.1% CMC ใน 0.1 M citrate buffer pH 5.0 ปริมาตร 0.6 มล. เติมน้ำกลั่นให้ ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 3 มล. จากนั้นบ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37°C. นาน 1 ชั่วโมง ทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม 1% DNS reagent ปริมาตร 2 มล. นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที และหยุดปฏิกิริยาด้วยการแช่น้ำแข็งนาน 5 นาที จากนั้นหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เอนไซม์ปลดปล่อยออกมาจากการตัดซึบสเตรท CMC โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร (Khianngam *et al.*, 2014)

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลสทำได้โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่กำจัดเซลล์ออกไปแล้ว ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 1 mM para-nitrophenyl beta-D-cellobioside (pNP-Cel) ใน 0.1 M citrate buffer pH 5.0 ที่อุณหภูมิ 37°C. นาน 30 นาที ทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม 2 M Na₂CO₃ ปริมาตร 1 มล. จากนั้นหาปริมาณ para-nitrophenol ที่เอนไซม์ปลดปล่อยออกมาจากการตัดซึบสเตรท pNP-Cel โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร (Choengpanya, 2008)

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสทำได้โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่กำจัดเซลล์ออกไปแล้ว ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ไปทำปฏิกิริยากับ 1 mM para-nitrophenyl beta-D-glucopyranoside (pNP-Glc) ใน 0.1 M citrate buffer pH 5.0 ที่อุณหภูมิ 37°C. นาน 30 นาที ทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม 2 M Na₂CO₃ ปริมาตร 1 มล. จากนั้นหาปริมาณ para-nitrophenol ที่เอนไซม์ปลดปล่อยออกมาจากการตัดซึบสเตรท pNP-Glc โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร (Choengpanya, 2008)

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสและเซลโลไบโอไฮโดรเลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน para-nitrophenol และเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส โดยกำหนดให้เอนไซม์ 1 ยูนิต (U) คือ ปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้ในการปลดปล่อยผลิตภัณฑ์ปริมาณ 1 ไมโครโมลต่อ เวลา 1 นาที

ผลการวิจัย

การเก็บตัวอย่างดิน การแยกเชื้อ และการคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลส

ผลการแยกแบคทีเรียบนอาหาร NA พบว่า สามารถแยกแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีของเชื้อแตกต่างกันได้ ทั้งหมด 26 ไอโซเลท โดยเป็นแบคทีเรียจากดินป่า BIn, CCM, PFn, TM และ TRn จำนวน 5, 6, 7, 6 และ 2 ไอโซเลท ตามลำดับ การตรวจสอบแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสบนอาหาร CMC agar พบว่า มีเพียง 10 ไอโซเลท คือ BIn3, CCM1, CCM2, CCM3, PFn4, TM2, TM2, TM4, TM5 และ TRn2 ที่แสดงความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส (Figure 1) แบคทีเรียทั้ง 10 ไอโซเลทนี้จะถูกนำมาตรวจสอบความสามารถในการย่อยเซลลูโลสในอาหารเหลว CMC broth ต่อไป

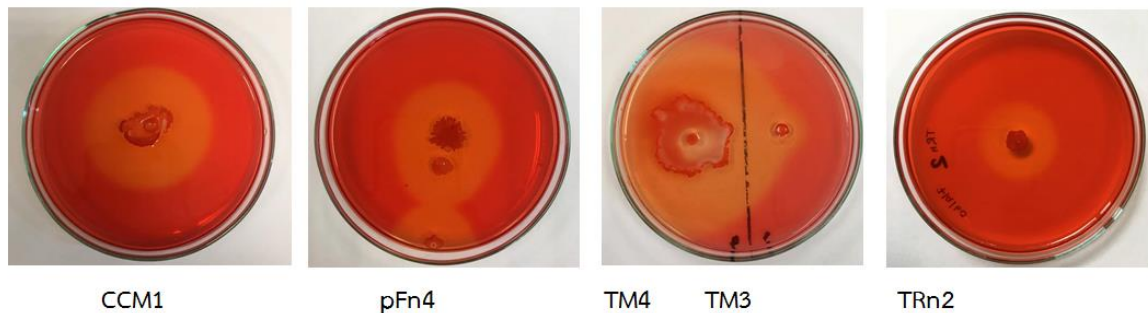


Figure 1 Bacteria grown on CMC agar showing halo zone

การตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียในการย่อยสลายเซลลูโลส

แบคทีเรียจำนวน 10 ไอโซเลท ถูกนำมาเลี้ยงในอาหารเหลว LB เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ จากนั้นจะเหนี่ยวนำเซลล์ให้สร้างเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสในอาหาร CMC broth อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะถูกนำมาตรวจสอบความสามารถในการย่อยเซลลูโลสโดยการตรวจหากิจกรรมของเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสจำนวน 3 ชนิด คือ เอนไซม์เอนโดกลูคาเนส เอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส และเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส (Table 1)

ผลการทดลองพบว่า แบคทีเรียไอโซเลท PFn4 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.46 nU/ml ส่วนแบคทีเรียไอโซเลท CCM3 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลสดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 460 nU/ml และพบว่า แบคทีเรียไอโซเลท CCM3, TM3 และ TM5 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสดีที่สุดเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 330 nU/ml

Table 1 Endoglucanase, cellobiohydrolase and beta-glucosidase activities

Isolate	Endoglucanase (nU/ml)	Cellobiohydrolase (nU/ml)	Beta-glucosidase (nU/ml)
BJn3	8.15	230	170
CCM1	0.33	nd	nd
CCM2	1.14	150	320
CCM3	nd	460	330
PFn4	9.46	240	260
TM2	1.14	210	310
TM3	3.75	290	330
TM4	5.38	150	260
TM5	1.30	240	330
TRn2	3.26	260	260

Note: Single experiment was performed. nd: no activity detected

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองนี้พบว่า เมื่อนำแบคทีเรียที่แยกได้จากดินจากแหล่งต่างๆ มาเหนี่ยวนำให้ผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสในอาหาร CMC broth ซึ่งประกอบด้วย 1 กรัม/ลิตร NaNO_3 1 กรัม/ลิตร K_2HPO_4 1 กรัม/ลิตร KCl 0.5 กรัม/ลิตร MgSO_4 0.5 กรัม/ลิตร yeast extract และ 0.1% CMC ได้ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับการทดลองอื่นเมื่อเปรียบเทียบผลการผลิตเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสจาก PFn4 กับการทดลองของ Khianggam *et al.* (2014); Liang *et al.* (2014); Paudel and Qin (2015) พบว่า แบคทีเรีย PJ1-24S, ME27-1 และ K1 จากทั้ง 3 การทดลอง ตามลำดับ ผลิตเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสได้มากกว่าที่ PFn4 ผลิตเท่ากับ 3.5×10^7 , 3.1×10^8 และ 7.7×10^8 เท่าตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการผลิตเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลส CCM3 กับ แบคทีเรียจากการทดลองของ Baumann *et al.* (2011) พบว่าแบคทีเรียของ Baumann *et al.* สามารถผลิตเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลสได้เท่ากับ 1.5 U/ml ซึ่งมากกว่าการทดลองนี้ 3.3×10^6 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบผลการผลิตเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสในการทดลองนี้กับการทดลองของ Kim *et al.* (2012) พบว่าเชื้อแบคทีเรีย KACC10111 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เท่ากับ 1.2 U/ml ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ CCM3 (330 nU/ml) จะพบว่ามากกว่าการทดลองนี้ 3.3×10^6 เท่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ (ซึ่งประกอบด้วย 1 กรัม/ลิตร NaNO_3 1 กรัม/ลิตร K_2HPO_4 1 กรัม/ลิตร KCl 0.5 กรัม/ลิตร MgSO_4 0.5 กรัม/ลิตร yeast extract และ 0.1% CMC) กับการทดลองอื่นๆ เช่น ของ Paudel and Qin (2015) ที่ใช้อาหาร CMC broth ที่มี 1% CMC หรือของ Khianggam *et al.* (2014) และ Liang *et al.* (2014) ที่มีธาตุอาหารรอง (trace elements; 0.02 กรัม/ลิตร $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.04 กรัม/ลิตร CaCl_2 0.0016 กรัม/ลิตร MnSO_4 0.0017 กรัม/ลิตร ZnCl_2) และน้ำตาลกลูโคสและแลคโตสเป็นองค์ประกอบรวม จะพบว่า การทดลองอื่นที่มีการใช้ปริมาณ CMC มากขึ้น การมีน้ำตาลอื่นเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร รวมถึงการมีธาตุอาหารรองอาจส่งเสริมให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีและผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสได้มากขึ้น ดังนั้น หากต้องการให้แบคทีเรียผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสได้มากขึ้นจึงควรเพิ่มความเข้มข้นของ CMC จาก 0.1% เป็น 1% ร่วมกับการเติมน้ำตาลกลูโคสหรือแลคโตส และธาตุอาหารรองต่างๆ แบคทีเรียที่แยกได้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเซลโลโอลิโกแซคคาไรด์ หรือเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแอลกอฮอล์ชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อไปในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสจากดิน 5 แหล่ง คือ ดินป่าเบญจพรรณ (BJn) ดินป่าสนเขา (PFn) ดินที่ทิ้งขังข้าวโพด (CCM) ดินจากจาวปลวก (TM) และดินป่าเต็งรัง (TRn) พบว่า สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสได้ 10 ไอโซเลท ซึ่งแสดงกิจกรรมของเอนไซม์แตกต่างกัน แบคทีเรียไอโซเลท PFn4 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสที่ดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.46 nU/ml แบคทีเรียไอโซเลท CCM3 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เซลโลไบโอไฮโดรเลสดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 460 nU/ml ตามลำดับ และแบคทีเรียไอโซเลท CCM3, TM3 และ TM5 แสดงกิจกรรมเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสดีที่สุดเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 330 nU/ml การปรับสูตรอาหารที่มีปริมาณ CMC เป็นแหล่งคาร์บอนเพิ่มขึ้น ร่วมกับการใช้น้ำตาลชนิดอื่น เช่น กลูโคสหรือแลคโตส และการเติมธาตุ

อาหารรอกใน CMC broth ที่ใช้เลี้ยงเชื้ออาจช่วยให้แบคทีเรียทั้ง 4 โยไซเลทนี้ผลิตเอนไซม์ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีขึ้น ซึ่งทั้งตัวเซลล์หรือเอนไซม์ที่ถูกผลิตขึ้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รหัสโครงการ มจ.3-59-006

เอกสารอ้างอิง

- Baumann, M., K. Borch and P. Westh. 2011. Xylan oligosaccharides and cellobiohydrolase I (TrCel7A) interaction and effect on activity. **Biotechnology for Biofuels** 4:45.
- Bhat, M.K. and S. Bhat. 1997. Cellulose degrading enzymes and their potential industrial application. **Biotechnology Advances** 15: 583-620.
- Choengpanya, K. 2008. **Glycone specificity engineering of Thai Rosewood beta-glucosidase for mannose**. Master Thesis. Kasetsart University. 121 p.
- Khianggam, S., Y. Pootaeng-on, T. Techakriengkrai and S. Tanasupawat. 2014. Screening and identification of cellulase producing bacteria isolated from oil palm meal. **Journal of Applied Pharmaceutical Science** 4: 090-096.
- Kim, Y.K., S.C. Lee, Y.Y. Cho, H.J. Oh and Y.H. Ko. 2012. Isolation of cellulolytic *Bacillus subtilis* strains from agricultural environments. **ISRN Microbiology**: Article ID 650563.
- Liang, Y.L., Z. Zhang, M. Wu, Y. Wu and J.X. Feng. 2014. Isolation, screening, and identification of cellulolytic bacteria from natural reserves in the subtropical region of China and optimization of cellulase production by *Paenibacillus terrae* ME27-1. **BioMed Research International** Article ID 512497.
- McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology** 83: 37-46.
- Paudel, Y.P. and W. Qin. 2015. Characterization of novel cellulase-producing bacteria isolated from rotting wood samples. **Applied Biochemistry and Biotechnology** 177: 1186-1198.

การคัดแยกเชื้อราที่สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพาราสด Fungal Isolation on Cultured Media Containing Fresh Rubber Serum

มธุรส ชัยหาญ^{1*} สายสมร ล้ายอง² พิชามณญชู้ น้อยสุวรรณ³ และวชิระ ชุ่มมงคล¹
Mathurot Chaihar¹, Saisamorn Lumyong², Phichamonn Noisuvan³ and Wachira Chummonkol¹

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 56000

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10120

¹Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 56000

³Faculty of Science, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok, Thailand 10120

*Corresponding author: mathurot@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ไนจีแลน หรือมายคอดีกเตรน คือ สารในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถละลายได้เฉพาะในน้ำร้อน ประกอบด้วย กลูแคน ต่อกันด้วยพันธะ α , 1-4 และ α , 1-3 linkages และพบในผนังเซลล์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. เท่านั้น ไนจีแลนเป็นสารตั้งต้นในการผลิตโอลิโกแซคคาไรด์กลุ่ม Nigerose หรือ Nigerooligosaccharide ซึ่งเป็นน้ำตาลหายากและมีราคาแพง ใช้เป็นองค์ประกอบของตัวยาสำคัญหลายชนิดทางการแพทย์ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) การแยกเชื้อราปนเปื้อนในยางแผ่นผึ่งแห้งที่มีคุณสมบัติในการผลิตโพลีเมอร์ Nigeran 2) จำแนกชนิดของเชื้อราปนเปื้อนบนยางดิบ 3) ศึกษาการเจริญของเชื้อราปนเปื้อนบนยางดิบในอาหารที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพารา ผลการทดลองพบว่า เชื้อรา *Aspergillus flavus* NKF-1 และ *Aspergillus niger* NKF-8 สามารถผลิตโพลีเมอร์ไนจีแลนได้สูงที่สุด เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Basal medium ที่มีองค์ประกอบของซีรัมน้ำยางพาราสด 10%

คำสำคัญ: ไนจีแลน เชื้อราปนเปื้อนยางแผ่นผึ่งแห้ง ผนังเซลล์ของเชื้อรา ซีรัมน้ำยางพารา

Abstract

Nigeran or Mycodextran is the group of polysaccharide that is soluble in hot water. Nigeran are combining with the glucan bounding by α , 1-4 and α , 1-3 linkages and especially found in the fungal cell wall. Nigeran appear only on the cell wall of *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. which used as a precursor in the nigerose or nigerooligosaccharide rare sugar production, which is rare and expensive elements of a variety of medically important drugs. This research aimed; 1) isolation fungal contamination in the air dry sheet that has the ability to produce polymer nigeran, 2) identification of the fungal contaminated air dry sheets and 3) using latex serum as media of nigeran production by fungal contaminated air dry sheets. The results showed that *Aspergillus flavus* NKF-1 and *Aspergillus niger* NKF-8 were the highest nigeran producer cultured in Basal medium containing 10% latex serum.

Keywords: Nigeran, contaminated dry sheet fungus, fungal cell wall, latex serum

คำนำ

Nigeran (Mycodextran) คือ สารในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถละลายได้เฉพาะในน้ำร้อน nigeran แยกได้ครั้งแรกจากผนังเซลล์ของเชื้อรา *Penicillium expansum* และ *Aspergillus niger* (สุพรรณษา, 2551) โดย nigeran ประกอบด้วย glucan ต่อกันด้วยพันธะ α , 1-4 และ α , 1-3 linkages วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา เช่น ส่วนใสที่ได้จากน้ำยางพาราสด (Latex serum) ซึ่งมีพีเอชที่ค่อนข้างเป็นกรด (pH 4-4.5) สถานะดังกล่าวนี้ มีความเหมาะสมที่สามารถนำไปเป็นองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อรา โดยเฉพาะ *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. ที่สามารถทนต่อสถานะความเป็นกรดสูง เมื่อเชื้อราเจริญเติบโต และ เพิ่ม จำนวนมากขึ้น จะทำการสกัดสาร nigeran ที่อยู่บริเวณผนังเซลล์ สารดังกล่าว เป็นสารตั้งต้นในการผลิต โอลิโกแซคคาไรด์ในกลุ่ม nigerose หรือ mycodextran ซึ่งเป็นสารที่หายาก มีราคาแพง และ ใช้เป็นองค์ประกอบของตัวยาหลายๆชนิดทางการแพทย์

ด้วยเหตุนี้จึงได้สนใจที่จะนำ serum ที่ได้จากน้ำยางพาราสด มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อรา เป็นการเพิ่มมูลค่าของซีรัมน้ำยางพาราสดให้มีมูลค่าสูงขึ้น โดย ซีรัมน้ำยางพาราสด มี องค์ประกอบหลัก คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน สารอื่นๆ รวมทั้ง แร่ธาตุบางชนิด เช่น K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , Co สารเหล่านี้ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อราชนิดต่างๆ ได้ เพื่อผลิต และ สกัดโพลีแซคคาไรด์ ไนจีแลนที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ โพลีแซคคาไรด์ไนจีแลน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น เป็นองค์ประกอบของยาปฏิชีวนะ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของยางแผ่นผึ่งแห้ง

เก็บตัวอย่างเชื้อราที่ปนเปื้อนบนยางแผ่นดิบจากเกษตรกร จังหวัดพะเยา จำนวน 12 ตัวอย่าง ซึ่งในกระบวนการเก็บเชื้อรา จะบันทึกข้อมูลค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิ และค่าพีเอช (pH) การวิเคราะห์ความชื้น โดยการอบที่อุณหภูมิ 100°C. การวิเคราะห์อุณหภูมิ โดยการใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการตรวจวัด และค่าพีเอช (pH) โดยใช้แผ่นวัดค่าพีเอช (pH strip) จุ่มน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ และนำมาเทียบกับยางแผ่นผึ่งแห้ง สังเกตการเปลี่ยนสีของแผ่นวัดค่าพีเอช และนำมาเทียบสีค่าพีเอชต่างๆ

การแยกเชื้อราปนเปื้อนจากยางแผ่นผึ่งแห้ง

ตัวอย่างยางแผ่นผึ่งแห้งที่ได้นำมาแยกเชื้อรา โดยตัดชิ้นส่วนยางแผ่นผึ่งแห้งบริเวณที่มีราปนเปื้อนด้วยใบมีดจุ่ม 95% แอลกอฮอล์ ที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว ตัดชิ้นตัวอย่างให้เป็นขนาดเล็ก 3x5 mm ใส่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ปริมาตร 90 ml เขย่า 5 นาที นำสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรามาทำการเจือจาง และ ปิเปตสารแขวนลอยที่ความเจือจางต่างๆ ปริมาตร 100 μ l ลงบนอาหาร Basal medium ที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพาราสด (10%) และ น้ำตาลเด็กซ์โทรส (1.5%) ที่ผสมยาปฏิชีวนะ streptomycin ความเข้มข้น 50 μ g/ml และ ทำการกระจายเชื้อโดยวิธี spread plate บ่มเชื้อไว้ที่ อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 7 วัน แยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี hyphal tip isolation โดยใช้เข็มเย็บที่ลนไฟฆ่าเชื้อ ตัดชิ้นวุ้นบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา (hyphal tip) ประมาณ 1 mm นำไปวางบนอาหารวุ้น Basal medium จานใหม่ บ่มที่อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 7 วัน ทำซ้ำจนได้เชื้อราบริสุทธิ์

การจำแนกและบ่งบอกชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนบนยางแผ่นดิบ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา นำเชื้อราที่แยกได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานของโคโลนี (Macroscopic morphology) โดยสังเกตลักษณะของโคโลนี สี ขอบ ขนาดของโคโลนี เมื่อเจริญบนอาหาร PDA และ ศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา (Microscopic morphology) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ โดยทำการหยด Lactophenol cotton blue บนสไลด์ 1 หยด และ ใช้เข็มเข็ม (Needle) เกี่ยวสปอร์ของเชื้อรา ผสมกับ Lactophenol cotton blue และนำไปดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบที่ กำลังขยาย 400 ได้แก่ เท่า สังเกตลักษณะสัณฐานวิทยา ลักษณะสปอร์ สีสปอร์ และ เส้นใย การมี หรือ ไม่มีผนังกันของเส้นใย การสร้างหรือไม่มีการสร้างสปอร์ การมีสี หรือ ไม่มีสีของเส้นใย ตามหลักการของ Samson *et al.* (2014)

การจำแนกโดยวิธีทางชีวโมเลกุล สำหรับเชื้อราที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา จะจำแนกโดยวิธีทางชีวโมเลกุล โดยส่งตัวอย่างตรวจหาลำดับเบส ณ.หน่วยบริการชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

การแยกซีรัมน้ำยางพารา

เมื่อได้น้ำยางพาราสด นำไปใส่หลอดปั่นเหวี่ยง ขนาด 15 ml เพื่อนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 8,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 20 นาที จะเกิดการแยกชั้นโดยจะมีชั้นครีมยางพาราอยู่ด้านบนจะมีลักษณะเป็นสีขาว เหนียวเพราะน้ำยางมีทั้งประจุบวกและประจุลบทำให้น้ำยางเกิดการจับกันเองส่วน ด้านล่างจะเป็นส่วนใส เรียกว่า ซีรัม (serum) จะเก็บส่วนใสใส่หลอดปั่นเหวี่ยง ขนาด 50 ml เพื่อนำมารวมกันและนำมาปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง เก็บส่วนใส เช่นกันและนำไปใส่ขวดเก็บไว้ในที่อุณหภูมิ 4°C. (Figure 1)



Figure 1 Latex serum separated by using centrifugation techniques (A) and centrifuge bottle (B); latex particle (top) and latex serum (bottom)

การใช้ซีรัมน้ำยางพาราเพื่อเป็นส่วนผสมของอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่สามารถผลิตโพลีเมอร์ Nigera

นำเชื้อรา *Aspergillus sp.* และ *Penicillium sp.* ที่แยกได้จากเชื้อราปนเปื้อนบนยางแผ่นยางผึ่งแห้ง มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว basal medium ที่มีองค์ประกอบของ serum จากน้ำยางพาราสด (10%) ปริมาตร 10 ลิตร น้ำตาลเด็กซ์โทรส (1.5%) และ วุ้น (1.5%) โดยบ่มที่อุณหภูมิ 25°C. เลี้ยงเชื้อราในขวดรูปชมพู่ ขนาด 30 ลิตร เป็นเวลา 10 วัน วัดการเจริญของเชื้อราบนอาหารแข็ง โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา (mm) เทียบกับชุดควบคุม คืออาหารเลี้ยงเชื้อ Basal medium ที่ไม่เติมส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพาราสด (10%)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) และ เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญบนอาหาร Basal medium ที่มีซีรัมน้ำยางพาราสดเป็นองค์ประกอบ ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

การแยกเชื้อราปนเปื้อนจากยางแผ่นดิบ

ผลการสุ่มเก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบที่มีการเจริญของเชื้อรา (Figure 2) จากเกษตรกรในพื้นที่ตำบลทุ่งกล้วย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดพะเยา จำนวน 12 ตัวอย่าง โดยในระหว่างการเก็บตัวอย่างจะมีการตรวจสอบสภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่เก็บตัวอย่าง คือ การวัดอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 29.0-33.5^oซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราโดยทั่วไป สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มีค่าตั้งแต่ 71.0-88.0% และยางแผ่นผึ่งแห้ง (air dry sheet) ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา มีพีเอชอยู่ในช่วงระหว่าง 5.9-6.9



Figure 2 Fungal infection spreading on to the air-dry para rubber sheets

(a) = Indoor air-dry para rubber sheets; (b) = Wind chill air-dry para rubber sheets

การระบุพื้นฐานวิทยาและบ่งบอกชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนบนยางแผ่นดิบ

เมื่อนำชิ้นส่วนยางแผ่นผึ่งแห้ง นำมาแยกเชื้อราโดยวิธีการ dilution spread plate ลงบนอาหารที่มีการเติมสารปฏิชีวนะ streptomycin sulfate พบว่า สามารถแยกเชื้อราได้ทั้งหมด จำนวน 37 ไอโซเลท และ เมื่อทำการจัดจำแนกชนิดของเชื้อราเบื้องต้นโดยการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี และ ศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐาน พบว่า เชื้อรา ส่วนใหญ่ที่พบจัดจำแนกอยู่ในกลุ่ม *Aspergillus* sp. 15 ไอโซเลท (40.5%) *Fusarium* sp. 11 ไอโซเลท (29.7%) *Penicillium* sp. 7 ไอโซเลท (18.9%) และ ไม่สามารถบ่งบอกชนิดได้จำนวน 4 ไอโซเลท (10.8%) (Figure 3)



Figure 3 Morphological characterization of fungal colony culture from air-dry para rubber sheets fungi Basal medium supplement with fresh rubber serum (10 %) and dextrose (1.5 %) incubated at 25°C for 7 days

จากนั้น นำเชื้อราที่แยกได้ศึกษาลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบกำลังขยาย 400 เท่า พบว่า ลักษณะโครงสร้างของสปอร์ และ เส้นใยมีลักษณะแตกต่างกัน เมื่อแบ่งตามลักษณะสปอร์ จัดอยู่ใน 4 กลุ่ม ได้แก่ Conidiospore, Sporangiospore, Arthrospore และ Macrospore

การเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพารา

เมื่อนำเชื้อราปนเปื้อนจากยางแผ่นผึ่งแห้งมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Basal medium ที่มีองค์ประกอบของ ส่วนใส (Latex serum) จากน้ำยางพาราสด (10%) บ่มที่อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 7 วัน พบว่า เชื้อราทดสอบทุกชนิด สามารถเจริญได้บนอาหารที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพารา 10% โดย *Aspergillus flavus* NKF-1 (a, ซ้าย) และ *Aspergillus niger* NKF-8 (c, ขวา) เจริญได้ดีที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี เท่ากับ 37.7 มม. และ 34.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ อาหาร Basal medium ที่ไม่เติมส่วนของซีรัมน้ำยางพารา (Table 1; Figure 4) ประกอบกับ Jankangram (2013) ศึกษาองค์ประกอบของซีรัมน้ำยางพารา พบว่า ซีรัมน้ำยางพารา มีองค์ประกอบของ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินหลายๆ ชนิด ที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา และปริมาณที่เหมาะสมของซีรัมน้ำยางพาราในการใช้เป็นองค์ประกอบของการเลี้ยงเชื้อรา คือ ซีรัมน้ำยางพารา 10% แสดงผลดัง Table 1

Table 1 Fungal isolate from air-dry para rubber sheets cultured on Basal medium supplement with fresh rubber serum (10 %) and dextrose (1.5 %) incubated at 25°C for 7 days

Fungal isolate	Colony diameter (mm)	Fungal isolate	Colony diameter (mm)
<i>Aspergillus flavus</i> NKF-1	44.2±0.15a	<i>Fusarium oxysporum</i> NKF-2	35.0±0.27b
<i>Aspergillus</i> sp. NKF-3	42.0±0.98a	<i>Fusarium</i> sp. NKF-4	38.0±0.35ab
<i>Aspergillus</i> sp. NKF-5	41.0±0.57ab	<i>Fusarium</i> sp. NKF-6	30.0±0.17c
<i>Aspergillus niger</i> NKF-8	40.0±0.68ab	<i>Penicillium</i> sp. NKF-7	34.2±0.45b
<i>Penicillium</i> sp. NKF-9	44.0±0.47a	<i>Fusarium</i> sp. NKF-10	35.0±0.15b

* Data are the arithmetic mean ± S.D. n = 3

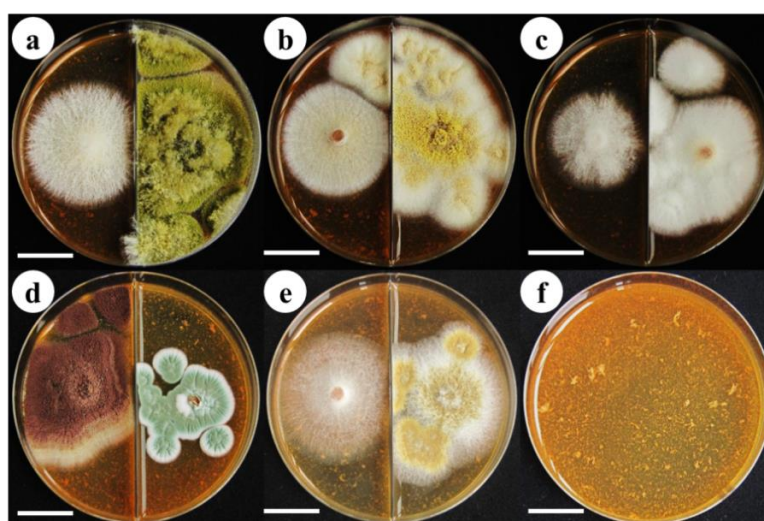


Figure 4 Fungal isolation on Basal medium supplement with fresh rubber serum (10%) and dextrose (1.5 %). The culture plates were incubated at 25°C for 7 days

(a) *Aspergillus flavus* NKF-1 (a, R), *Fusarium oxysporum* NKF-2 (a, L), (b) *Aspergillus* sp. NKF-3 (b, R), *Fusarium* sp. NKF-4 (b, L), (c) *Aspergillus* sp. NKF-5 (c, R), *Fusarium* sp. NKF-6 (c, L), (d) *Penicillium* sp. NKF-7 (d, R), *Aspergillus niger* NKF-8 (d, L), (e) *Penicillium* sp. NKF-9 (e, L), *Fusarium* sp. NKF-10 (e, R), and (f) Basal medium supplement with fresh rubber serum (10 %) and dextrose (1.5 %), bar = 2 cm, R = Right, L = Left

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากศึกษาการแยกเชื้อราบนเป็อนบนแผ่นยางผึ่งแห้งจากบริเวณพื้นที่ จังหวัด พะเยา ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของสถานเก็บตัวอย่างที่สูง ซึ่งเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรา สังเกตเห็นว่า มีเชื้อราเจริญอยู่บนตัวอย่างยางแผ่นผึ่งแห้งที่เก็บมาอย่างชัดเจน นอกจากนี้ พบว่า อุณหภูมิของแหล่งเก็บตัวอย่างยางแผ่นผึ่งแห้ง (Air dry sheet) อยู่ในช่วง

29.0-33.5^oซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราโดยทั่วไป และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่า 71.0-88.0% จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ตรวจได้จะค่อนข้างสูงเพราะช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงฤดูฝน ซึ่งจัดว่าเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา ดังเห็นได้จากการเจริญของเชื้อราบนเป็อนบนยางแผ่นผึ่งแห้งที่เก็บมาอย่างชัดเจนเป็นสภาพบรรยากาศที่ค่อนข้างแห้ง และสภาพที่เก็บตัวอย่างไม่มีกระแสลมพัดอย่างต่อเนื่อง ลมพัดเป็นช่วง การเก็บยางแผ่นผึ่งแห้งของเกษตรกร เก็บไว้ในที่ค่อนข้างมืดชื้น จึงทำให้กระแสลมค่อนข้างอ่อน และบางส่วนเก็บยางในโรงเก็บยางเป็นสัดส่วนแยกจากบ้านเกษตรกร ทำให้มีโอกาสสัมผัสกับลมได้มากกว่ายางที่เก็บในที่มืดชื้น (Figure 1) ซึ่งทำให้มีโอกาสสัมผัสสปอร์ของเชื้อรามากขึ้น การเก็บยางแผ่นผึ่งแห้งของเกษตรกรที่มืดชื้นจะมีการเจริญของเชื้อราค่อนข้างสูงมาก และพบความหลากหลายของเชื้อรามากกว่า (Figure 1) เนื่องจาก การไม่มีอากาศถ่ายเทที่เพียงพอ แสงสว่างส่องไม่ถึง และมีความชื้นค่อนข้างสูงซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา การเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น มีปัจจัยหลายอย่างที่จัดการควบคุมได้ยาก เช่น โรงเก็บยางพาราแผ่นมีการเลี้ยงสัตว์ควบคู่ไปด้วย หรือ บริเวณนั้นมีการใช้ น้ำและทำให้พื้นเปียก จึงทำให้มีการเจริญของเชื้อรามากด้วย

ยางพาราแผ่นที่มีเชื้อราเจริญอยู่ มีค่าพีเอชระหว่าง 5.9-6.9 ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าพีเอช 5.0-6.8 ซึ่งเป็นช่วงการเจริญที่ดีที่สุดของเชื้อราในกลุ่ม xerophiles (Lian *et al.* 2008) และ *Aspergillus fumigatus* จะเจริญอย่างรวดเร็วในช่วงค่าพีเอช 6.0 ซึ่งพบว่า เชื้อราที่เจริญบนยางพาราแผ่นส่วนใหญ่เจริญบนยางพาราแผ่นที่มีค่าพีเอช 5.0-6.8 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา (Harold *et al.* 1994)

งานวิจัยนี้ สามารถแยก และ จำแนกเชื้อราบนเป็อนบนยางแผ่นผึ่งแห้ง ได้ทั้งหมด 4 จินัส คือ *Aspergillus sp.* (40.5 %), *Penicillium sp.* (18.9 %), *Fusarium sp.* (29.7%) และ ไม่สามารถจำแนกได้ (Un-identified) (10.8 %) เชื้อราส่วนใหญ่ที่ปนเป็อนบนยางพาราแผ่น เป็นเชื้อราสาเหตุที่มาจากอากาศภายในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง จึงมีการเจริญและสามารถปนเป็อนในตัวอย่งได้ดี (Chang *et al.* 1995) เชื้อราบนเป็อนบนยางพาราแผ่น ส่วนใหญ่อยู่ใน จินัส *Aspergillus sp.* และ *Penicillium sp.* เชื้อราดังกล่าวสามารถใช้ยางพาราเป็นแหล่งอาหารได้ (Rook, 1995) ดังนั้น จึงคัดเลือกเชื้อราได้ทุกจินัสที่แยกได้จากยางแผ่นผึ่งแห้ง มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Basal medium ที่มีองค์ประกอบของซีรัมน้ำยางพาราสด (10%) พบว่า เชื้อราจินัส *Aspergillus sp.* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ Basal medium ที่มีส่วนผสมของซีรัมน้ำยางพาราสด (10%) น้ำยางพารา มากกว่าเชื้อราจินัสอื่นๆ และ *Aspergillus flavus* NKF-1 และ *Aspergillus niger* NFK-8 สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีองค์ประกอบของซีรัมน้ำยางพาราสด (10%) ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อราไอโซเลทอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (Table 1) เนื่องจาก ซีรัมน้ำยางพาราสด มีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่สมบูรณ์ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน น้ำตาล สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และ แร่ธาตุ ที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราซีรัมน้ำยางพาราสดจึงสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อราได้ (สมศักดิ์, 2556 และ Jankangram, 2013)

สรุปผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยในประเทศไทย การเพาะเลี้ยงเชื้อราด้วยซีรัมน้ำยางพาราสด เป็นงานวิจัยใหม่ที่ยังไม่มีนักวิจัยศึกษามาก่อน งานวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจควรนำมาศึกษาเพิ่มเติมในระดับต่อไป การทดลองครั้งนี้ถือว่าประสบความสำเร็จตามที่คาดหวังไว้ พบว่าซีรัมน้ำยางพาราสดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิดต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะ *Aspergillus sp.* และ *Penicillium sp.* งานวิจัยนี้ เป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำยางพาราสดที่ไม่ได้มาตรฐาน

หรือน้ำยางพาราสดที่ได้จากต้นยางอายุน้อย ซึ่งมีองค์ประกอบของซีรัมน้ำยางพารา (Latex serum) ในปริมาณที่สูงเพื่อการใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อราเพื่อลดต้นทุนการผลิต และสามารถต่อยอดการผลิตเชิงพาณิชย์ในระดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก “สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 รหัสโครงการ มจ 1-58-021 คณะวิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์เรื่อง สถานที่ และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- สมศักดิ์ วรคามิน. 2556. **เบต้ากลูแคน ดีที่สุดในโลกที่มนุษย์ค้นพบ = Beta Glucan the world's most powerful immune booster known to man.** กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์ 301 น.
- สุพรรณษา ชาญด้วยกิจ. 2551. การควบคุมการเจริญของเชื้อราบนยางพาราแผ่นโดยการใช้สารเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สงขลา.
- AOAC Official Method of Association of Analasis of the Association of Cfficial Analysis. 1990. Chemists 5th ed. INC. Arlinton, Verginia.
- Chang, J.C.S., K.K. Foarde and D.W. Vanosdell. 1995. Growth evaluation of fungi (*Penicillium* and *Aspergillus* spp.) on ceiling tiles. **Atmos. Environ.** 29: 2331-2337.
- Harold, C.B., C.J. Alexopoulou and T. Delevoryas. 1994. **Fungi with Absorption Nutrition.** p.701. *In: Morphology of plants and fungi.* 5th ed. Harold C.B., C.J. Alexopoulos and T. Delevoryas. (eds.) New York: Harper & Row, Publishers.
- Jankangram, W. 2013. Natural Rubber Latex Protein. **KKU. Res. J.** 18: 996-1002.
- Lian, B., B. Wang, M. Pan, C. Liu and H.H. Teng. 2008. Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus *Aspergillus fumigatus*. **Geochim. Cosmochim. Ac.** 72: 87-98.
- Rook, J.J. 1995. Microbiological deterioration of vulcanized rubber. **Appl. Microbiol.** 3: 302-309.
- Samson, R.A., C.M. Visagie, J. Houbraeken, S.B. Hong, V. Hubka, C.H.W. Klaassen, G. Peirone, K.A. Seifert, A. Susca, J.B. Tanney, J. Varga, S. Kocsube, G. Szigeti, T. Yaguchr. and J.C. Frisvad. 2014. Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. **Studies in Mycology** 78: 141-173.

การเตรียมเอนไซม์อาหารสัตว์จากก้อนเพาะเห็ดเก่าเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ
การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์เศรษฐกิจในท้องถิ่น
Preparation of Feed Enzymes from Spent Mushroom for Improvement
of Bioavailability of Local Economic Feeds

พานรินทร์ ปรีชาวัฒนากร ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน* และนงคราญ พงศ์ตระกูล
Panarin Preechawattanakon, Pairote Wongputtisin* and Nongkran Pongtrakul

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Pairotewong@gmail.com

บทคัดย่อ

ก้อนเห็ดหมดอายุมักถูกนำไปกำจัดทิ้งด้วยการทำเป็นปุ๋ยหมักหรือเผาทำลาย เกษตรกรบางรายนำเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยผสมกับเศษขี้เลื่อยใหม่ได้ แต่ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางใหม่ในการใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดหมดอายุนี้ โดยพบว่าแหล่งของเอนไซม์กลุ่มย่อยโพลีแซคคาไรด์หลายชนิดที่สร้างขึ้นโดยเชื้อเห็ดเอง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเอนไซม์เสริมในอาหารสัตว์ได้ จากการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์ในก้อนเห็ดหมดอายุ 4 ชนิด ได้แก่ เห็ดยานางิ เห็ดนางฟ้า เห็ดขอนขาว และเห็ดดลม ผลการทดลองพบว่า ก้อนเห็ดดลมมีกิจกรรมของเอนไซม์หลงเหลือมากที่สุด ดังต่อไปนี้ เอนไซม์เซลลูเลส 5.48 หน่วย/กรัมน้ำหนักแห้ง เอนไซม์อะมัยเลส 5.20 หน่วย/กรัมน้ำหนักแห้ง เอนไซม์แมนนาเนส 15.99 หน่วย/กรัมน้ำหนักแห้ง และเอนไซม์ไซลานเนส 16.07 หน่วย/กรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การสกัดเอนไซม์ด้วยระบบวนชะสามารถสกัดเอนไซม์ได้ดีกว่าการสกัดแบบครั้งคราว โดยการวนชะด้วยอัตราการใช้ 8 มล./นาที่ จำนวน 2 รอบ สามารถสกัดเอนไซม์รวมได้ 31.29 หน่วย/กรัมน้ำหนักแห้ง เอนไซม์หลายชนิดที่ผลิตได้นี้พบว่า สามารถย่อยพื้นผิวของเกลบได้ ดังนั้น คาดว่าน่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในแง่ของการเสริมในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการย่อยได้ของอาหารสัตว์

คำสำคัญ: ก้อนเห็ดหมดอายุ เอนไซม์อาหารสัตว์ การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์

Abstract

Spent mushrooms are often disposed by composting or burning. Moreover, it can be reused by mixing to a new sawdust. However, our study propose a new strategy for utilizing these spent mushrooms. It has been reported that these residues are the source of several polysaccharide degrading enzymes which are produced by mushroom fungi. These enzymes can be applied as feed enzymes. In this study polysaccharases activity of four spent mushrooms including Yanagimatsutake, Grey oyster mushroom, Hed-Khon kao and Hed-Lom was investigated.

The results showed that the highest polysaccharase activity was found in spent mushroom of Hed-Lom, i.e. cellulase 5.48 U/g dry weight, amylase 5.20 U/g dry weight, mannanase 15.99 U/g dry weight and xylanase 16.07 U/g dry weight. Moreover, high recovery yield of polysaccharases was obtained when circulating extraction was used. The yield of polysaccharases was 31.29 U/ g dry weight. It was also found that these crude enzymes could digest the surface of rice husk. Thus, it might be expected that crude enzyme prepared from spent mushroom has a potential to serve as feed supplement for digestibility improvement.

Keywords: spent mushrooms compost, feed enzymes, availability of animal feed

คำนำ

เอนไซม์อาหารสัตว์ (feed enzymes) นับเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ผู้ประกอบการปศุสัตว์รายใหญ่นิยมเสริมในอาหารสัตว์เพื่อให้สัตว์มีสมรรถนะการเจริญ (growth performances) ที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยว (monogastric animals) เช่น หมู ไก่ เป็ด เป็นต้น รวมไปถึงสัตว์กระเพาะรวม (ruminants) เช่น โคเนื้อ โคนม เป็นต้น โดยเอนไซม์จะช่วยเพิ่มค่าการย่อยได้ของอาหาร (digestibility) ทำให้สัตว์สามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยกำจัดสารต้านโภชนะ (antinutritional factors) ที่ก่อผลเสียต่อการเจริญของสัตว์ได้อีกด้วย มีรายงานวิจัยที่ยืนยันถึงคุณประโยชน์จากการเสริมเอนไซม์ลงในอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะการเจริญของสัตว์เลี้ยง (Marquardt *et al.*, 1996; Alam *et al.*, 2003; Vahjen *et al.*, 2005) เอนไซม์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ เอนไซม์ไซลานเนส (xylanase) เบต้า-แมนนาเนส (beta-mannanase) เบต้า-กลูคาเนส (beta-glucanase) เซลลูเลส (cellulase) โปรติเอส (protease) และไฟเตส (phytase) เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการแสวงหาแหล่งเอนไซม์ที่ราคาถูกและเกษตรกรสามารถจัดหามาได้ง่ายเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์จึงควรได้ถูกนำมาศึกษา แนวทางนี้จะช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทุกระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรในท้องถิ่นสามารถเข้าถึงอาหารสัตว์คุณภาพสูงแต่ราคาถูกได้

ก้อนเพาะเห็ดที่ผ่านการใช้งานและหมดอายุแล้ว (spent mushrooms) สามารถใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์อาหารสัตว์ในกลุ่มที่ย่อยสารโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide-degrading enzymes) ได้ ซึ่งในแต่ละปีพบว่ามีก้อนเพาะเห็ดหมดอายุเหลือทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเดิมมีการกำจัดด้วยการนำไปทำเป็นปุ๋ยหรือเผาทิ้ง ซึ่งวิธีหลังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ภายหลังก็ได้มีแนวคิดใหม่ในการนำก้อนเพาะเห็ดเหล่านี้มาผสมกับส่วนผสมของก้อนเห็ดใหม่ ซึ่งก็เป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน แต่คงยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร คณะผู้วิจัยจึงสนใจก้อนเพาะเห็ดที่ผ่านการใช้งานและหมดอายุแล้วเพื่อใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์อาหารสัตว์ในกลุ่มที่ย่อยสารโพลีแซคคาไรด์ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อสำรวจปริมาณเอนไซม์อาหารสัตว์ที่หลงเหลืออยู่ในก้อนเพาะเห็ดเศรษฐกิจที่หมดอายุหลายๆ ชนิด โดยเน้นที่เอนไซม์กลุ่มย่อยโพลีแซคคาไรด์เป็นสำคัญ จากนั้นศึกษากระบวนการสกัดเอนไซม์อาหารสัตว์ออกจากก้อนเพาะเห็ด โดยจะเน้นกระบวนการที่ง่าย แต่มีประสิทธิภาพ เพื่อเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างสะดวก สามารถผลิตเอนไซม์อาหารสัตว์ไว้ใช้เองได้ ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร ทำให้ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **สำรวจและรวบรวมก้อนเห็ดหมดอายุ** ทำการสำรวจ และรวบรวมก้อนเห็ดหมดอายุแหล่งเพาะเห็ดและชนิดของเห็ดเศรษฐกิจในพื้นที่อำเภอสนทราย และอำเภอใกล้เคียงของจังหวัดเชียงใหม่ นำมาบดลดขนาดลงโดยใช้เครื่องบดและคลุกให้มีความสม่ำเสมอ ก่อนที่จะนำมาสกัดเอนไซม์ต่อไป

2. **การศึกษาปริมาณเอนไซม์กลุ่มย่อยโพลีแซคคาไรด์ในก้อนเห็ดหมดอายุ** เอนไซม์ที่ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้แก่ เอนไซม์ไซลาลเนส (xylanase) เบต้า-แมนนานเนส (β -mannanase) เซลลูเลส (cellulase) และอะมัยเลส (amylase) โดยเริ่มต้นทำการสกัดเอนไซม์ด้วยการแช่ก้อนเห็ดหมดอายุที่ผ่านการบดลงในสารละลาย 50 รอบต่อนาที Sodium phosphate buffer pH 7.0 ในสัดส่วน 1 กก.: 2 ลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีการกวนเป็นระยะ เมื่อครบกำหนดเวลา ก็ทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง และทำให้ใสด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 10 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้ใช้เป็นสารละลายเอนไซม์หยาบ (Crude enzymes) ในการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โดยใช้วิธีการที่อ้างอิงมาจาก Wongputtisin *et al.* (2012)

3. **การศึกษากระบวนการสกัดเอนไซม์จากก้อนเห็ดเก่า** คัดเลือกก้อนเห็ดจากสายพันธุ์ที่หลงเหลือเอนไซม์มากที่สุดมาทำการศึกษาทำการเปรียบเทียบกระบวนการสกัด 2 ระบบ ได้แก่ การสกัดแบบครั้งคราว (batch extraction) และการสกัดแบบวนชะ (circulating extraction) ทั้งสองระบบใช้น้ำเปล่าและสารละลาย 50 รอบต่อนาที Sodium phosphate buffer pH 7.0 เป็นสารละลายตัวสกัดเปรียบเทียบกัน โดยสัดส่วนของก้อนเห็ดและตัวสกัดที่ใช้ คือ 1 กก.: 2 ลิตร ทำการสกัดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีการกวนเป็นระยะ เมื่อครบกำหนดเวลา ก็ทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง และทำให้ใสด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 10 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้ถูกใช้เป็นสารละลายเอนไซม์หยาบ (Crude enzymes) ในการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ต่อไป

กรณีของการสกัดแบบวนชะได้ออกแบบระบบการสกัด จากนั้นศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การสกัดเอนไซม์ ได้แก่ อัตราการไหลของตัวสกัด (มล./นาที) จำนวนรอบของการวนชะ (รอบ) ประเมินประสิทธิภาพของ แต่ละชุดการทดลอง ด้วยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) ด้วยวิธี Lowry method ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ด้วยวิธี DNS และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ด้วยวิธี phenol-sulfuric acid (Miller, 1959; Lowry *et al.*, 1951) คำนวณค่า recovery yield และค่า productivity ของเอนไซม์ทั้งรายชนิดและโดยรวม

4. **การทดสอบย่อยพื้นผิวเกลบด้วยเอนไซม์หยาบ** ทำการบ่มเกลบร่วมกับเอนไซม์หยาบที่สกัดจากก้อนเห็ดที่ในสัดส่วน 1 กก.: 15 ลิตร (เติม KMS 200 ppm) เป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และทำการกวนเป็นระยะ เมื่อครบกำหนดเวลา ก็ทำการกรองเพื่อแยกเอาเกลบไปทำแห้งและศึกษาลักษณะพื้นฐานของพื้นผิวเกลบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกก้อนเห็ดสำหรับเตรียมเอนไซม์ พบว่าสารละลายเอนไซม์หยาบ ที่เตรียมได้นี้ มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์กลุ่มย่อยโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งในปริมาณที่ต่างกัน ก้อนเห็ดลมมีเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์หลงเหลือสูงที่สุด คือ เอนไซม์เซลลูเลส เท่ากับ 5.48 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์อะมัยเลส เท่ากับ 5.20 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์แมนนาเนส เท่ากับ 15.99 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง และเอนไซม์ไซลานเนส เท่ากับ 16.07 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง รวมเอนไซม์ทั้งหมด 42.74 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ก้อนเห็ดจากเห็ดยานางิ พบว่ามีเอนไซม์หลงเหลืออยู่น้อยที่สุด โดยเอนไซม์รวมทั้ง 4 ชนิด เหลือเพียงประมาณ 4 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่าเอนไซม์รวมที่พบในก้อนเห็ดลมถึง 10 เท่า ดัง Table 1 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์แต่ละชนิดในก้อนเห็ดทุกสายพันธุ์แล้ว พบว่าเอนไซม์ไซลานเนส และแมนนาเนสซึ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์ช่วยย่อยเฮมิเซลลูโลสมักถูกพบในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับเอนไซม์กลุ่มย่อยแป้งและเซลลูโลส

Table 1 The amount of polysaccharide-hydrolyzing enzymes from the spent mushrooms

Activity (U/ g dry weight \pm SD)	Yanagimatsutake	Hed-Khon kao	Hed-Lom	Grey oyster mushroom
Cellulase	1.00 \pm 1.63	0.36 \pm 0.76	5.48 \pm 3.87	1.84 \pm 1.65
Amylase	1.04 \pm 1.27	0.99 \pm 1.68	5.20 \pm 2.44	1.83 \pm 1.57
Mannanase	1.62 \pm 1.62	4.60 \pm 1.80	15.99 \pm 5.91	21.87 \pm 7.26
Xylanase	0.27 \pm 0.39	1.77 \pm 3.06	16.07 \pm 9.18	4.75 \pm 3.68
Total	3.93	7.72	42.74	30.29

2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบสกัดเอนไซม์จากก้อนเห็ด หลังจากพบว่าก้อนเห็ดลมมีปริมาณเอนไซม์สูงที่สุด จึงนำก้อนเห็ดลมมาทำการศึกษาหาวิธีการสกัดเอนไซม์ที่เหมาะสมโดยใช้ระบบการสกัดแบบครั้งคราวและแบบวนชะ ผลการทดสอบ พบว่าการสกัดเอนไซม์ด้วยน้ำเปล่าและสารละลาย Sodium phosphate buffer นั้นให้ผลได้ (yield) ของเอนไซม์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงเลือกน้ำเปล่าในการสกัดเอนไซม์ต่อไป และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการสกัดทั้ง 2 แบบ พบว่าระบบวนชะ (อัตราการไหล 10 มล./นาที, จำนวน 2 รอบ) สามารถสกัดเอนไซม์ได้ดีกว่า คือ เอนไซม์เซลลูเลส เท่ากับ 17.64 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้งเอนไซม์อะมัยเลส 8.49 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์แมนนาเนส 19.05 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง และเอนไซม์ไซลานเนส 15.86 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง รวมทั้งสิ้นประมาณ 60 ยูนิต/กรัม ดัง Table 2 ดังนั้นในการสกัดเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์ต่อไปจึงได้เลือกใช้การสกัดโดยระบบวนชะ

Table 2 The comparison of enzyme activities extracted from spent mushroom between batch and circulating extraction system

	Activities (U/g dry weight) \pm SD				
	Cellulase	Amylase	Mannanase	Xylanase	Total
Batch extraction	7.97 \pm 1.77	3.66 \pm 1.81	13.05 \pm 4.23	13.39 \pm 2.82	38.1
Circulating extraction	17.64 \pm 2.74	8.49 \pm 1.13	19.05 \pm 1.83	15.86 \pm 2.75	60.8

3. ผลของอัตราการไหลในระบบวนซ้ำที่มีต่อปริมาณเอนไซม์ที่สกัดจากก้อนเห็ด การสกัดแบบวนซ้ำสามารถสกัดเอนไซม์ได้ดีกว่าการสกัดแบบครั้งคราว ดังนั้นจึงทดลองใช้การชะที่อัตราการไหลที่แตกต่างกันตั้งแต่ 4.5-28 มล./นาที่ (ออกแบบตามศักยภาพของ peristaltic pump) พบว่า การสกัดโดยใช้ระบบวนซ้ำด้วยอัตราการไหล 8 ml/ min สามารถสกัดเอนไซม์ได้ดีที่สุด คือ เอนไซม์เซลลูเลส ได้เท่ากับ 13.45 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์อะมัยเลส เท่ากับ 8.49 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้งเอนไซม์แมนนาเนส เท่ากับ 16.46 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง และเอนไซม์ไซลานเนส เท่ากับ 21.03 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ดัง Table 3 ดังนั้นจึงได้นำการชะที่อัตราการไหล 8 มล./นาที่ ทำการศึกษาในขั้นต่อไป

Table 3 The activities of enzyme extracted from spent mushroom by the circulating extraction system at various flow rates

Activity (U/ g dry weight)	Flow rate (ml/min)								
	4.5	8	11	14	17	20	23	26.5	28
Cellulase	10.84 \pm 3.2	13.46 \pm 2.2	10.71 \pm 0.2	10.71 \pm 1.2	11.24 \pm 4.7	9.8 \pm 1.18	8.88 \pm 0.60	8.75 \pm 0.23	9.54 \pm 3.29
Amylase	2.22 \pm 1.58	8.49 \pm 0.91	9.01 \pm 2.57	3.92 \pm 2.57	11.63 \pm 1.8	4.7 \pm 3.48	7.06 \pm 3.38	8.36 \pm 1.38	7.71 \pm 1.97
Mannanase	11.99 \pm 3.6	16.46 \pm 1.2	14.46 \pm 1.9	9.64 \pm 2.83	18.7 \pm 3.23	13.76 \pm 1.8	20.34 \pm 2.3	22.11 \pm 8.2	16.81 \pm 6.5
Xylanase	18.21 \pm 4.5	21.03 \pm 2.2	14.45 \pm 5.5	13.28 \pm 0.5	16.45 \pm 2.8	15.04 \pm 3.1	17.15 \pm 2.0	13.39 \pm 3.6	14.69 \pm 3.3

4. ผลของจำนวนรอบในการวนซ้ำที่มีต่อปริมาณเอนไซม์จากก้อนเห็ด หลังจากใช้ระบบการวนซ้ำที่อัตราการไหล 8 มล./นาที่ ในการสกัดเอนไซม์จากก้อนเห็ดลม ด้วยจำนวนรอบการชะที่แตกต่างกัน พบว่าการวนซ้ำ จำนวน 2 รอบ สามารถสกัดเอนไซม์ได้ดีที่สุด ได้เอนไซม์เซลลูเลส ได้เท่ากับ 7.025 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์อะมัยเลส เท่ากับ 4.649 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์แมนนาเนส เท่ากับ 8.554 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง และเอนไซม์ไซลานเนส เท่ากับ 11.055 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ดัง Table 4

Table 4 The activities of enzyme obtained from spent mushroom by circulating extraction system at various cycles

Enzyme	Activity (U/ g dry weight± SD)			
	1 cycles	2 cycles	3 cycles	4 cycles
Cellulase	2.38±0.78	7.03±2.20	3.00±0.95	2.48±0.93
Amylase	0.93±1.12	4.65±0.31	0.52±0.36	1.14±1.09
Mananase	3.07±1.55	8.55±1.38	5.58±4.02	4.84±2.06
Xylanase	5.11±2.81	11.06±1.61	5.67±0.70	8.45±3.64

5. การทดสอบย่อยพื้นผิวแกลบด้วยเอนไซม์หยาบ เอนไซม์จากก้อนเห็ดลมเมื่อดูถูกนำมาทดสอบย่อยแกลบหยาบแล้วนำไปศึกษาลักษณะสัณฐานภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ผลการวิเคราะห์แสดงดัง Figure 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นผิวทั้งภายในและภายนอกของแกลบหยาบมีลักษณะคล้ายถูกกัดกร่อน อันเป็นหลักฐานแสดงถึงการถูกย่อยโดยเอนไซม์

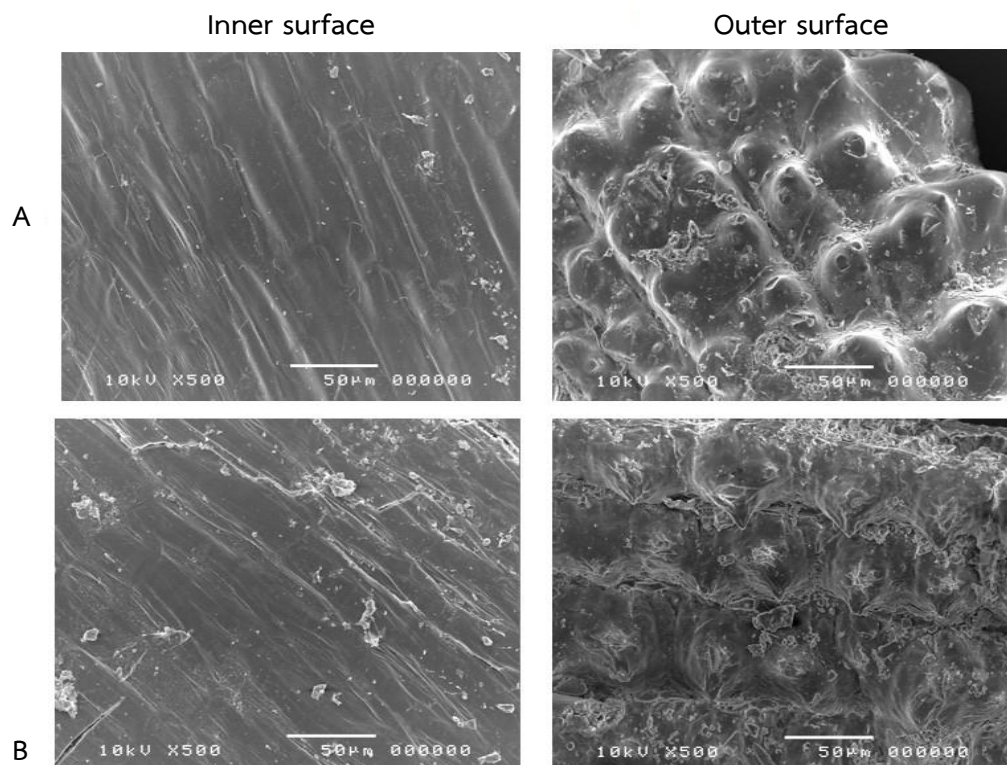


Figure 1 The morphology of rice husk (A) comparing to rice husk treated by crude enzyme from spent mushroom (B)

วิจารณ์ผลการวิจัย

เห็ดส่วนใหญ่ที่อยู่ใน Subdivision *Ascomycotina* และ Subdivision *Basidiomycotina* มีความสามารถในการย่อยเนื้อไม้และซากพืชได้ โดยการขับเอนไซม์ออกมาย่อยสลาย lignocellulose ให้มีโมเลกุลเล็กลง และดูดซึมไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม เพื่อการเจริญเติบโต เอนไซม์ที่ขับออกมาจะเป็น extracellular enzyme ในกลุ่ม peroxidase, laccase, cellulase และ hemicellulase อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณของเอนไซม์ที่ผลิตมานี้ก็จะขึ้นกับสายพันธุ์ของเห็ดและองค์ประกอบของก้อนเห็ดด้วย (Ball and Jackson, 1995; Phan and Sabaratnam, 2012)

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณเอนไซม์ที่สกัดได้เป็นที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากก้อนเห็ดหมดอายุและถูกปลดจากโรงเรือนมาเป็นเวลานานอย่างน้อย 1 ปี และบางส่วนยังถูกกองทิ้งไว้ในสภาพไม่เหมาะสมเพื่อรอการกำจัด ด้วยสภาพดังกล่าวล้วนส่งผลให้เอนไซม์เสียสภาพ (Denature) ไปมาก ซึ่งต่างจากงานวิจัยที่มีการรายงานพบว่า สามารถสกัดเอนไซม์ได้ในปริมาณที่สูงกว่านี้ ยกตัวอย่างเช่น การสกัดเอนไซม์เซลลูเลสและไซลาลเนสจากก้อนเห็ดนางรม (*P. ostreatus*) จากฟาร์มในประเทศเกาหลี และมีการรักษาสภาพทันทีด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่าสามารถสกัดเอนไซม์ได้ถึง 1.67 และ 91.56 ยูนิต/กรัม ตามลำดับ (Lim et al., 2013) ในขณะที่ Ko et al. (2005) พบว่าสามารถสกัดเอนไซม์กลุ่ม Hydrolytic ได้หลากหลายชนิดจากก้อนเห็ดสี่ชนิด ได้แก่ *P. ostreatus*, *L. edodes*, *Flammulina velutipes* และ *Hericium erinaceum* โดยเอนไซม์ไซลาลเนสนั้นสามารถพบได้มากที่สุดในก้อนเห็ด *F. velutipes* (119 nkat/กรัม) เอนไซม์เซลลูเลสพบสูงสุดในก้อนเห็ด *L. edodes* (759 nkat/ กรัม) ส่วนเอนไซม์เบต้า-แมนนาเนส นั้น แม้จะมีรายงานว่าเห็ดหลายสายพันธุ์ในตระกูล *Pleurotus* และ *Lentinus* จะสามารถผลิตเอนไซม์เบต้า-แมนนาเนสได้ (Baldrian et al., 2005) แต่ก็ยังไม่พบว่ามีการศึกษาและวิเคราะห์เอนไซม์นี้ในก้อนเห็ดชนิดใดๆ เอนไซม์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ครั้งนี้ล้วนมีความสำคัญในแง่การปรับปรุงโภชนะของอาหารสัตว์ เนื่องจากช่วยย่อยเส้นใยทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในพืชอาหารสัตว์ ทำให้สัตว์ใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารเหล่านี้ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่ซึ่งไม่มีกระเพาะหมัก อัตราการไหลของตัวทำละลายในการสกัดเอนไซม์นั้น มีผลต่อการสกัดเอนไซม์ โดยการใช้อัตราการไหลที่เร็วเกินไปอาจทำให้การสกัดเอนไซม์นั้นไม่สมบูรณ์ คือ ยังคงมีเอนไซม์ที่ยังคงค้างอยู่ในก้อนเห็ด ซึ่งไม่สามารถละลายออกมาได้ทันตามการไหล หรือในกรณีของการใช้อัตราการไหลที่ช้าเกินไป ก็อาจจะทำให้เอนไซม์ที่สกัดออกมานั้นเสียสภาพไปได้

เมื่อวิเคราะห์ผลได้จากการสกัดเอนไซม์แต่ละชนิดแล้ว ทำให้พบว่าเอนไซม์อะมัยเลส ถูกสกัดออกมาน้อยมากเมื่อใช้อัตราการไหลที่ต่ำ ในขณะที่เอนไซม์ชนิดอื่นๆ มีความแตกต่างของผลได้เพียงเล็กน้อย ประเด็นนี้อาจมีสาเหตุในระดับโครงสร้างโมเลกุลของเอนไซม์ที่ส่งผลต่อการจับ (affinity) บนอนุภาคก้อนเห็ด อย่างไรก็ตามแม้เอนไซม์อะมัยเลสจะมีบทบาทและความสำคัญในการย่อยแป้งเพื่อให้สัตว์ได้รับพลังงานอย่างเพียงพอ แต่ความสำคัญนี้ ยังจัดว่าน้อยกว่าเอนไซม์อีก 3 ชนิดที่เหลือ เนื่องจากอะมัยเลส สามารถถูกผลิตขึ้นได้โดยทางเดินอาหารของสัตว์อยู่แล้ว ดังนั้นจึงคาดว่ากลไกที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์จากก้อนเห็ดหมดอายุเหล่านี้ น่าจะมีค่าการย่อยได้ที่สูงขึ้น และถูกนำไปใช้โดยสัตว์มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ก้อนเห็ดหมดอายุ ทั้ง 4 ชนิดมีเอนไซม์กลุ่มย่อยโพลีแซคคาไรด์หลงเหลืออยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน และก้อนเห็ดหมดมีเอนไซม์หลงเหลือสูงที่สุด ซึ่งเอนไซม์ รวมเท่ากับ 42.74 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์เซลลูเลส เท่ากับ 5.475 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์อะมัยเลส เท่ากับ 5.197 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง เอนไซม์แมนนาเนส เท่ากับ 15.991 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง และ เอนไซม์ไซลานเนส เท่ากับ 16.073 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ในขณะที่ก้อนเห็ดหมดอายุ ยานางิ มีเอนไซม์น้อยที่สุดเพียง 10 ยูนิต/กรัม น้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ การสกัดเอนไซม์จากก้อนเห็ดหมดอายุ โดยใช้ระบบวนชะสามารถสกัดเอนไซม์ได้มากกว่าการสกัดแบบครั้งคราว และอัตราการไหลโดยระบบวนชะที่ระดับ 8 มล./นาทิจ จะเป็นระดับที่ดีที่สุดในการสกัดเอนไซม์ออกจากก้อนเห็ด นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์ที่เตรียม จากก้อนเห็ดหมดนี้มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในแง่ของการเสริมในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการย่อยได้ของอาหารสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อนุเคราะห์เครื่องบดก้อนเห็ด และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อนุเคราะห์สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Alam, M.J., M.A.R. Howider, M.A.H. Pramanik and M.A. Haque. 2003. Effect of exogenous enzyme in diet on broiler performance. **International Journal of Poultry Science** 2: 168-173.
- Baldrain, P., V. Valášková, V. Merhautová and J. Gabriel. 2005. Degradation of lignocellulose by *Pleurotus ostreatus* in the presence of copper, manganese, lead and zinc. **Research in Microbiology** 156: 670-676.
- Ball, A.S. and A.M. Jackson. 1995. The recovery of lignocelluloses-degrading enzymes from spent mushroom compost. **Bioresource Technology** 54: 311-314.
- Ko, H.G., S.H. Park, S.H. Kim and W.M. Park. 2005. Detection and recovery of hydrolytic enzymes from spent compost of four mushroom species. **Folia Microbiologica** 50: 103-106.
- Lim, S.H., Y.H. Lee and H.W. Kang. 2013. Efficient recovery of lignocellulolytic enzymes of spent mushroom compost from oyster mushroom, *Pleurotus* spp., and potential use in dye decolorization. **Mycobiology** 41: 214-220.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry** 193(1): 265-275.

- Marquardt, R.R., A. Brenes, Z. Zhang and D. Boros. 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology** 60: 321-330.
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31: 426-428
- Phan, C.W. and V. Sabaratnam. 2012. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. **Applied Microbiology and Biotechnology** 96: 863-873.
- Vahjen, W., T. Busch and O. Simon. 2005. Study on the use of soya bean polysaccharide degrading enzymes in broiler nutrition. **Animal Feed Science and Technology** 120: 259-276.
- Wongputtisin, P., C. Khanongnuch., W. Khongbantad., P. Niamsup and S. Lumyong. 2012. Screening and selection of *Bacillus* spp. for fermented corticate soybean meal production. **Journal of Applied Microbiology** 113: 798-806

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่าง
โดย *Bacillus* sp. PS53

Optimization of Thermotolerant Alkaline Protease Production
By *Bacillus* sp. PS53

เชาวนีพร ชีพประสพ

Chaowaneeporn Cheprasop

โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

Corresponding author: chaowaneeporn.ch@skru.ac.th

บทคัดย่อ

แบคทีเรียทนร้อนเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญ เนื่องจากความสามารถในการผลิตเอนไซม์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างโดย *Bacillus* sp. PS53 ที่คัดแยกจากบ่อน้ำร้อนเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง โดยได้ดำเนินการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่ประกอบด้วยกลูโคส เพปโตน KH_2PO_4 , MgSO_4 และ FeSO_4 ที่พีเอช 9 และอุณหภูมิ 60°C . และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรตีเอส จึงได้ศึกษาผลของส่วนผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อที่สำคัญๆ เช่น แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน ไอออนโลหะ และสารลดแรงตึงผิว ต่อผลของการผลิตเอนไซม์ โดยพบว่าแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ได้มากที่สุด คือ น้ำตาลกลูโคส และทริปโตน (67.31 ยูนิตต่อ มล.) การเติมไอออนโลหะของ Fe^{2+} , Mg^{2+} และ Cu^{2+} ในอาหารเลี้ยงเชื้อส่งผลให้การผลิตเอนไซม์โปรตีเอสเพิ่มสูงขึ้น 125.43, 110.51 และ 108.13% ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า ในอาหารที่มีการเติม Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ Sodium Dodesyl Sulfate (SDS) สามารถผลิตเอนไซม์ได้ดีขึ้นเป็น 119-139%

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตเอนไซม์ เอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่าง บาซิลลัส บ่อน้ำร้อน

Abstract

Thermotolerant bacteria are group of microorganisms which are important due to the ability of enzymes producing for industrial application. This research aimed to study, the effect of medium for thermotolerant alkaline protease production by *Bacillus* sp. PS53 was isolated from Kaochaison hot spring, Phatthalung province. The present study was carried out in liquid culture containing glucose, peptone, KH_2PO_4 , MgSO_4 and FeSO_4 at pH 9, temperature of 60°C and in order to enhance the production of protease. The effects of major medium ingredients, such as carbon, nitrogen source, metal ions and surfactant on the production of the enzyme were investigated.

Glucose as carbon source and tryptone as nitrogen source has displayed the highest protease production (67.31 unit/mL). Supplementation of the culture medium with Fe^{2+} , Mg^{2+} and Cu^{2+} which influenced the maximum yield of this enzyme (125.43, 110.51 and 108.13%, respectively). In addition, the medium supplement with Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and Sodium Dodesyl Sulfate (SDS) can induce enzyme production up to 119-139%.

Keywords: optimization, enzyme production, thermotolerant alkaline protease, *Bacillus* sp., hot spring

คำนำ

โปรตีเอสเป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ หรือกรดอะมิโนอิสระซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ตามนี้คือ แบ่งตามตำแหน่งที่เอนไซม์ตัดสายพันธะเปปไทด์ คือแบบที่ตัดสายเปปไทด์จากด้านใน (endopeptidase) และแบบที่ตัดสายเปปไทด์จากด้านนอก (exo-peptidase) และแบ่งตามช่วงของพีเอชที่มีผลให้เอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุดดังนี้คือ ทำงานได้ดีที่พีเอชเป็นกรด (acidic protease: pH 2.0-6.0) ทำงานได้ดีที่พีเอชเป็นกลาง (neutral protease: pH 6.0-8.0) และทำงานได้ดีที่พีเอชเป็นด่าง (alkaline protease: pH 8.0-13.0) (Sabotic and Kos, 2012) โดยเอนไซม์กลุ่มนี้จะเป็นหนึ่งในกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดของเอนไซม์อุตสาหกรรมประมาณ 60% ของยอดขายรวมของเอนไซม์ในโลก (Zambare *et al.*, 2011) รวมทั้งได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร สารซักล้าง การจักสาน สิ่งทอ การฟอกหนัง นอกจากนั้นยังนำมาใช้ในทางเภสัช การวินิจฉัยทางการแพทย์ และการสลายตัวของเจลาตินบนแผ่นฟิล์มอิเล็กทรอนิกส์ (Rai and Mukherjee, 2010) เอนไซม์โปรตีเอสพบได้ในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยกลุ่มของจุลินทรีย์จะเป็นแหล่งที่ต้องการมากที่สุดเนื่องจากสามารถผลิตได้ง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และผลิตได้ในปริมาณมากในระดับอุตสาหกรรม (Kocher and Mishra, 2009) ซึ่งอุตสาหกรรมของกระบวนการหมักส่วนใหญ่จะมีสภาวะอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการนำจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ทนร้อนได้ที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงกว่า 50°C. มาใช้ในกระบวนการผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา ในขณะที่จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการในกระบวนการผลิตจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้สามารถจึงช่วยลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ (Deore *et al.*, 2013) คุณสมบัติดังกล่าวมีคุณค่าสำหรับการนำจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกลุ่มของแบคทีเรีย ตัวอย่างเช่น *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, *B. mojavensis* และ *B. stearothermophilus* เป็นต้น (Shuai *et al.*, 2012)

จากการศึกษาคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างจากตัวอย่างตะกอนดินบริเวณบ่อน้ำร้อนอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง สามารถคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวได้มากที่สุดที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 52 ชั่วโมง (เขาวนิพร, 2558) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการผลิตเอนไซม์ของเชื้อสายพันธุ์นี้ ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว โดยศึกษาผลขององค์ประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน ไอออนของโลหะ และสารลดแรงตึงผิวต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างจาก *Bacillus* sp. PS53 ซึ่งผลที่ได้จะนำมาพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ของเชื้อสายพันธุ์นี้ให้ได้มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อจุลินทรีย์

แบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ *Bacillus* sp. PS53 ซึ่งทำการคัดแยกจากตะกอนดินบ่อน้ำร้อนเขาชัยสน อำเภอลำดวน จังหวัดพัทลุง (เขาวนัพร, 2558)

2. การผลิตเอนไซม์

ทำการเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นในอาหารเหลว Nutrient broth เป็นเวลา 18 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ OD600 เท่ากับ 0.3 จากนั้นถ่ายเชื้อที่เตรียมไว้ 1 % ลงในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย glucose 0.5 กรัม, peptone 0.75 กรัม, KH_2PO_4 0.5 กรัม, FeSO_4 0.01 กรัม, MgSO_4 0.5 กรัม (ปริมาตร 250 มล.) ที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. โดยทำการเขย่าเชื้อที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง ทำการหมุนเหวี่ยงด้วยเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C. และนำส่วนใสไปใช้ในการหากิจกรรมของเอนไซม์

3. การตรวจหากิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอส

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่เชื้อสามารถผลิตออกสู่ภายนอกเซลล์โดยวิธีการของ Beg *et al.* (2003) ซึ่งทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 60°C. ในสารละลายบัฟเฟอร์ glycine-NaOH (50 mM, พีเอช9.0) โดยใช้เคซีน (casein) เป็นสารตั้งต้นนำสารละลายเอนไซม์ 1 มล. บ่มกับสารละลายเคซีน 1 มล.(1% ใน glycine-NaOH พีเอช 9.0) เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 60°C. หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 5% กรดไตรคลอโรอะซิติก 4 มล. นำไปเซ็นตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ได้ 1 มล. มาเติม 0.4 M. Na_2CO_3 5 มล.เติม Folin Ciocalteus reagent 0.5 มล.นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานไทโรซีน

หนึ่งยูนิตของเอนไซม์โปรตีเอส หมายถึง ปริมาณเอนไซม์โปรตีเอสที่ย่อยสลายเคซีนให้ปริมาณไทโรซีน (tyrosine) 1 ไมโครโมล ที่อุณหภูมิ 60°C. ภายในเวลา 1 นาที

4. ผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอส

ทำการเปลี่ยนแปลงแหล่งคาร์บอนจากกลูโคส (glucose) เป็นมอลโตส (maltose) ซูโครส (sucrose) แล็กโตส (lactose) ฟรุคโตส (fructose) กาแล็กโตส (galactose) และกากน้ำตาล (molasses) แหล่งไนโตรเจนทั้งในรูปแบบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยทำการเปลี่ยนแปลงแหล่งไนโตรเจนจากเพปโตน (peptone) เป็นสกีมมิลล์ (skim milk) ทริปโตเน (tryptone) ยีสต์สกัด (yeast extract) น้ำล้างซูริมิ (surimi processing washing) น้ำนิ่งปลาทูน่า (tuna condensate) แอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) (Uyar *et al.*, 2011) ทำการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย glucose 0.5 กรัม (เปลี่ยนแปลงแหล่งคาร์บอนที่ระบุไว้ข้างต้น) peptone 0.75 กรัม (เปลี่ยนแปลงแหล่งไนโตรเจนที่ระบุไว้ข้างต้น) KH_2PO_4 0.5 กรัม, FeSO_4 0.01 กรัม, MgSO_4 0.5 กรัม ที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. โดยทำการเขย่าเชื้อที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง วัดหากิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสที่เชื้อผลิตได้ (ตามวิธีการในข้อ 3)

5. ผลของไอออนต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอส

ทำการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย glucose 0.5 กรัม, tryptone 0.75 กรัม, KH_2PO_4 0.5 กรัม โดยทำการเปลี่ยนแปลงไอออนเป็น FeSO_4 , MgSO_4 , KCl , CaCl_2 , CoCl_2 , ZnCl_2 , MnSO_4 , HgCl_2 และ CuSO_4 ใน

ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5% ที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. โดยทำการเขย่าเชื้อที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง วัดหากิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสที่เชื้อผลิตได้ (ตามวิธีการในข้อ 3)

6. ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอส

ทำการเพิ่มสารลดแรงตึงผิว เช่น tween-20, triton-x-100, Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ Sodium dodecyl sulfate (SDS) ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10% ลงในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย glucose 0.5 กรัม, peptone 0.75 กรัม, KH₂PO₄ 0.5 กรัม, FeSO₄ 0.01 กรัม และ MgSO₄ 0.5 กรัม ที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. โดยทำการเขย่าเชื้อที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง วัดหากิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสที่เชื้อผลิตได้ (ตามวิธีการในข้อ 3)

ผลการวิจัย

1. ผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสบนรื้อนในสภาวะต่าง

จากการเพาะเลี้ยง *Bacillus* sp. PS53 ในอาหารเหลวที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสจาก *Bacillus* sp. PS53 ในแต่ละแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนพบว่าเชื้อสายพันธุ์นี้สามารถผลิตเอนไซม์ได้มากที่สุดเมื่อทำการเลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนเป็นน้ำตาลกลูโคส และมีแหล่งไนโตรเจนเป็นทริปโตน โดยให้ค่ากิจกรรมสูงสุดที่ 67.31 ยูนิตต่อมล. (Figure 1) และสามารถผลิตเอนไซม์ได้มากกว่า 50 ยูนิตต่อ มล. เมื่อมีแหล่งไนโตรเจนเป็นเพปโตน

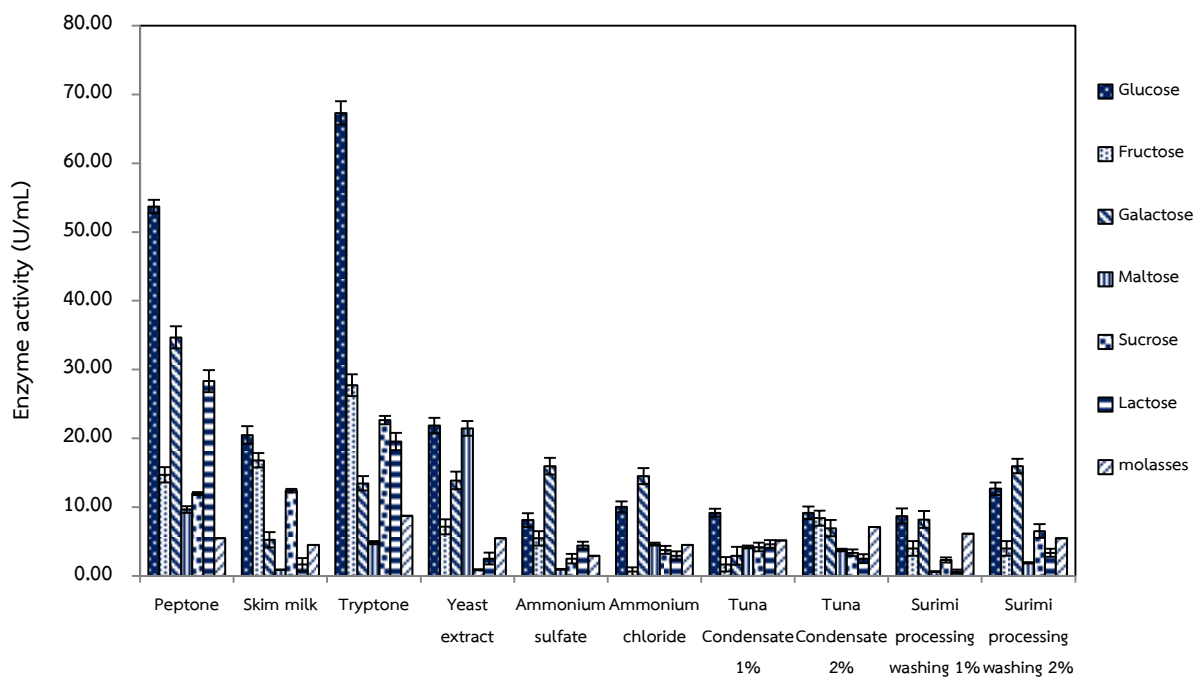


Figure 1 Effect of different carbon and nitrogen sources on thermotolerant alkaline protease production by *Bacillus* sp. PS53 at pH 9 and temperature of 60°C

2. ผลของไอออนต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่าง

จากการเพาะเลี้ยง *Bacillus* sp. PS53 ในอาหารเหลวซึ่งประกอบด้วย glucose, tryptone และ KH_2PO_4 โดยทำการศึกษาไอออนของโลหะหนักเช่น CaCl_2 , CoCl_2 , CuSO_4 , FeSO_4 , HgCl_2 , KCl , MgSO_4 , MnSO_4 และ ZnCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5% ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่พีเอช 9.0 อุณหภูมิ 60°C . เป็นเวลา 52 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจวัดการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างพบว่า *Bacillus* sp. PS53 สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนอุณหภูมิสูงในสภาวะต่างที่ความเข้มข้นของไอออนโลหะ 0.2% ให้ค่ากิจกรรมสัมพัทธ์ของเอนไซม์ (relative activity) ดังนี้ คือ 40.52, 26.77, 108.71, 125.36, 55.62, 60.78, 110.97, 22.46 และ 34.42 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ซึ่งไม่ใส่ไอออนโลหะชนิดใดลงไป ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไอออนโลหะเป็น 0.5% พบว่าการผลิตเอนไซม์ลดลงแต่ในปริมาณที่ไม่มากนักดังนี้ คือ 29.25, 17.12, 99.35, 117.51, 43.22, 47.11, 98.43, 14.32 และ 21.32% ตามลำดับ (Figure 2)

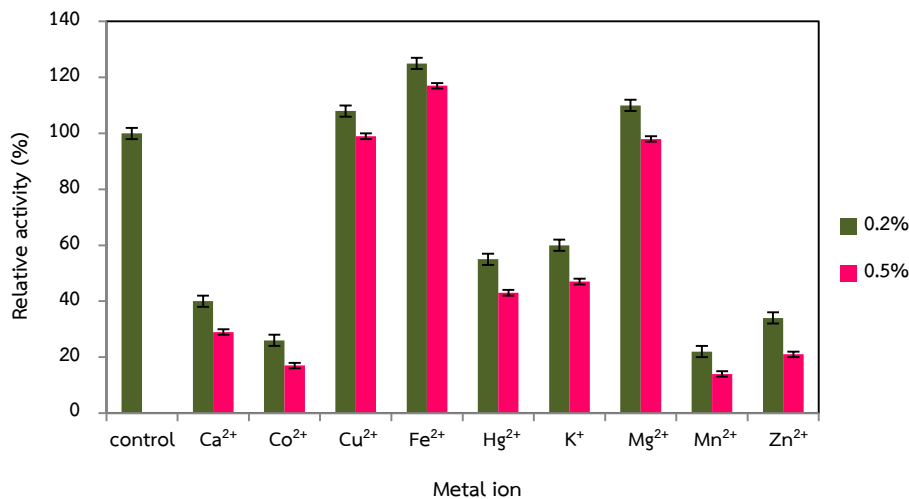


Figure 2 Effect of metal ions on thermotolerant alkaline protease production By *Bacillus* sp. PS53 at pH 9 and temperature of 60°C

3. ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่าง

จากการเพาะเลี้ยง *Bacillus* sp. PS53 ในอาหารเหลวซึ่งประกอบด้วย glucose, tryptone, KH_2PO_4 , MgSO_4 , FeSO_4 โดยทำการเพิ่มสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ tween-20, triton-x-100, EDTA, SDS ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 % ทำการเลี้ยงเชื้อที่พีเอช 9.0 อุณหภูมิ 60°C . เป็นเวลา 52 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจวัดการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างพบว่า *Bacillus* sp. PS53 สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างได้ดีใกล้เคียงกันเมื่อในอาหารเลี้ยงเชื้อมีการผสมสารลดแรงตึงผิวเป็น EDTA และ SDS ทั้งที่ความเข้มข้น 1 และ 5% โดยสามารถผลิตได้ในช่วง 119-139% แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเป็น 10% พบว่าเชื้อสายพันธุ์นี้จะผลิตเอนไซม์ลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณที่ผลิตได้ก็มีความใกล้เคียงกับชุดควบคุม (control) (79-97%) ซึ่งไม่ใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดใดลงไป ในส่วนของการผสมสารลดแรงตึงผิวในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น tween-20 หรือ triton-x-100 พบว่ามีผลทำให้การผลิตเอนไซม์ได้ในปริมาณที่น้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 3)

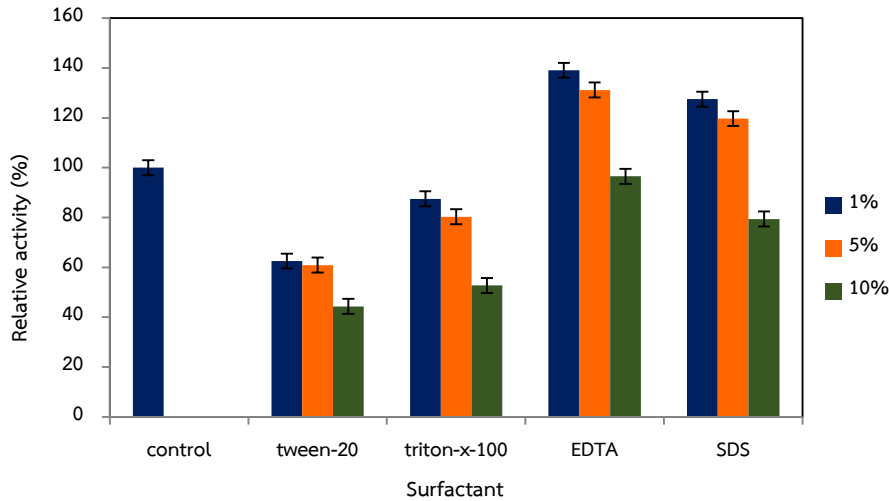


Figure 3 Effect of surfactant on thermotolerant alkaline protease production by *Bacillus* sp. PS53 at pH 9 and temperature of 60°C

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสจาก *Bacillus* sp. PS53 ในแต่ละแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนพบว่าเชื้อสายพันธุ์นี้สามารถผลิตเอนไซม์ได้มากที่สุดเมื่อทำการเลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนเป็นน้ำตาลกลูโคส และมีแหล่งไนโตรเจนเป็นทริปโตน โดยให้ค่ากิจกรรมสูงสุดที่ 67.31 หน่วยต่อมล. (Figure 1) ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสจาก *Bacillus licheniformis* N-2 (Nadeem *et al.*, 2008) หรือการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสจาก *Bacillus* sp. N-40 ที่สามารถผลิตเอนไซม์ได้ดีในระดับหนึ่งเมื่อมีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และทริปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจน (Sevinc and Demirkan, 2011) รวมทั้ง *Bacillus pumilus* D-6 ซึ่งผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดในแหล่งอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน (83 หน่วยต่อมล.) (Bajaj *et al.*, 2013) และ *Bacillus subtilis* IC-5 สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสได้สูงสุดเมื่อมีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในขณะที่แหล่งไนโตรเจนที่เป็นเปปโทนและทริปโตนก็มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ในระดับที่สูงเช่นเดียวกัน (Gul *et al.*, 2015) การศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการผลิตเอนไซม์อาจจะมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ที่เพิ่มสูงขึ้นในจุลินทรีย์บางชนิด (Homma *et al.*, 1993) แต่อาจจะมียับยั้งการผลิตเอนไซม์ในสายพันธุ์อื่น ๆ (Joo *et al.*, 2002) การสังเคราะห์เอนไซม์โปรตีเอสถูกควบคุมด้วยแหล่งคาร์บอนที่พร้อมใช้งานซึ่งมีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Lambert *et al.*, 1997) ดังนั้นการควบคุมการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสออกสู่ภายนอกเซลล์โดยใช้คาร์โบไฮเดรตที่ดูดซึมได้ง่ายจึงเป็นข้อมูลที่สามารถพบได้ในแบคทีเรียหลายๆ สายพันธุ์ (Litchfield and Prescott, 1970) ในส่วนของแหล่งไนโตรเจนพบว่าแหล่งไนโตรเจนมีอิทธิพลอย่างมากต่อการผลิตเอนไซม์เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นที่ดีที่สุดสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนี้แหล่งไนโตรเจนยังสามารถส่งผลต่อพีเอชของสารอาหารซึ่งจะมีผลต่อกิจกรรมและความเสถียรของเอนไซม์ (Nizamudeen and Bajaj, 2009) จากการศึกษาแหล่งไนโตรเจนทั้งในแบบสารอินทรีย์และแหล่งไนโตรเจนแบบสารอนินทรีย์ พบว่าแหล่งไนโตรเจนแบบสารอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ออกสู่ภายนอกเซลล์ได้ดีกว่าแบบสารอนินทรีย์ เช่นเดียวกับอีกหลายๆ งานวิจัยที่ได้รายงานว่าแหล่งไนโตรเจนแบบสารอินทรีย์ดีกว่าแหล่งไนโตรเจนแบบสารอนินทรีย์ (Nadeem *et al.*, 2008)

จากการศึกษาผลของไอออนต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสเทอร์ในสภาวะต่าง พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไอออนโลหะเป็น Ca^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} และ Zn^{2+} จะมีผลยับยั้งการผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสจาก *Bacillus* sp. PS53 ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไอออนโลหะเป็น Hg^{2+} และ K^+ แบคทีเรียผลิตเอนไซม์ออกสู่ภายนอกเซลล์ได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของชุดควบคุม (control) (58-63%) ซึ่งไอออนโลหะในกลุ่มที่แสดงผลการยับยั้งการผลิตเอนไซม์นี้สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มไทออล (thiol group) กรดอะมิโนฮิสทีดีน (histidine) และทริปโตเฟน (tryptophan) รวมทั้งสามารถสลายพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ในโมเลกุลของโปรตีน มีผลทำให้การแสดงกิจกรรมของเอนไซม์ลดลง (Kumar *et al.*, 1999) ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไอออนโลหะเป็น Cu^{2+} , Fe^{2+} และ Mg^{2+} สามารถเหนี่ยวนำให้แบคทีเรียผลิตเอนไซม์ออกสู่ภายนอกเซลล์ได้ดีคือมีค่ากิจกรรมสัมพันธ์ของเอนไซม์เท่ากับ 108.13, 125.43 และ 110.51% ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3 ปรากฏการณ์นี้บ่งชี้ว่าเอนไซม์ต้องใช้ไอออนโลหะเป็นโคแฟกเตอร์ โดยเฉพาะ Fe^{2+} , Mg^{2+} และ Cu^{2+} ซึ่งโคแฟกเตอร์เหล่านี้จะช่วยปกป้องเอนไซม์ต่อการเสียสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ในสภาวะที่อยู่ในอุณหภูมิสูงขึ้น (Donaghy and McKay, 1993) จากการศึกษาเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไอออนโลหะจาก 0.2% เป็น 0.5% ส่งผลให้เชื้อสายพันธุ์นี้ผลิตเอนไซม์ลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของไอออนที่สูงขึ้นจะมีผลการเปลี่ยนแปลงค่า ionic strength ของสารละลายบัฟเฟอร์ มีผลให้พีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป หากพีเอชอยู่นอกช่วงที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ อาจเกิดผลเสียต่อเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการดูดซึมสารอาหาร และแร่ธาตุต่างๆ การสร้างเอนไซม์ที่ทำงานภายนอกเซลล์และกิจกรรมของมัน รวมทั้งกลไกการสร้าง ATP ในแบคทีเรียซึ่งเกี่ยวข้องกับผนังเซลล์ (สุจิตรา, 2535) จากผลของไอออนโลหะที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสของ *Bacillus* sp. PS53 สอดคล้องกับรายงานของ Akcan และ Uyar (2011) ศึกษาคัดเลือกแหล่งไอออนโลหะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีนเอสพบว่าเชื้อ *Bacillus subtilis* RSKK96 ผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีนเอสได้ดีที่สุดเมื่อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไอออนโลหะเป็น Fe^{2+} และ การศึกษาผลของไอออนโลหะในการผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีนเอสจากเชื้อ *Bacillus subtilis* AKRS3 พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไอออนโลหะเป็น Fe^{2+} สามารถเหนี่ยวนำให้แบคทีเรียผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีนเอสออกสู่ภายนอกเซลล์ได้ดีที่สุด (Ravishankar *et al.*, 2012) เช่นเดียวกัน

ผลการศึกษาพบว่าสารลดแรงตึงผิวที่เป็น EDTA และ SDS ซึ่งเป็นสารคีเลต (chelating agent) อาจช่วยเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ด้วยการทำลายชั้นเมมเบรน (Goto *et al.*, 1997) ซึ่งจะเพิ่มการดูดซึมของสารอาหารเข้าไปในสิ่งมีชีวิต และมีผลให้การหลั่งของเอนไซม์ออกสู่อาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ tween-20 หรือ triton-x-100 ซึ่งสารลดแรงตึงผิวทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารลดแรงตึงผิวในกลุ่มที่ไม่มีประจุ (non-ionic detergent) เป็นกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อการทำลายชั้นเมมเบรนได้น้อย (Johnson, 2016) จึงมีผลในการปรับเปลี่ยนการซึมผ่านของเซลล์ของจุลินทรีย์ซึ่งจะนำไปสู่การหลั่งเอนไซม์ได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก (Kohlman *et al.*, 1991) ดังแสดงใน Figure 3 นอกจากนี้ความสามารถของสารลดแรงตึงผิวอาจมีผลต่อตำแหน่งเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นที่ไม่ชอบน้ำ (Triggle, 1970) และเช่นเดียวกันเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในปริมาณที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อการลดปริมาณการผลิตเอนไซม์ เนื่องจากความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าพีเอชที่เหมาะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งการผลิตเอนไซม์โดยสายพันธุ์จุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับค่าพีเอชนอกเซลล์ เนื่องจากค่าพีเอชจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการของเอนไซม์จำนวนมาก รวมทั้งการขนส่งสารต่างๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจะมีผลต่อการเติบโตของเซลล์และการผลิตผลิตภัณฑ์ (Kumar *et al.*, 2008) จากผลที่ปรากฏเทียบเคียงได้กับการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสออกสู่ภายนอกเซลล์จากเชื้อ *Bacillus cereus* CA15 พบว่าเชื้อ

สายพันธุ์นี้ผลิตเอนไซม์โปรตีเอสเพิ่มขึ้นเมื่อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารลดแรงตึงผิวเป็น EDTA กับ SDS (Uyar *et al.*, 2011) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสารลดแรงตึงผิวเหล่านี้มีผลต่อปริมาณของการผลิตเอนไซม์จากเชื้อสายพันธุ์ *Bacillus sp.* PS53 ผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นพื้นฐานในการนำเชื้อสายพันธุ์นี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมผงซักฟอกเนื่องจากกลุ่มสารลดแรงตึงผิวที่สำคัญที่เป็นส่วนผสมในผงซักฟอกส่วนใหญ่ คือ SDS โดยมี EDTA ทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิว ทำให้น้ำเป็นด่างเหมาะแก่การปฏิบัติงานของผงซักฟอก

สรุปผลการวิจัย

Bacillus sp. PS53 สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างได้ดีที่สุดเมื่อทำการเลี้ยงเชื้อที่พีเอช 9.0 และอุณหภูมิ 60°C. ในเวลา 52 ชั่วโมง ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและทริปโตเฟนเป็นแหล่งไนโตรเจน โดยมีไอออนโลหะของ Fe^{2+} , Mg^{2+} และ Cu^{2+} ที่ความเข้มข้น 0.2-0.5% ผสมอยู่ด้วย ซึ่งจะสามารถเพิ่มการผลิตเอนไซม์ได้ 108.13-125.43% และเมื่อมีการเติมสารลดแรงตึงผิวเป็น EDTA และ SDS ที่ความเข้มข้น 1-5% จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น 119-139%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เขาวนิพร ชีพประสพ. 2558. การคัดแยกแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์โปรตีเอสทนร้อนในสภาวะต่างจากบ่อน้ำร้อน. 65 น. ใน รายงานผลการวิจัย. โปรแกรมวิชาเคมีและเคมีประยุกต์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- สุจิตรา เลิศพุกษ์. 2535. เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา ทอ. 470 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ. ภาควิชาอุตสาหกรรมและการเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning46>. (13 เมษายน 2561).
- Akcan, N. and F. Uyar. 2011. Production of extracellular alkaline protease from *Bacillus subtilis* RSKK96 with solid state fermentation. **EurAsian Journal of BioSciences** 5: 64-72.
- Bajaj, B.K., N. Sharma and S. Singh. 2013. Enhanced production of fibrinolytic protease from *Bacillus cereus* NS-2 using cottonseed cake as nitrogen source. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology** 2: 204-209.
- Beg, Q.K., V. Sahai and R. Gupta. 2003. Statistical media optimization and alkaline protease production from *Bacillus mojavensis* in a bioreactor. **Process Biochemistry** 39: 203-209.
- Deore, G.B., A.S. Limaye, Y.A. Dushing, S.B. Dhobale, S. Kale and S.L. Laware. 2013. Screening of protease producing fungi for microbial digestion of seed proteins and synthesis of amino acids-metal nutrient chelates. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 16: 86-91.

- Donaghy, J.A. and A.M. McKay. 1993. Production and properties of an alkaline protease by *Aureobasidium pullulans*. **Journal of Applied Bacteriology** 74: 662–666.
- Goto, R., O.K. Beg and P. Lorenz. 1997. **Hydrophobic Moiety of surfactant**. (3rd ed) worth publishers: New York.
- Gul, S., M.R. Rahman, M. Ajmal, A.K.K. Achakzai and A. Iqbal. 2015. Effects of carbon and nitrogen sources on production of protease by *Bacillus subtilis* IC-5. **Bangladesh Journal of Botany** 44(2): 285-292.
- Homma, M., H. Chibana and K. Tanaka. 1993. Induction of extracellular proteinase in *Candida albicans*. **Journal of General Microbiology** 139: 1187-1193.
- Johnson, M. 2016. **Detergents: Triton X-100, Tween-20, and More**. Synatom Research, Princeton, New Jersey, United States. [Online] Available <https://www.labome.com> (12 April 2018).
- Joo, H.S., C.G. Kumar, G.C. Park, K.M. Kim, S.R. Paik and C.S. Chang. 2002. Optimization of the production of an extracellular alkaline protease from *Bacillus horikoshii*. **Process Biochemistry** 38: 155-159.
- Kocher, G.S. and S. Mishra. 2009. Immobilization of *Bacillus circulans* MTCC 7906 for enhanced production of alkaline protease under batch and packed bed fermentation conditions. **Internet Journal of Microbiology** 7(2): 359-378.
- Kohlman, K.L., S.S. Nielson and M.R. Ladisch. 1991. Purification and characterization of an extracellular protease produced by *Pseudomonas aeruginosa* M3/6. **Journal of Dairy Science** 74: 4125-4136.
- Kumar, D., N. Savitri, T.R. Verma and T.C. Bhalla. 2008. Microbial proteases and application as laundry detergent additive. **Research Journal of Microbiology** 3(12): 661-672.
- Kumar, C.G., M.P. Tiwari and K.D. Jany. 1999. Novel alkaline serine proteases from alkalophilic *Bacillus* spp.: Purification and some properties. **Process Biochemistry** 34: 441-449.
- Lambert, M., R.S. Blanchin, F.L. Louedec, A. Lepingle and C. Gaillardin. 1997. Genetic analysis of regulatory mutants affecting synthesis of extracellular proteinases in the yeast *Yarrowia lipolytica*: identification of a RIM101 homolog. **Molecular and Cellular Biology** 17: 3966-3976.
- Litchfield, C.D. and J.M. Prescott. 1970. Regulation of proteolytic enzyme production by *Aeromonas proteolytica*. extracellular endopeptidase. **Canadian Journal of Microbiology** 16: 17-22.
- Nadeem, M., J.I. Qazi, S. Baig and Q.A. Syed. 2008. Effect of medium composition on commercially important alkaline protease production by *Bacillus licheniformis*-2. **Food Technology and Biotechnology** 46(4): 388–394.

- Nizamudeen, S. and B.K. Bajaj. 2009. A novel thermo-alkalitolerant endoglucanase production using cost-effective agricultural residues as substrates by a newly isolated *Bacillus* sp. NZ. **Food Technology and Biotechnology** 47: 435-440.
- Rai, S.K. and A.K. Mukherjee. 2010. Statistical optimization of production, purification and industrial application of a laundry detergent and organic solvent-stable subtilisin-like serine protease (Alzwiprase) from *Bacillus subtilis* DM-04. **Biochemical Engineering Journal** 48: 173-180.
- Ravishankar, K. 2012. Isolation of alkaline protease from *Bacillus subtilis* AKRS3. **African Journal Biotechnology** 11: 13415–13427.
- Sabotic, J. and J. Kos. 2012. Microbial and fungal protease inhibitors current and potential applications. **Applied Microbiology and Biotechnology** 93: 1351-1375.
- Sevinc, N. and E. Demirkan. 2011. Production of Protease by *Bacillus* sp. N-40 isolated from soil and its enzymatic properties. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences** 5(14): 95-103.
- Shuai, W., L. Xuezheng, H. Xiaohang and D.S. Zilda. 2012. Screening and characterization of alkaline protease isolated from PLI-1, a strain of *Brevibacillus* sp. collected from Indonesia's hot spring. **Journal of Ocean University of China** 11(2): 213-218.
- Triggle, D. J. 1970. Some aspects of the role of lipids in lipid protein interactions and cell membrane structure and function. **Recent Progress in Surface Science** 3: 273-290.
- Uyar, F., I. Porsuk, G. Kizil and El. Yilmaz. 2011. Optimal conditions for production of extracellular protease from newly isolated *Bacillus cereus* strain CA15. **EurAsian Journal of BioSciences** 5: 1-9.
- Zambare, V., S. Nilegaonkar and P. Kaneka. 2011. A novel extracellular protease from *Pseudomonas aeruginosa* MCM B-327: enzyme production and its partial characterization. **New Biotechnology** 28: 173–181.

การผลิตเอนไซม์ไซลานเนสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน Xylanase Production of Lichen-associated Bacteria

ศรียาญจนา คล้ายเรือง² ศิราภรณ์ ชื่นบาล¹ ปิยะนุช เนียมทรัพย์² และฐปน ชื่นบาล^{1*}
Srikanjana Klayraung², Siraporn Chuenbarn¹, Piyanuch Niamsup² and Tapanach Chuenbarn^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Environmental Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tapanach@gmail.com)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเอนไซม์ไซลานเนสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน โดยในการทดลองนี้ใช้เชื้อแบคทีเรียที่มีเอนไซม์เซลลูเลส ที่แยกได้จากไลเคน *Parmotrema* sp. จำนวน 95 ไอโซเลต ในการทดสอบกิจกรรมการย่อยสลายไซแลนบนอาหาร Xylan agar พบว่ามีเพียง 17 ไอโซเลตเท่านั้นที่สามารถผลิตไซลานเนสได้ เชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกเหล่านี้ถูกจัดอยู่ในจีนัส *Bacillus* และ *Paenibacillus* ซึ่งมีค่าดัชนีการสลายไซแลนอยู่ระหว่าง 1.31 ถึง 4.99 จากนั้นวัดค่ากิจกรรมไซลานเนสในอาหารเหลว ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์พบว่า เชื้อแบคทีเรีย *Paenibacillus* sp. LC42 และ *Bacillus* sp. LC125 มีค่ากิจกรรมไซลานเนสสูงที่ระดับ 1.81 และ 1.72 ยูนิตต่อ มล. ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไซลานเนส แบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน ไลเคน เฮมิเซลลูโลส ไซแลน

Abstract

The aim of this study was to investigate the xylanase production of lichen-associated bacteria. In this experiment, ninety-five isolates of cellulase producing bacteria isolated from *Parmotrema* sp. Lichen that were screened for xylanolytic activity on xylan agar. Only 17 isolates were able to produce xylanase. These positive isolates were categorized in the genera of *Bacillus* and *Paenibacillus*. The xylanolytic indices ranged from 1.31 to 4.99. The xylanase activity in cultured broth was then measured. The enzyme activity assay indicated that bacterial isolates of *Paenibacillus* sp. LC42 and *Bacillus* sp. LC125 showed high xylanase activities at level of 1.81 and 1.72 U/ml, respectively.

Keywords: xylanase, lichen-associated bacteria, lichen, hemicellulose, xylan

คำนำ

เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) คือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณมากในผนังเซลล์ของพืช และไซแลน (xylan) เป็นส่วนประกอบหลักของเฮมิเซลลูโลสที่พบได้ในเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ไซแลนประกอบด้วยหน่วยย่อย ได้แก่ xylose, mannose, galactose, glucose, arabinose, 4-O-methyl-glucuronic, galactorunic และ glucuronic acids เชื่อมกันด้วยพันธะ β -1,4- และ β -1,3- glycosidic bonds (Perez *et al.*, 2002) เอนไซม์ไซแลนาส (Xylanases) เป็นเอนไซม์ใช้ในการเปลี่ยนไซแลนเป็น fermentable sugars ได้แก่ xylose หรือ xylobiose เป็นต้น เพื่อผลิตเอทานอลและไซลิตอลจากชีวมวลของพืช โดยมีรายงานการผลิตเอนไซม์ไซแลนาสจากจุลินทรีย์ทั้งในกลุ่มของเชื้อรา เช่น *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium* และ *Penicillium* และ *Trichoderma* (Polizeli *et al.*, 2005) แอคติโนมัยซีท เช่น *Streptomyces*, *Thermomonospora*, *Saccharomonospora*, *Microbispora* และ *Actinomadura* (Holtz *et al.*, 1991; Kalpana and Devi Rajeswari, 2015) และแบคทีเรีย เช่น *Bacillus*, *Cellulomonas* และ *Microbacterium* (Kinegam *et al.*, 2007; Nagar *et al.*, 2012; Irfan *et al.*, 2016) โดยเฉพาะแบคทีเรียในจีส *Bacillus* และกลุ่มที่เกี่ยวข้อง เช่น *Brevibacillus*, *Lysinibacillus* และ *Paenibacillus* (Budhathoki *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2010; Irfan *et al.*, 2016; Carren and Laila, 2017) แต่ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่แยกจากดิน แต่ยังไม่มียางานการวิจัยของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน (lichen-associated bacteria) สำหรับไลเคน (lichen) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยการอยู่ร่วมกันของเชื้อรา และสาหร่ายหรือ cyanobacteria โดยเป็นการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) (สุริย์พร, 2557) ซึ่งแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคนมีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของธาตุเช่นกัน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นแหล่งใหม่ของเชื้อแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยลิโนเซลลูโลสในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ซึ่งรวมถึงเอนไซม์ไซแลนาสด้วย โดยศรียาญจนา และคณะ (2560) ได้รายงานการแยกเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน *Parmotrema* sp. พบว่า แบคทีเรียแกรมบวกที่แยกได้ส่วนใหญ่อยู่ในจีส *Bacillus* และจีสที่มีความสัมพันธ์กับ *Bacillus* และยังพบว่าแบคทีเรียเหล่านี้สามารถผลิตไฮโดรไลติกเอนไซม์ได้หลายชนิด รวมทั้งเอนไซม์เซลลูเลสในดั่งนั้นในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซแลนาส ของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเซลลูเลสอยู่แล้ว เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการย่อยสลาย lignocellulose ในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

เชื้อแบคทีเรียที่เก็บได้จากไลเคนในสกุล *Parmotrema* sp. จากสวนยางพารา ในจังหวัดเชียงใหม่ และสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส จำนวน 95 ไอโซเลต โดยเป็นแบคทีเรียในจีส *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Lysinibacillus*, *Paenibacillus* และ *Staphylococcus* (พิมพ์พรณ และคณะ, 2560)

การทดสอบความสามารถการผลิตเอนไซม์ไซแลนาสเบื้องต้น

ทดสอบการผลิตเอนไซม์ไซแลนาสบนอาหาร xylan agar (xylan 5.0 g/L, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.0 g/L, KH_2PO_4 0.6 g/L, K_2HPO_4 0.4 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g/L, yeast extract 1.0 g/L, รุ้น 15 g/L) โดยวิธี point inoculation บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 37°C . นาน 72 ชั่วโมง นำ 1% congo red เทบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อจนทั่ว ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที

ล้างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง เติม 1 M sodium chloride (NaCl) ลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อตั้งไว้นาน 15 นาที บันทึกดัชนีการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนส (xylolytic index) โดยการหาอัตราส่วนของขนาดวงใสต่อขนาดโคโลนี

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาลเนส

นำโคโลนีเดี่ยวมาเพาะเลี้ยงในอาหาร Nutrient broth (NB) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปรับค่าความขุ่นด้วย 0.85% NaCl ที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น A600 nm ให้เท่ากับ 0.1 นำเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหาร xylan broth (xylan 5.0 g/l, (NH₄)₂SO₄ 2.0 g/l, KH₂PO₄ 0.6 g/l, K₂HPO₄ 0.4 g/l, MgSO₄ 7H₂O 0.5 g/l, yeast extract 1.0 g/l) โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1% (v/v) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C ด้วยความเร็วรอบ 120 rpm นาน 72 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที แล้วเก็บส่วนใส เพื่อวิเคราะห์เอนไซม์ไซลาลเนสโดยวิธีของ Nakajima et al. (1984) โดยวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วย dinitrosalicylic acid (Harisha, 2007) ซึ่ง 1 ยูนิตของเอนไซม์ไซลาลเนสหมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสับสเตรตให้เป็นไซโลส 1 ไมโครโมล ภายในเวลา 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ทดลอง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS 16.0

ผลการวิจัย

เมื่อนำแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคนจำนวน 95 ไอโซเลต ที่ตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส มาทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนส พบว่ามีเพียง 17 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* จำนวน 16 ไอโซเลต และ จีนัส *Paenibacillus* 1 ไอโซเลต ที่พบการสร้างเอนไซม์ไซลาลเนส คือ เกิดบริเวณใสเมื่อราดด้วย congo red (Figure 1) โดยมีค่าดัชนีการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนส 1.37-4.99 (Table 1)

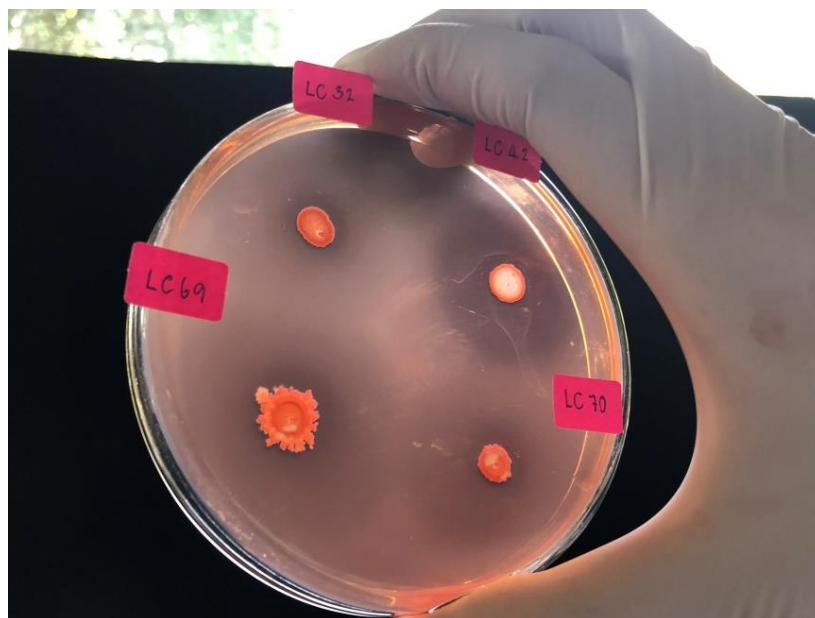


Figure 1 Observation of halo zones around colonies of lichen-associated bacteria using Congo red

เมื่อนำแบคทีเรียทั้ง 17 ไอโซเลต มาศึกษาการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสในอาหารเหลว xylan broth ตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาลเนส อยู่ในช่วง 0.22-1.81 U/ml โดยเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสได้สูงแตกต่างจากไอโซเลตอื่นอย่างมีนัยสำคัญจำนวน 5 ไอโซเลต ได้แก่ *Bacillus pumilus* LC22, *Paenibacillus* LC42, *Bacillus* sp. LC125, *Bacillus megaterium* LC136 และ *Bacillus* sp. LC140 แบคทีเรียที่มีการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสสูงที่สุด คือ *Paenibacillus* LC42 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจาก *Bacillus* sp. LC125 ซึ่งมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไซลาลเนส 1.72 U/ml (Table 1)

Table 1 Enzyme Index and xylanase activity of lichen-associated bacteria

Isolate No.	Bacterial classification	Accession no.	Enzyme Index	Xylanase activity (U/ml)
LC1	<i>Bacillus velezensis</i>	KY084550	4.57	0.36±0.09
LC19	<i>Bacillus velezensis</i>	CP014990	2.21	0.34±0.05
LC22	<i>Bacillus pumilus</i>	KU962124	4.56	1.50±0.07 ^b
LC30	<i>Bacillus siamensis</i>	KY218896	2.19	0.48±0.16
LC32	<i>Bacillus velezensis</i>	KY084550	3.00	0.53±0.12
LC42	<i>Paenibacillus</i> sp.	KU573973	3.94	1.81±0.12 ^a
LC69	<i>Bacillus velezensis</i>	KU577427	1.37	0.33±0.08
LC70	<i>Bacillus velezensis</i>	KX673635	1.52	0.53±0.12
LC85	<i>Bacillus subtilis</i>	KU551251	1.83	0.49±0.03
LC89	<i>Bacillus pumilus</i>	KR010180	1.88	0.80±0.05
LC125	<i>Bacillus</i> sp.	KY203855	4.14	1.72±0.24 ^a
LC132	<i>Bacillus</i> sp.	AM396932	1.92	0.46±0.18
LC136	<i>Bacillus megaterium</i>	KX061100	4.66	1.29±0.18 ^c
LC138	<i>Bacillus xiamenensis</i>	CP017786	4.49	0.32±0.08
LC139	<i>Bacillus sonorensis</i>	KT362744	1.51	0.22±0.03
LC140	<i>Bacillus</i> sp.	KX826963	4.14	1.57±0.27 ^b
LC141	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	CP016913	4.99	0.36±0.09

*Mean±SD of three replicates. Different letters indicate significant difference between treatments using Duncan's multiple range test (P=0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน และสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส อยู่แล้วพบว่าเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ได้ทั้งหมดอยู่ในจีนัส *Bacillus* และจีนัสที่มีความสัมพันธ์กับ

Bacillus ได้แก่ *Paenibacillus* สำหรับเชื้อแบคทีเรียในจิ้นัส *Bacillus* สปีชีส์ที่พบการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสในงานวิจัยนี้ได้แก่ *B. amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, *B. sonorensis*, *B. subtilis*, *B. velezensis* และ *B. xiamenensis* ซึ่ง *Bacillus* เหล่านี้ได้เคยถูกรายงานการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส (Duarte et al., 2000; Amore et al., 2014; Bakri et al., 2016; Chitchaowana et al., 2016) สำหรับจิ้นัส *Paenibacillus* มีรายงานการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสเช่นกัน โดยส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ที่แยกได้จากดิน เช่น *Paenibacillus* sp. *P. woosongensis*, *P. thailandensis* และ *P. nanensis* ซึ่งแยกได้จากดินในประเทศไทย และอินโดนีเซีย (Lee and Yoon, 2007; Khianggam et al., 2009; Yun et al., 2015) ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากไลเคนที่ให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสสูงที่สุด 1.81 ยูนิตต่อ มล. คือ *Paenibacillus* sp. LC 42 (Accession no. KU573 973) ซึ่งมีค่าสูงกว่าของเชื้อแบคทีเรีย *Paenibacillus* sp. XJ18 ที่แยกได้จากดิน คือ 0.003 ยูนิตต่อมล. เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 36 ชั่วโมง (Yun et al., 2015) รองลงมาคือ *Bacillus* sp. LC125 (KY203855) ผลิตได้ 1.72 ยูนิตต่อ มล. ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจาก *Paenibacillus* sp. LC 42 สำหรับเชื้อ *Bacillus* นั้นเช่นเดียวกันคือรายงานวิจัยที่สามารถผลิตได้เป็นเชื้อ *Bacillus* ที่แยกได้จากดิน และวัสดุเหลือทิ้งในทางการเกษตร และอุตสาหกรรม โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสที่ผลิตได้ในอาหาร xylan broth ของ *B. pumilus* เท่ากับ 1.5 ยูนิตต่อมิลลิตร (Duarte et al., 2000) *B. amyloliquefaciens* XR44A ผลิตได้ 10.5 ยูนิตต่อมล. (Amore et al., 2014) และ *B. subtilis* ผลิตได้ 1.5 ยูนิตต่อมล. (Chitchaowana et al., 2016)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสที่ใช้ในการคัดกรองความสามารถในการผลิตเอนไซม์เบื้องต้นกับกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนส พบว่า การทดสอบ 2 แบบ นี้ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ($r^2=0.24$) โดยเชื้อแบคทีเรียที่ให้ค่าดัชนีการผลิตเอนไซม์สูงสุดคือ *B. amyloliquefaciens* LC141 เท่ากับ 4.99 เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสมีค่าเพียง 0.32 U/ml ในขณะที่ *Paenibacillus* sp. LC42 ซึ่งให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด คือ 1.81 U/ml แต่มีค่าดัชนีการผลิตเอนไซม์เพียง 3.94 ดังนั้นการคัดกรองโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร xylan agar และรอดด้วย Congo red จึงอาจไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการคัดกรองความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสของแบคทีเรีย ซึ่ง Meddeb-Mouelli และคณะ (2014) ได้เคยรายงานไว้ว่าเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากไม้จำนวน 2 ไอโซเลต ที่ตรวจไม่พบการสร้างไซลาเนสเมื่อคัดกรองด้วยการรอด Congo red แต่เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมพบว่า 1 ใน 2 ไอโซเลต นั้นมีการผลิตเอนไซม์สูงถึง 57.4 ยูนิตต่อมล.

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส ของแบคทีเรียที่แยกได้จากไลเคนซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจำนวน 95 ไอโซเลต พบว่ามีแบคทีเรียจำนวน 17 ไอโซเลต ที่อยู่ในจิ้นัส *Bacillus* และ *Paenibacillus* ที่ให้ผลบวกในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส โดยมีดัชนีการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสอยู่ระหว่าง 1.31-4.99 และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนส อยู่ในช่วง 0.22-1.81 ยูนิตต่อ มล.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย (มจ.1-59-071 และ มจ.1-61-020)

เอกสารอ้างอิง

- พิมพ์พรณ วสุนันต์ กิตตาคารณ พุ่มแดง ปิยะนุช เนียมทรัพย์ สุรีย์พร เจริญประเสริฐ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560. การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคน *Parmotrema* sp. น.556-571. ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพหุสภครามวิจัย ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560 23-24 มีนาคม 2560. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพหุสภคราม.
- ศรีกาญจนา คล้ายเรือง สุรีย์พร เจริญประเสริฐ ปิยะนุช เนียมทรัพย์ นลิน วงศ์ชัตติยะ. 2560. การแยกและการตรวจสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับไลเคนที่เก็บจากพื้นที่การเกษตร. 73 น. ใน รายงานวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สุรีย์พร เจริญประเสริฐ. 2557. ไลเคนเบื้องต้น. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 323 น.
- Amore, A., B. Parameswaran, R. Kumar, L. Birolo, R. Vinciguerra, L. Macrolongo, E. Ionata, F. La Cara, A. Pandey, V. and V. Faraco. 2014. Application of a new xylanase activity from *Bacillus amyloliquefaciens* XR44A in brewer's spent grain saccharification. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology** 90: 573-581.
- Bakri, Y., H. Ammouneh, M. Harba, Y. Akeed, R. Audi and L.C. Peng. 2016. Xylanase production by a new *Bacillus pumilus* SY30A under solid state fermentation and its application in oil palm biomass pulp bleaching. **Journal of Sustainability Science and Management** 11(2): 49-56.
- Budhathoki, U., P. Thapa and E. Poluri. 2011. Medium optimization of production of xylanase by solid state fermentation from *Brevibacillus borstelensis*-MTCC 9874 isolated from soil sample of eastern Nepal. **Malaysian Journal of Microbiology** 7(2): 83-91.
- Carren, M. and U. Laila. 2017. Lignocellulolytic activities of culturable marine woodborers' gut microbiota. **International of Microbiology and Mycology** 5(5): 1-18.
- Chitchaowana, N., W. Klaweck, S. Sutthimusik and M. Lertworapreecha. 2016 . Characterization and optimization of xylanase producing strain of *Bacillus subtilis* isolated from the cabbage looper (*Trichoplusia* in (Hubner)) intestine. **Malaysian Journal of Microbiology** 12(3): 239-244.
- Duarte, M.C.T., A.C.A. Pellegrina, E.P. Portugal, A.N. Ponezi and T.T. Franco. 2000. Characterization of alkaline xylanases from *Bacillus pumilus*. **Brazilian Journal of Microbiology** 31(2): 90-94.

- Harisha S. 2007. **Biotechnology Procedures and Experiments Handbook**. Canada: Infinity Science Press LLC. 694 p.
- Holtz, C., H. Kaspari and J.H. Klemme. 1991. Production and properties of xylanases from thermophilic actinomycetes. **Antonie Van Leeuwenhoek** 59(1): 1-7.
- Irfan, M., U. Asghar, M. Nadeem, R. and Q. Syed. 2016. Optimization of process parameters for xylanase production by *Bacillus* sp. submerged fermentation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences** 9(2): 139-147.
- Kalpana, V.N. and V. De Rajeswari. 2015. Production of xylanase from various lignocellulosic waste materials by *Streptomyces* sp. and its potential role in deinking of newsprint. **Asian Journal of Biochemistry** 10(5): 222-229.
- Khiangam, S., A. Akaracharanya, S. Tanasupawat, K.C. Lee and J.S. Lee. 2009. *Paenibacillus thailandensis* sp. nov. and *Paenibacillus nanensis* sp. nov., xylanase-producing bacteria isolated from soil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 59(3): 564-568.
- Kinegam, S., S. Tanasupawat and A. Akaracharanya. 2007. Screening and identification of xylanase-producing bacteria from Thai soils. **Journal of General and Applied Microbiology** 53(1): 57-65.
- Lee, C.S., Y.T. Jung, S. Park, T.K. Oh and J.H. Yoon. 2011. *Lysinibacillus xylanilyticus* sp. nov., xylan-degrading bacterium isolated from forest humus. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 60(2): 281-286.
- Lee, J.C. and K.H. Yoon. 2008. *Paenibacillus woosongensis* sp. nov., a xylanolytic bacterium isolated from forest soil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 58(3): 612-616.
- Meddeb-Mouelli, F., J.K. Moison and M. Beauregard. 2014. A comparison of plate assay methods for detection extracellular cellulase and xylanase activity. **Enzyme and Microbial Technology** 66: 16-19.
- Nakajima, T., K. Tsukamoto, T. watanabe, K. Kainuma and K. Matsuda. 1984. Purification and some properties of an endo-1,4- β -d-xylanase from *Streptomyces* sp. **Journal of Fermentation Technology** 62(3): 269-276.
- Perez, J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. **International Microbiology** 5(2): 53-63.
- Polizeli, M.L.T.M., A.C.S. Rizzatti, R. Monti, H.F. Terenzi, J.A. Jorge and D.S. Amorim. 2005. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. **Applied Microbiology and Biotechnology** 67(5): 577-591.
- Yun, K., Y. Yopi and A. Meryandini. 2015. Characterization of xylanase activity produced by *Paenibacillus* sp. XJ18 from TNBD Jambi, Indonesia. **HAYATI Journal of Bioscience** 22(1): 20-26.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแอลฟาแมงโกสตินจากเปลือกมังคุดและแดปโนเรตินจากรากพาทมี
Antioxidant Activities of α -mangostin from the Pericarp of *Garcinia mangostana* L.
and Daphnoretin from the Roots of *Linostoma pauciflorum* Griff

ทวีสิน นาวารัตน์ และนันธิดา ลิ้มเสฏฐ์*

Tawesin Navarat and Nunthida Limsettho*

โปรแกรมวิชาเคมีและเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000
Program in Chemistry and Apply Chemistry, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University
Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: Nunthida.li@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแอลฟาแมงโกสตินเปลือกมังคุดและแดปโนเรตินจากรากพาทมี สารแอลฟาแมงโกสตินที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ในขณะที่สารแดปโนเรตินมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า แอลฟาแมงโกสตินและแดปโนเรติน มีฤทธิ์ใกล้เคียงกัน เท่ากับ 7.442 ± 0.015 และ $7.015 \pm 0.010\%$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS⁺ เพื่อศึกษาการกำจัดอนุมูลกลุ่มเปอร์ออกซี พบว่าแดปโนเรตินมีความสามารถในการยับยั้งได้ดีกว่าแอลฟาแมงโกสติน เท่ากับ $31.897 \pm 0.005\%$ และ $12.069 \pm 0.001\%$ ตามลำดับ

คำสำคัญ: แอลฟาแมงโกสติน แดปโนเรติน เปลือกมังคุด รากพาทมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This research aimed to study antioxidant activities of α -mangostin from the pericarp of *Garcinia mangostana* L. and daphnoretin from the roots of *Linostoma pauciflorum* Griff. α -mangostin was obtained as a yellow crystalline solid while daphnoretin was obtained as a white powder. Both compounds were investigated for free radical scavenging activities using DPPH assay. The results indicated that the α -mangostin and daphnoretin had the similarly antioxidant activity at 7.442 ± 0.015 and $7.015 \pm 0.010\%$, respectively. However, daphnoretin showed the higher ABTS free radical scavenging activity than α -mangostin up to 31.897 ± 0.005 and $12.069 \pm 0.001\%$, respectively.

Keywords: α -mangostin, daphnoretin, pericarp of *Garcinia mangostana* L.
roots of *Linostoma pauciflorum* Griff., antioxidant

คำนำ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารหรือโมเลกุลของสารที่สามารถจับกับอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวของสารอื่นๆ ได้ ทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาถูกโซ่ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งสารเหล่านี้สามารถทำลายเซลล์ของร่างกาย และทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดัน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ (Nakabeppu *et al.*, 2006) สารต้านอนุมูลอิสระยับยั้งปฏิกิริยาถูกโซ่ที่เกิดขึ้นด้วยการเข้าจับกับสารอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่ได้จากสารสกัดจากพืชหรือสารกลุ่ม Secondary metabolites (Triggiani *et al.*, 2006)

มังคุด *Garcinia mangostana*, L. เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Guttiferae เป็นผลไม้ในเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบปลูกมากที่สุดในประเทศไทย โดยแหล่งปลูกมังคุดที่สำคัญของไทยคือบริเวณภาคใต้ และภาคตะวันออก ถือเป็นผลไม้ที่มีความโดดเด่น ด้วยรูปลักษณ์ สีส้ม เนื้อนุ่ม รสชาติหวาน จนได้รับขนานนามว่า “ราชินีแห่งผลไม้” (Jung *et al.*, 2006) โดยเปลือกของมังคุดมีสารประกอบกลุ่มของ Xanthone คือ α -mangostin (Schnid, 1855) (Figure 1) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น ด้านการอักเสบ ด้านเชื้อรา ด้านเนื้องอก และต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (Ibrahima *et al.*, 2016)

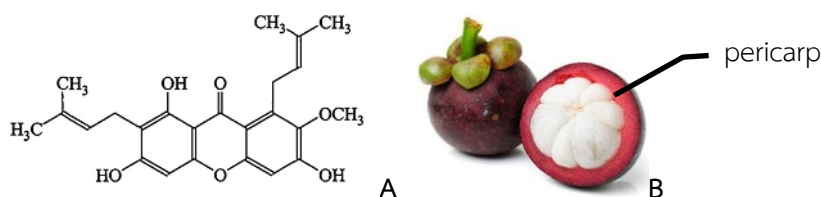


Figure 1 The structure of α -mangostin:A and mangosteen pericarp:B

พาทมี *Linostoma pauciflorum* Griff. เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Thymelaeaceae จัดเป็นสมุนไพรพื้นบ้านของประเทศไทยพบมากในแถบภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย โดยภูมิปัญญาชาวบ้านได้นำรากมาคั้นเอาน้ำไว้วางยาเบื่อปลา กำจัดแมลงในแปลงผัก (Upho, 2005) จากรายงานวิจัยของพืชในวงศ์ Thymelaeaceae พบว่าพืชหลายชนิดในตระกูลนี้ผลิตสารแดปโนเรติน (daphnoretin) ซึ่งเป็นสารกลุ่ม biscoumarin ether เป็นสารหลัก (Navarat *et al.* 2011) (Figure 2) มีรายงานการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของ daphnoretin อย่างกว้างขวางและพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อหลายชนิด ได้แก่ Daphnoretin สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ซึ่งก่อโรคในข้าวได้ (Navarat and Chumthong, 2016) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ tyrosin-specific protein kinase (Mohamed *et al.* 1998) หรือยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน และ DNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ดีเอ็นเอในเซลล์ที่จะพัฒนาไปเป็นเซลล์มะเร็ง (Liou *et al.* 1982) เป็นต้น จากรายงานวิจัยยังไม่มีการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ daphnoretin แต่มีการศึกษาใน α -mangostin กันอย่างแพร่หลาย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ α -mangostin จากเปลือกมังคุดและ daphnoretin จากรากพาทมี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับรากพาทมี



Figure 2 The structure of Daphnoretin:A, *Linostoma pauciflorum* Griff. showing leaves:B and root:C

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดและการแยกส่วนสกัดของเปลือกมังคุด

สกัดสารจากเปลือกมังคุดโดยการแช่ในเอทิลอะซิเตท (EtOAc) จำนวน 10 ลิตร เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยแห้งได้ส่วนสกัดหยาบ EtOAc แล้วทำการสกัดด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้มาทดสอบโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางโดยใช้ 20% EtOAc:Petrol เป็นตัวชะ

1.1 การแยกองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดไดคลอโรมีเทนของเปลือกมังคุด

นำส่วนสกัดหยาบ EtOAc มาวิเคราะห์โดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีโดยใช้ซิลิกาเจลเป็นเฟสอยู่กับที่และใช้ EtOAc ต่อ สารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petrol) เป็นเฟสเคลื่อนที่ โดยเพิ่มหัวจาก 100% Petrol ถึง 100% EtOAc นำส่วนย่อยมาทดสอบโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางโดยใช้ 20% EtOAc ต่อ Petrol เป็นตัวพา นำส่วนย่อยที่สนใจมาตกผลึกด้วย dichloromethane แล้วนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2. การหาตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสาร daphnoretin จากรากพหมี

2.1 การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากรากพหมี

นำรากพหมีแห้งน้ำหนัก 50 กรัม มาแช่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ ดังนี้ hexane, dichloromethane, acetone, EtOAc, ethanol, methanol และ water เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้ความดัน ซึ่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ แล้วนำไปหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสาร daphnoretin ต่อไป

2.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสาร daphnoretin จากรากพหมี

ศึกษาผลอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสาร daphnoretin โดยนำรากพหมีบดหยาบประมาณ 25 กรัม มาทำการสกัดอย่างต่อเนื่องด้วยไซโซล็กเลต (Soxhlet) ที่เวลา 1, 2, 3, 5 และ 7 ชั่วโมงโดย ethanol ปริมาตร 50 มล. เป็นตัวทำละลาย (ตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อที่ 2.1) แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ และแต่ละซ้ำทำการสกัด 3 ครั้ง

2.3 แยกสาร daphnoretin โดยใช้เทคนิค Quick column Chromatography

แยกสาร daphnoretin โดยใช้ซิลิกาเจล 60 เป็นเฟสคงที่และใช้คลอโรฟอร์ม: methanol (49:1) เป็นตัวทำละลาย (Yang *et al.*, 2013) นำสารละลายที่แยกได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นใช้ dichloromethane ละลายสารในขวดก้นกลมออกมาใส่หลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้จะเกิดตะกอนสีขาว กรองตะกอน แล้ว

นำไปตกผลึกใหม่ด้วยไดคลอโรมีเทนอีกครั้ง นำสาร daphnoretin ที่สกัดได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปีและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.1 การหาปริมาณฟีนอลิก โดยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric

ดัดแปลงวิธีการของ Pekal and Pyrznska (2014) ปีเปตสารละลายตัวอย่าง α -mangostin และ daphnoretin ความเข้มข้น 0.5 มก./มล. ปริมาตร 0.02 มล. ลงใน 96-well plate จากนั้นเติมสารละลาย 20% (w/v) Na_2CO_3 ปริมาตร 0.08 มล. และสารละลาย FolinCiocalteu reagent ปริมาตร 0.1 มล. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณฟีนอลิก โดยนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 มก./มล. แสดงผลเป็นค่า Gallic acid equivalent ต่อน้ำหนักสารสกัด 1 กรัม (GAE/g extract)

3.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ DPPH

ดัดแปลงวิธีการของ Predner *et al.* (2008) ปีเปตสารละลายตัวอย่าง α -mangostin และ daphnoretin ความเข้มข้น 1 มก./มล. ปริมาตร 0.02 มล. ลงใน 96-well plate จากนั้นเติมสารละลาย 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 11.8 มก./100 มล. ปริมาตร 0.1 มล. เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % Inhibition จากสมการ %Inhibition = $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$ และเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และ Ascorbic acid (1 มก./มล.)

3.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ ABTS

ดัดแปลงวิธีการของ Re *et al.* (1999) ปีเปตสารละลายตัวอย่าง α -mangostin และ daphnoretin ความเข้มข้น 1 มก./มล. ปริมาตร 0.1 มล. ลงใน 96-well plate จากนั้นเติมสารละลาย ABTS^+ 0.02 มล. ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % Inhibition จากสมการ %Inhibition = $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$ และเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และ Ascorbic acid (1 มก./มล.)

ผลการวิจัย

1. การสกัดและการแยกส่วนสกัดของเปลือกมังคุด

จากการสกัดสารจากเปลือกมังคุดโดยการแช่ใน EtOAc จำนวน 10 ลิตร เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยแห้งได้ส่วนสกัดหยาบ EtOAc มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลหนัก 82 กรัม แล้วทำการสกัดด้วยน้ำกลั่นได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม นำสารละลายที่ได้มาทดสอบโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางพบว่า โครมาโทแกรมแสดงจุดที่ให้ผลบวกเมื่อส่องด้วยแสง UV ปรากฏค่า Rf เท่ากับ 0.54 0.78 และ 0.93 ตามลำดับ นำไประเหยตัวทำละลายออกได้ของแข็งหนืดสีเหลืองอมน้ำตาล แล้วตกผลึกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ได้ส่วนสกัดหยาบมีลักษณะหนืดสีน้ำตาลหนัก 60.94 กรัม นำไปวิเคราะห์โดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีสามารถแยกได้ทั้งหมด 12 ส่วนย่อย จากนั้นนำทั้ง 12 ส่วนย่อย มาทดสอบโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบางโดยใช้ 20% EtOAc ต่อ Petrol เป็นตัวพา นำส่วนย่อยที่ 4 และ 5 มาตกผลึกด้วย dichloromethane ได้เป็นของแข็งสีเหลืองอ่อน (MMG 1) ที่มีค่า Rf =

0.38 แล้วนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปีพบว่า สารที่แยกได้เป็นสาร α -mangostin เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่เคยมีรายงานก่อนหน้านี้ (Mahabusarakam *et al.*, 1987)



Figure 3 α -mangostin from the mangosteen pericarp

2. การหาตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสาร daphnoretin จากรากพหมี

จากการทดลองสกัดรากพหมีด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้องพบว่า การสกัดรากพหมีด้วย acetone ให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงสุด คือ 5.4210 กรัม ส่วนเวลาในการแช่รากพหมีในตัวทำละลาย พบว่า การแช่เป็นเวลา 7 วัน ให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงสุด คือ 3.7829 กรัม (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เมื่อทำการละลายสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยตัวทำละลาย dichloromethane พบว่ามีส่วนที่ไม่ละลาย จึงนำมากรองแบบสุญญากาศด้วยกรวยบุกเนอร์ (Figure 4a/b) ได้ของเหลว (mother liquor) ลักษณะสีน้ำตาลเข้ม (Figure 4c) นำไประเหยแห้งอีกครั้งจะได้สารสกัดหยาบที่มีลักษณะเป็นของหนืดสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นนำมาทำการแยกสาร Daphnoretin โดยใช้เทคนิค Quick column Chromatography

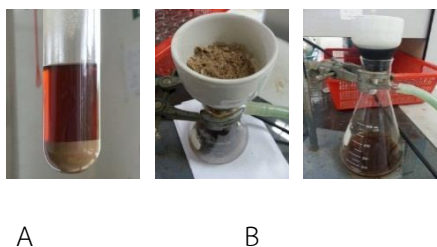


Figure 4 A: precipitated, B: buchner filtration and C: mother liquor (brown colour)

นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นใช้ dichloromethane ละลายสารในขวดก้นกลมออกมาใส่หลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้จะเกิดตะกอนสีขาว กรองตะกอน แล้วนำไปตกผลึกใหม่ด้วย dichloromethane อีกครั้ง (Figure 5)

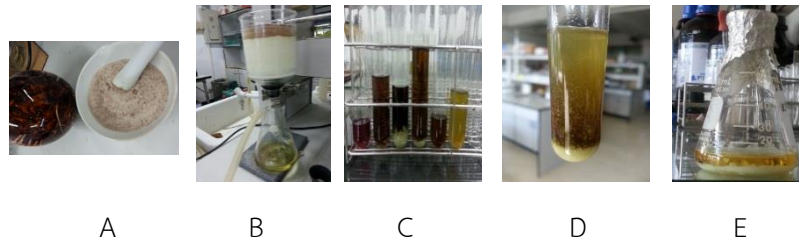


Figure 5 Purification of Daphnoretin by Quick column chromatography

พบว่า การสกัดด้วย ethanol ให้ปริมาณสาร daphnoretin สูงสุด คือ 58.87 มก. รองลงมาคือ การสกัดด้วย methanol ethyl acetate acetone และ dichloromethane คือ 58.66, 55.61, 42.58 และ 15.13 มก. ตามลำดับ ในขณะที่การสกัดรากพหมีด้วย hexane และ water ไม่สามารถแยกสาร daphnoretin ออกมาได้เลย (Table 1)

Table 1 Daphnoretin extracted from various solvents

Solvents	Daphnoretin (mg)			Mean
	3 Days	5 Days	7 Days	
Hexane	0	0	0	0.00±0.00
Dichloromethane	15.2	13.94	16.25	15.13±1.16
Acetone	45.3	40.03	42.42	42.58±2.64
Ethyl acetate	52.8	56.02	58	55.61±2.62
Ethanol	58.5	54.56	63.55	58.87±4.51
Methanol	55.6	63.55	56.83	58.66±4.28
Water	0	0	0	0.00±0.00

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสาร daphnoretin จากการนำรากพหมีมาสกัดด้วย ethanol แบบต่อเนื่องด้วย soxhlet ที่เวลา 1, 2, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง พบว่า การสกัดที่เวลา 3 ชั่วโมง สามารถสกัดสาร daphnoretin ได้มากที่สุด คือ 55.78 มก. รองลงมาคือ การแช่ที่เวลา 7 และ 5 ชั่วโมง โดยมีปริมาณสาร daphnoretin ที่สกัดได้ เท่ากับ 54.57 และ 52.67 มก. ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Daphnoretin from soxhlet extraction using ethanol as solvent at 1, 2, 3, 5 and 7 hrs.

Time (hrs)	Daphnoretin (mg)
1	42.21±6.53 ^b
2	48.85±4.07 ^{ab}
3	55.78±3.09 ^a
5	52.67±3.53 ^{ab}
7	54.57±0.82 ^a
F-test	**
C.V. (%)	7.96

** The data expressed as mean± STDEV by DMRT : $p \leq 0.01$ Significantly different from another

ผล ^1H และ ^{13}C NMR ของสาร daphnoretin เทียบกับข้อมูลจากงานวิจัยของ (Lu, *et al.* 2012) (Table 3) เมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปีพบว่า เป็น daphnoretin

Table 3 ^1H (J , Hz) and ^{13}C NMR data for daphnoretin in $\text{DMSO-}d_6$.

position	δ_{CH} (J in Hz)	δ_{C}	δ_{C} (*)
2		160.1	159.9
3		136.0	136.0
4	7.87 s	131.6	131.1
4 ^a		110.6	110.4
5	7.21 s	109.8	109.7
6		146.1	145.9
7		150.8	150.6
8	6.86 s	103.2	103.0
8 ^a		147.9	147.7
2'		160.6	160.2
3'	6.37 d ($J = 9.55$)	114.2	114.1
4'	8.02 d ($J = 9.55$)	144.6	144.3
4'a		114.8	114.6
5'	7.70 d ($J = 8.60$)	130.4	130.1
6'	7.10 dd ($J = 2.22, 8.60$)	113.8	113.7
7'		157.5	157.2
8'	7.15 d ($J = 2.22$)	104.3	104.3
8'a		155.4	155.2
6-OCH ₃	3.80 s	56.5	56.3

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ผลการศึกษาหาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัด α -mangostin จากเปลือกมังคุดและ daphnoretin จากสารสกัดรากพามีมีค่าเท่ากับ 91.144 ± 0.089 GAE/g extract และ 87.264 ± 0.100 GAE/g extract เมื่อนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทดสอบความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า α -mangostin และ daphnoretin มีฤทธิ์ใกล้เคียงกัน เท่ากับ 7.442 ± 0.015 และ $7.015 \pm 0.010\%$ ตามลำดับ ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS⁺ เพื่อศึกษาการกำจัดอนุมูลกลุ่มเปอร์ออกซี พบว่า α -mangostin และ daphnoretin มีค่าเท่ากับ $12.069 \pm 0.001\%$ และ $31.897 \pm 0.005\%$ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Total phenolic compound and antioxidant activities of α -mangostin and daphnoretin by DPPH and ABTS assay

	Total phenolic content GAE/g extract	% Inhibition DPPH (1 mg/ml)	% inhibition ABTS (1 mg/ml)
α -mangostin	91.144 ± 0.089	7.442 ± 0.015	12.069 ± 0.001
Daphnoretin	87.264 ± 0.100	7.015 ± 0.010	31.897 ± 0.005
Trolox		22.754 ± 0.016	89.483 ± 0.004
Ascorbic acid		19.932 ± 0.051	99.483 ± 0.009

* The data expressed as mean \pm STDEV (n=6)

วิจารณ์ผลการวิจัย

สารสกัดจากธรรมชาติส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของสารประกอบฟีนอลิก จากการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบว่า α -mangostin จากเปลือกมังคุดและ daphnoretin จากสารสกัดรากพามีมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบ ซึ่งโครงสร้างที่ประกอบด้วยหมู่ฟีนอลิกมีสมบัติเป็นนิวคลีโอไฟล์ที่ดี (Cai *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงสกัด α -mangostin และ daphnoretin ได้จากตัวทำละลายที่มีขั้ว เมื่อนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่ง daphnoretin ยังไม่เคยมีการศึกษา จึงนำมาเปรียบเทียบกับ α -mangostin ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในการวิจัยนี้ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย อนุมูล DPPH[•] เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัวสามารถกำจัดได้ด้วยการให้ไฮโดรเจนอะตอม พบว่า α -mangostin และ daphnoretin มีฤทธิ์ใกล้เคียงกัน (7.442 ± 0.015 และ $7.015 \pm 0.010\%$) แสดงว่าสารทั้งสองมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการกำจัดอนุมูล ABTS⁺ ซึ่งเป็นอนุมูลที่สลายตัวให้อนุมูลเปอร์ออกซีพบว่า daphnoretin มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระกลุ่มเปอร์ออกซีได้ดีกว่า α -mangostin จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า daphnoretin ที่สกัดจากรากพามีมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดจากเปลือกมังคุดเป็นสารที่มีสีเหลือง เมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) พบว่าเป็น α -mangostin จากการศึกษาหาตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและแยกสาร daphnoretin พบว่า ethanol เป็นสารที่สามารถสกัด daphnoretin ได้สูงสุด คือ 58.87 มก. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแบบต่อเนื่องด้วย soxhlet คือ 3 ชั่วโมง สามารถสกัดสาร daphnoretin ได้มากที่สุด คือ 55.78 มก. จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาหาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัด α -mangostin จากเปลือกมังคุดและ daphnoretin จากสารสกัดรากพาทามีมีค่าเท่ากับ 91.144 ± 0.089 GAE/g extract และ 87.264 ± 0.100 GAE/g extract เมื่อนำไปศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า daphnoretin มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่า α -mangostin เท่ากับ 7.015 ± 0.010 และ $7.442 \pm 0.015\%$ ตามลำดับ ส่วน daphnoretin มีฤทธิ์กำจัดอนุมูลกลุ่มเปอร์ออกซี ABTS+• ดีกว่า α -mangostin มีค่าเท่ากับ $31.897 \pm 0.005\%$ และ $12.069 \pm 0.001\%$ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Cai, Y., Q. Luo, M. Sun. and C. Harold. 2004. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds of 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 74: 2157-2184.
- Ibrahima, M.Y., M.N. Hashim, A.A. Mariod, S. Mohan, M.A. Abdulla, A.I. Abdelwahab. and I.A. Arbab. 2016. α -Mangostin from *Garcinia mangostana* Linn: An updated review of its pharmacological properties. **Arabian Journal of Chemistry** 9: 317-329.
- Jung, H.A., B.N. Su, W.J. Keller, R.G. Mehta and A.D. Kinghorn. 2006. Antioxidant xanthenes from the pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54: 2077-2082.
- Liou, Y.F., I.H. Hall, and K.H. Lee. 1982. Anti-tumor agents LIV: The effects of daphnoretin on in vitro protein synthesis of Ehrlich ascites carcinoma cells and other tissues. **Journal of pharmaceutical Sciences** 71: 745-749.
- Lu, C. L., L. Zhu, J.H. Piao. and J.G. Jiang. 2012. Chemical compositions extracted from *Wikstroemia indica* and their multiple activities. **Pharmaceutical Biology** 50(2): 225-231.
- Mahabusarakam, W., P. Wiriyachitra. and W.C.. Taylor. 1987. Chemical Constituents of *Garcinia mangostana*. **Journal of Natural Products**. 50(3): 474-478.
- Mohamed, A.K., E.S. Nagwa. and S.W. Thomas. 1998. Inhibition of oncogene product enzyme activity as an approach to cancer chemoprevention Tyrosine specific protein kinase inhibition by daphnoretin from *Thymelaea hirsute* root. **Phytotherapy Research** 12(4): 282-284.

- Nakabeppu, Y., K. Sakumi, K. Sakamoto, D. Tsuchimoto, T. Tsuzuki. and Y. Nakatsu. 2006. Mutagenesis and carcinogenesis caused by the oxidation of nucleic acids. **The Journal of Biological Chemistry.** 387: 373-379.
- Navarat, T and A. Chumthong. 2016. Antifungal efficiency of the crude hexane extract from the roots of *Linostoma pauciflorum* Griff. on *Sclerotium rolfsii*. **The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University** 13(1): 26-30.
- Navarat, T., S.G. Pyne, U. Prawat, and P. Tuntiwachwuttikul. 2011. Isolation of linobiflavonoid, a novel biflavonoid from *Linostoma pauciflorum* Griff. **Phytochemistry Letters** (4): 383-385.
- Pekal, A. and K. Pyrznska. 2014. Evaluation of Aluminium complexation Reaction for Flavanoid content Assay. **Food Analytical Methods.** 7:1776-1782.
- Predner, D., P.Ch. Hsieh, P.Y. Lai and A.L. Charles. 2008. Evaluation of drying methods on antioxidant activity, total phenolic and total carotenoid contents of sweet potato (*Ipomoeabatatas* (L.) Lam.) var. **Journal International Cooperation** 3(2): 73-86.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang. and C. Rice-Evans. 1999. Antioiidant activity applying an improved ABTS radical cationdecolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine.** 26: 1231-1237.
- Triggiani, V., F. Resta, E. Guastamacchia, C. Sabba, B. Licchelli, S. Ghiyasaldin. and E. Tafaro. 2006. Role of antioxidants, essential fatty acids, carnitine, vitamins, phytochemicals and trace elements in the treatment of diabetes mellitus and its chronic complications. **Endocrine, Metabolic and Immune Disorders. Drug Targets** 6: 77-93.
- Upho, U. 2005. **Ethnobotany of Buddhist and Muslim Thais in Some Locations in the Lower Part of Southern Thailand.** Ph.D. thesis (Biology). Chiang Mai University.
- Yang, Z.-Y., J.-T. Kan, Z.-Y. Cheng, X.-L. Wang, Y.-Z. Zhu, and W. Guo. 2014. Daphnoretin-induced apoptosis in HeLa cells: a possible mitochondria-dependent pathway. **Cytotechnology** 66(1): 51-61.

ประสิทธิภาพสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่ง (*Xyris indica* Linn.)

ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในนาข้าว

The Efficiency of *Xyris indica* Linn. Crude Extract to Inhibit Pathogens of Rice

ธีรวรรณ บุญโทแสง

Teerawan Boontosaeng

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

Environmental Science Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

Corresponding author: Tul_tee@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในนาข้าว โดยศึกษาในจุลินทรีย์ 7 สายพันธุ์ ได้แก่ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *X. oryzae* pv. *oryzicola*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata* และ *Cercospora oryzae* ด้วยเทคนิค Agar well diffusion method ที่ 5 ระดับความเข้มข้น คือ 100,000, 50,000, 25,000, 12,500 และ 6,250 ppm ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *X. oryzae* pv. *oryzae* และ *X. oryzae* pv. *oryzicola* ได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 100,000, 50,000, 25,000 และ 12,500 ppm โดยมีค่าประสิทธิภาพการยับยั้งเท่ากับ 11.64, 5.38, 2.72, 1.76 และ 9.49, 3.48, 0.88, 0.16 ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ทั้งนี้ไม่พบฤทธิ์การยับยั้งราทดสอบ และ *P. fuscovaginae* ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งต่ออาร์ทีเมีย (*Artemia salina* Leach.) ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งด้วยน้ำกลั่นมีค่า LC_{50} เท่ากับ 114.10 ppm ซึ่งแสดงคุณสมบัติเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบ

คำสำคัญ: กระถินทุ่ง สารสกัดหยาด จุลินทรีย์ก่อโรคในนาข้าว

Abstract

Objective of this research was to study the efficiency of *Xyris indica* Linn. flower crude extract to inhibit the pathogens in rice when extracted by 98% methanol, 95% ethanol and distilled water. Seven strains of pathogenic microorganisms including *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *X. oryzae* pv. *oryzicola*, *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata* and *Cercospora oryzae* were tested by agar well diffusion method at 5 concentrations (100,000, 50,000, 25,000, 12,500 and 6,250 ppm). The result of inhibitory activity of crude extracted from distilled water on pathogenic of rice showed that bacteria strains *X. oryzae*

pv. *oryzae* and *X. oryzae* pv. *oryzicola* were inhibited at 100,000, 50,000, 25,000 and 12,500 ppm. The efficiency of the crude extracted from distilled water on *X. oryzae* pv. *oryzae* were 11.64, 5.38, 2.72, 1.76 and 9.49, 3.48, 0.88, 0.16 on *X. oryzae* pv. *oryzicola*. The data suggested that they significantly affected ($p \leq 0.05$) inhibit efficiently. In addition, all of crude extracted was not against fungal strains and *P. fuscovaginae*. The LC_{50} of *Xyris indica* Linn. crude extracted from distilled water was 114.10 ppm., which was considered to be toxic.

Keywords: *Xyris indica* Linn., crude extract, pathogens in rice

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักสำคัญของไทยและของโลกด้านความมั่นคงด้านอาหาร ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศในลำดับต้นๆ ที่ผลิตข้าวเพื่อเลี้ยงคนทั้งโลก การเพาะปลูกข้าวในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา เกษตรกรมุ่งเน้นปลูกเพื่อการค้าเป็นหลัก กระบวนการปลูกข้าวเชิงพาณิชย์จึงเป็นผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่หันไปให้ความสำคัญกับการควบคุมศัตรูพืช และโรคพืช ด้วยสารเคมีเพื่อลดการก่อกวน (นนทกานต์, 2557) ปัจจุบันมีการตื่นตัวและรณรงค์ให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช โดยกระตุ้นให้หันมาผลิตและใช้สารอินทรีย์ชีวภาพทดแทนสารเคมีมากขึ้น อีกทั้งนักวิชาการ และนักวิจัย ได้ศึกษาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งระบบร่วมกันอย่างบูรณาการในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของภาคการเกษตรเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของเกษตรกร (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ดังนั้นแนวทางการพัฒนาและนำสารอินทรีย์ชีวภาพที่สกัดได้จากพืชมาใช้ จึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจเพื่อสร้างความยั่งยืนให้ระบบการปลูกข้าวตามวิถีเกษตรอินทรีย์ได้ พืชหลายชนิดถูกนำมาศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด และหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ศัตรูพืช และโรคพืช เช่น สารสกัดป้องกันแมลงศัตรูพืชจากสมุนไพร ชุมเห็ดเทศ สะเดา บัวบก กระเทียม สารกำจัดวัชพืชจากสารสกัด ผักเสี้ยนผี หนอนตายหยาก หญ้าวงช้าง เป็นต้น (สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550, ทิพยธิดา และวรวรรณ, 2557) ซึ่งพืชหลายชนิดเป็นวัชพืชที่ไม่ต้องการของเกษตรกร กระจินทุ่ง (*Xyris indica* Linn.) ถูกจัดเป็นวัชพืชที่พบได้ตามนาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว และถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเค็มของพื้นที่ ขึ้นได้ในดินที่มีลักษณะดินทรายมีความเค็มแห้งแล้ง ในบางพื้นที่พบบนดินภูเขา หรือพื้นที่ดินทิ้งร้าง ช่อดอกมีกลีบสีเหลือง ต้นมีกลิ่นฉุน สรรพคุณทางยาคือใช้ทั้งต้นเป็นยาบำบัดซึ่กกลาก และช่วยในการขับถ่ายในม้า วัว และควาย ในอดีตต้นอ่อนของกระจินทุ่งจัดเป็นผักพื้นบ้านของชาวบ้าน (สุदारตัน, 2553) และปัจจุบันพบว่าดอกกระจินทุ่งประกอบไปด้วยสารประเภท anthraquinone หลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางยา (สุซาดา, 2536) ปัจจุบันกระจินทุ่งพบเห็นได้น้อยลงจากการเกษตรที่เปลี่ยนไป จึงมีความน่าสนใจในการนำวัชพืชจากนาข้าวเช่นกระจินทุ่ง (*Xyris indica* Linn.) มาศึกษาและใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตเป็นสารชีวภาพในการเกษตรทดแทนการใช้สารเคมีในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ของสารสกัดชีวภาพจากวัชพืชทางการเกษตร เพื่อการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในนาข้าว ทดแทนการใช้สารเคมี โดยศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดหยาดจากดอกกระจินทุ่ง (*Xyris indica* Linn.) เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากพืชในท้องถิ่น และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงสร้างความปลอดภัยให้เกษตรกรผู้ผลิต สร้างความเชื่อมั่นด้านอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภคบนวิถีเกษตรอินทรีย์อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่ง

เก็บตัวอย่างดอกกระถินทุ่งในพื้นที่ จังหวัดอุบลราชธานี นำมาคัดเศษวัสดุปนเปื้อนออก ตัดเอาเฉพาะส่วนดอกเพื่อใช้ศึกษาโดยล้างทำความสะอาด นำไปตากแห้ง และอบด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 45 °C. 3-7 วัน สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกันด้วยวิธี Maceration โดยศึกษาในตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ 98% เมทานอล, 95% เอทานอล และน้ำกลั่น(DW) ในอัตราส่วน 1:20 (W/V) เก็บที่อุณหภูมิห้องให้พ่นแสงเป็นเวลา 7 วัน ทำการกรองสารสกัดเพื่อแยกกากและนำส่วนของเหลวที่ได้ไประเหยแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนได้สารสกัดหยาบ (Crude extract)

การเตรียมสารสกัดหยาบเพื่อทดสอบ

เตรียมสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งเพื่อทดสอบฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในข้าว ที่ระดับความเข้มข้น 100,000, 50,000, 25,000, 12,500 และ 6,250 ppm โดยละลายสารสกัดหยาบด้วย 1% DMSO (Dimethyl sulfoxide) และทำให้ปราศจากเชื้อโดยการกรองผ่าน sterile syringe filters ขนาด 0.45 µm

เตรียมสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งเพื่อทดสอบความเป็นพิษระดับเซลล์ (Cytotoxicity test) โดยวิธี Brine shrimp lethality test (BSLT) ที่ระดับความเข้มข้น 5,000, 2,500, 1,000, 500, 100 และ 50 ppm เช่นกันกับการเตรียมสารเพื่อทดสอบฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคข้าว

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ และการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบ

เชยเชื้อแบคทีเรียทดสอบ 1 ลูป (loop) เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C. 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ไปปรับความขุ่นด้วยวิธี Direct colony suspension method (DCS) ในสารละลาย normal saline solution (NSS) ที่ปราศจากเชื้อ ให้เท่ากับมาตรฐาน McFarland standard No.0.5 (ปิยะวัติ และคณะ, 2553) นำสารแขวนลอยที่มีเชื้อแบคทีเรีย มาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) โดยวิธี swab plate technique ด้วย cotton swab ที่ปราศจากเชื้อ ทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในข้าวด้วยเทคนิค agar well diffusion method โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. เจาะหลุมอาหารแข็งและทำการหยอดสารสกัดหยาบทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 100,000 50,000 25,000 12,500 และ 6,250 ppm ลงในหลุมๆ ละ 30 ไมโครลิตร โดยใช้ 1% DMSO เป็น negative control นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C. 48 ชั่วโมง อ่านผลโดยวัดขนาดบริเวณใสที่ปรากฏรอบหลุมสารทดสอบ และบันทึกผล (จารวี และ สุปงกช, 2555)

การเตรียมเชื้อราทดสอบ และการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบ

แยกเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคในข้าวจากใบข้าว ใบอ้อย เมล็ดข้าว โดยวิธี Tissue transplanting technique (Riker และ Riker, 1963) เมื่อเส้นใยเจริญ 1-2 วัน ทำการส่องศึกษาการเจริญของเส้นใยและสปอร์ใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อคัดเลือกเชื้อที่ต้องการศึกษา จากนั้นถ่ายเชื้อบริสุทธิ์โดยใช้เข็มเย็บเย็บที่ปราศจากเชื้อเย็บเส้นใยเชื้อรา มาเพาะเลี้ยงลงบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เชื้อราเจริญเต็มที่จึงนำมาใช้ในการทดสอบ

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคในข้าวโดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. เจาะเส้นใยของเชื้อราทดสอบ และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato Dextrose Agar

(PDA) ในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. ป่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน หลังจากเชื้อเจริญได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ± 0.3 ซม. ใช้ cork borer เจาะหลุมอาหารแข็งและทำการหยอดสารสกัดหยาบทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 100,000 50,000 25,000 12,500 และ 6,250 ppm ลงในหลุม หลุมละ 30 ไมโครลิตร โดยใช้ 1% DMSO เป็น negative control จากนั้นป่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน อ่านผลโดยวัดขนาดใสที่ปรากฏรอบหลุมสารทดสอบ และบันทึกผล

คำนวณดัชนีค่าการยับยั้งตามวิธีของ Leonel Ochoa-Solano, L and Olmos-Soto (2006)
$$[(\pi \times (\text{รัศมีบริเวณยับยั้ง})^2) - (\pi \times (\text{รัศมีของหลุม}(3^2)))] / (\pi \times (\text{รัศมีของหลุม}(3^2))$$

การทดสอบความเป็นพิษต่ออาร์ทีเมียเซลล์ (สุตารัตน์ หอมหวล และคณะ, 2554)

ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดด้วยวิธี Brine Shrimp Lethality Test โดยทดสอบฤทธิ์สารสกัดต่ออาร์ทีเมียเซลล์ ไซอาร์ทีเมียที่เกิดการฟักตัวจนได้ตัวอ่อนในระยะ nauplii (48 ชั่วโมง ภายหลังจากการโปรยไข่) นำมาทดสอบ โดยใช้อาร์ทีเมียระยะ nauplii จำนวน 10 ตัว ใส่ลงในเพลทขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 ซม. เติมน้ำเกลือทะเลเทียมปริมาณ 4.5 มล. หยดสารสกัดทดสอบ 0.5 มล. ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 5,000, 2,500, 1,000, 500, 100 และ 50 ppm เก็บให้พ้นแสง อ่านผลที่ 24 ชั่วโมง (acute toxicity) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ/ระดับความเข้มข้น บันทึกผลอัตราการตายของสัตว์ทดลอง

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคข้าว

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งด้วยตัวทำลายต่างชนิดกันต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในข้าว 3 สายพันธุ์ คือ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *X. oryzae* pv. *oryzicola* และ *Pseudomonas fuscovaginae* และราก่อโรคในข้าว 4 สายพันธุ์ *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata* และ *Cercospora oryzae* คือ ด้วยเทคนิค agar well diffusion method พบว่าสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น (DW) แสดงคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ สายพันธุ์ *X. oryzae* ได้ดีที่สุดในรองลงมาคือสารสกัดจากตัวทำลายเมทานอล และเอทานอลตามลำดับ (Table 1) โดยปรากฏขอบเขตการยับยั้งแบบสมบูรณ์ เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 100,000, 50,000, 25,000 และ 12,500 ppm. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์แบคทีเรีย พบว่าสารสกัดจากน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *X. oryzae* pv. *oryzae* ได้สูงกว่า *X. oryzae* pv. *oryzicola* (Table 1 และ Table 2) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ทั้งนี้จากผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ไม่พบความสามารถของสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากทั้ง 3 ตัวทำลาย แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *P. fuscovaginae* รวมถึงราทดสอบทั้ง 4 สายพันธุ์ เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งพบว่า สารสกัดจากน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ 4 ระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ คือ 100,000 ถึง 12,500 ppm โดยมีค่าประสิทธิภาพการยับยั้งระหว่าง 11.638(14+) - 1.764(4+) ใน *X. oryzae* pv. *oryzae* และ 9.487(12+) - 0.163(1+) ใน *X. oryzae* pv. *oryzicola* สำหรับประสิทธิภาพการยับยั้งของสารสกัดหยาบจากเมทานอลและเอทานอล ปรากฏเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ 100,000 ppm (Table 2)

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งต่ออาทิมิเยร์เซลล์

ผลการศึกษาระดับความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งต่ออาทิมิเยร์เซลล์ ในระยะ nauplii ที่ 24 ชั่วโมง 6 ระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ คือ 5,000, 2,500, 1,000, 500, 100 และ 50 ppm พบว่า สารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งทุกตัวแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบทั้งหมดโดยมีค่า LC₅₀ values ต่ำกว่า 500 µg/ml บ่งชี้ว่ามีความเป็นพิษ (toxic) ซึ่งสารสกัดจากเมทานอลมีค่า LC₅₀ 27.0386 ppm สารสกัดจากเอทานอลมีค่า LC₅₀ 46.8294 ppm และสารสกัดจากน้ำกลั่นมีค่า LC₅₀ 114.1022 ppm ทั้งนี้สารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งจากน้ำกลั่น แสดงคุณสมบัติเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารอื่น (Table 3)

Table 1 Antimicrobial activities of *Xyris indica* Linn. crude extracts to inhibit pathogens of rice

Crude extract	Concentrations test (ppm)	Zone of Inhibition (mm.)						
		<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i>	<i>Pyricularia oryzae</i>	<i>H. oryzae</i>	<i>Curvularia lunata</i>	<i>Cercospora oryzae</i>
Methanol extracts	100,000	8.66±0.57c	7.16±0.60c	NA	NA	NA	NA	NA
	50,000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	25,000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	12,500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	6,250	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	control 1%DMSO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ethanol extracts	100,000	8.33±0.61c	7.33±0.43c	NA	NA	NA	NA	NA
	50,000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	25,000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	12,500	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	6,250	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Control 1%DMSO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Distilled water	100,000	21.33±0.15a	19.43±0.76a	NA	NA	NA	NA	NA
	50,000	15.16±0.84b	12.70±0.33b	NA	NA	NA	NA	NA
	25,000	11.57±0.73c	8.23±0.60c	NA	NA	NA	NA	NA
	12,500	10.33±0.06c	6.47±0.43c	NA	NA	NA	NA	NA
	6,250	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	control 1%DMSO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

means ± SD, NA = no activity, The same small letter in the same column are not significantly different ($p \leq 0.05$), Each sample was tested in triplicate.

Table 2 Efficiency for antibacterial activity of *Xyris indica* Linn. crude extracts to inhibit pathogens of rice

Crude extract	Concentrations test (ppm)	Efficiency for crude extract activities	
		<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	<i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>
Methanol extracts	100,000	1.083c (4+)	0.424c (1+)
	50,000	0	0
	25,000	0	0
	12,500	0	0
	6,250	0	0
	control 1% DMSO	0	0
Ethanol extracts	100,000	0.928c (3+)	0.492c (1+)
	50,000	0	0
	25,000	0	0
	12,500	0	0
	6,250	0	0
	control 1% DMSO	0	0
Distilled water	100,000	11.638a (14+)	9.487a (12+)
	50,000	5.384b (8+)	3.480bc (6+)
	25,000	2.718bc (5+)	0.881c(3+)
	12,500	1.764c (4+)	0.163d (1+)
	6,250	0	0
	control 1% DMSO	0	0

The number in parentheses is the effective degradation. The same small letters in the same column are not significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 3 Brine shrimp lethality assay of different concentrations of *Xyris indica* Linn. crude extracted from methanol extract, ethanol extract and distilled water extract

Dose (Stimulus) (ppm)	Probit (Y)		
	methanol extract	ethanol extract	distill water extract
50	5.524002	5.252933	4.747067
100	5.524002	5.252933	5.252933
500	6.281729	6.281729	5.252933
1,000	6.960395	6.960395	5.475998
2,500	6.960395	6.960395	5.475998
5,000	6.960395	6.960395	6.158543
LC50	27.0386	46.8294	114.1022
p-level	0.9972	0.992	0.799

LC₅₀ values > 1000 µg/ml (non-toxic), LC₅₀ ≥ 500 ≤, 1000 µg/ml (weak toxic) and LC₅₀ values < 500 µg/ml (toxic)

วิจารณ์ผลการวิจัย

สารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งเมื่อทำการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน 3 ชนิด คือ 98% เมทานอล, 95% เอทานอล และน้ำกลั่น (DW) ด้วยวิธี Maceration พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของสารสกัดที่ได้ภายหลังการระเหยตัวทำละลายออกมีความแตกต่างกัน โดยเมทานอลให้สารสีน้ำตาลเข้ม ขณะที่เอทานอลให้สารสีน้ำตาลอ่อน และน้ำกลั่น (DW) ให้สารสีน้ำตาลดำ สีที่ต่างกันของสารสกัดบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ขององค์ประกอบในเนื้อสารที่แตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้พบว่าสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งด้วยน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพต่อการยับยั้ง แบคทีเรียแกรมลบ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* และ *X. oryzae* pv. *oryzicola* ซึ่งก่อโรคใบขีดโปร่งแสงได้ดีที่สุด และไม่ยับยั้งแบคทีเรีย *Pseudomonas fuscovaginae* ซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสกัดหยาบจากดอกกระถินทุ่งที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบของสาร quinones และ anthraquinone สอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา สุขหรั่ง (2536) ที่ศึกษาพฤกษเคมีของดอกกระถินทุ่ง พบสารกลุ่มหลักคือ anthraquinone สารอินทรีย์ดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chansukha, K. et al. (2014) ได้กล่าวถึงการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของพืชสมุนไพรไทยที่มี quinones พบว่าพืชสมุนไพรไทยให้ผลผลิต quinones เป็นส่วนใหญ่ และสารประกอบอนุพันธ์ quinone ซึ่งมีแนวโน้มยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก เชื้อรา และแบคทีเรียแกรมลบ ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยของ Khuniad, C. et al. (2014) ได้บ่งชี้ให้เห็นว่าดอกกระถินทุ่งมีองค์ประกอบของ Chrysazin (1,8 Dihydroxyanthraquinone) ซึ่งเป็นสารประเภท anthraquinone เช่นกันและพบว่าเมื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย สารสกัดจากเอทานอลสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Bacillus cereus*, *B. subtilis* และ *Staphylococcus aureus* และแกรมลบ *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes* และ *Salmonella typhimurium* ได้ ยกเว้น *Pseudomonas aeruginosa* สำหรับผลการศึกษาสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งทั้ง 3 ชนิด ในการยับยั้งรากอโรครินข้าว พบว่าไม่สามารถยับยั้งเชื้อราทดสอบได้ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าราทั้ง 4 สายพันธุ์คือ *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata* และ *Cercospora oryzae* มีโครงสร้างของผนังกัน (septate) ทำให้มีคุณสมบัติในการทนทานต่อสารทดสอบและทำให้สารสกัดไม่สามารถผ่านเข้าไปยังเซลล์เพื่อยับยั้งได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุคนธา เจริญศรี (2546) ได้ทำการศึกษาเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ซึ่งเป็น imperfect fungi มีการสร้าง conidiophore เส้นใยยาวแตกกิ่งก้านน้อยและมีผนังกันตามขวาง และงานวิจัยของพีระวรรณ พัฒนวิภาส และคณะ (2552) ทำการศึกษาลักษณะเชื้อรา *Curvularia* spp. พบว่าเส้นใยมีสี่เหลี่ยม ปลายเรียว มี 3 septate ขณะที่เชื้อรา *Cercospora oryzae* พบลักษณะ conidia และเส้นใยเป็นปล้องยาว มีผนังกัน (ออมทรัพย์ อุดตโรทัย, 2509) ทิพยธิดา โปธิตา และคณะ (2557) ศึกษาเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan. สาเหตุโรคเมล็ดต่าง โดยคัดแยกจากเมล็ดข้าวเหนียวสายพันธุ์สันป่าตอง 1 พบว่าสปอร์มีการสร้าง conidia วงรี มีผนังกันเส้นใยตามขวางและตามยาว จากลักษณะดังกล่าวของเชื้อราจึงมีความเป็นไปได้ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งในการยับยั้ง ทั้งนี้ยังพบว่าเชื้อราทดสอบทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกับเชื้อรา *Malassesia* ssp. ที่ก่อโรคกลากเกลื้อนซึ่งมีลักษณะเป็น dimorphic fungi คือสามารถอยู่ในรูปของยีสต์และราสายได้ทำให้ดอกกระถินทุ่งจึงมีคุณสมบัติในการรักษาโรคกลากเกลื้อนได้ (วีรพงษ์ จันทะชัย, 2557) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราคือ รูปแบบการเจริญของเส้นใย aerial mycelium ที่มีลักษณะฟูมากทำให้ไม่สัมผัสกับสารทดสอบ อีกทั้งเป็นไปได้ว่าปริมาณสารออกฤทธิ์จากสารสกัดหยาบดอกกระถินทุ่งทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวมีปริมาณน้อยจึงไม่สามารถตรวจสอบขอบเขตการยับยั้งของเชื้อราทดสอบได้

ความเป็นพิษของสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งต่ออาร์ทีเมียเซลล์ (*Artemia salina* Leach.) พบว่าสารสกัดด้วย 98% เมทานอล มีความเป็นพิษมากที่สุด รองลงมาคือ 95% เอทานอล และน้ำกลั่น โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 27.0386, 46.8294 และ 114.1022 ppm หากพิจารณาความเป็นพิษต่ออาร์ทีเมียเซลล์โดยอ้างอิงตามช่วงค่าของ Moshi M.J. *et al.* (2010) พบว่าสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งจากน้ำกลั่นเป็นสารสกัดที่มีความปลอดภัย เนื่องจากค่า $LC_{50} > 100 \mu\text{g/ml}$ และจัดเป็นสารที่ไม่มีพิษ จึงปลอดภัยต่อเกษตรกรผู้นำไปใช้ประโยชน์กว่าเมทานอลและเอทานอลซึ่งมีความเป็นพิษระดับกลางถึงอ่อน ดังนั้นการนำสารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งไปใช้ประโยชน์สำหรับกลุ่มเกษตรกรเพื่อพัฒนาเป็นสารชีวภาพกำจัดโรคพืช จึงมีความเป็นไปได้โดยเฉพาะการสกัดด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำไปใช้ยับยั้งแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบขีดโปร่งแสงได้ ทั้งยังสามารถทำได้ง่าย มีความปลอดภัย และจัดได้ว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดหยาดดอกกระถินทุ่งเมื่อทำการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน 3 ชนิด คือ 98% เมทานอล, 95% เอทานอล และน้ำกลั่น (DW) พบว่าน้ำกลั่น (DW) เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเมื่อนำมาใช้ยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในข้าว โดยเฉพาะสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* และ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* ได้ที่ระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ 100,000 ถึง 12,500 ppm โดยมีค่าประสิทธิภาพการยับยั้งระหว่าง 11.638(14+) - 0.163(1+) และมีค่า LC_{50} เท่ากับ 114.10 ppm ซึ่ง $> 100 \mu\text{g/ml}$ บ่งชี้ถึงความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2560 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

- จารวี สุขประเสริฐ และสุบงกช ทรัพย์แดง. 2555. งานวิจัยเรื่องการศึกษาผลของตัวทำละลายในการสกัดสมุนไพรที่มีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรีย. สำนักเทคโนโลยีชุมชน: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- ทิพย์ธิดา โปธิตา และวรวรรณ เทวาพิทักษ์. 2557. งานวิจัยเรื่องการศึกษาศักยภาพของสารสกัดจากใบผักคราดหัวแหวน ใบมะรุม ผิวมะกรูดและก้านมะละกอในการยับยั้งเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan. ที่ทำให้เกิดโรคเมล็ดต่างในเมล็ดข้าวเหนียวสายพันธุ์สันป่าตอง 1. เชียงใหม่: โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย.
- นันทกานต์ จันทร์อ่อน. 2557. ความมั่นคงทางอาหารของประเทศไทย (Thailand Food Security). กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

- ปิยะวดี เจริญวัฒน์, สุมนา ปานสมุทร, ดำรง คงสวัสดิ์ และอำนาจ เพชรประไพ. 2553. **งานวิจัยเรื่องการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากบัวหลวง**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- พีระวรรณ พัฒนวิภาส, ทศนาพร ทศคร และธารทิพย์ ภาสบุตร. 2552. **งานวิจัยเรื่องสำรวจ รวบรวม และจำแนกเชื้อราสกุล *Curvularia* spp.. กลุ่มวิจัยโรคพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.
- สุคนธา เจริญศรี. 2546. **งานวิจัยเรื่องสารจากพืชสกุล *Aglaia* (Meliaceae) ที่มีฤทธิ์ต่อเชื้อรา *Pyricularia oryzae* Cav. สาเหตุโรคไหม้ในข้าว**. วิทยานิพนธ์. วท.ม. (พฤกษศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุชาดา สุขห่อง. 2536. **การศึกษาทางพฤกษเคมีของดอกกระถินทุ่ง**. วิทยานิพนธ์. วท.ม.(เภสัชศาสตร์). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุดารัตน์ หอมหวล. 2553. **ฐานข้อมูลสมุนไพร**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.phargarden.com>. (6 กุมภาพันธ์ 2559).
- สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ภูมิปัญญาชาวบ้านในการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช**. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาดิน. 2550. **การใช้พืชสมุนไพรกำจัดแมลงศัตรูพืช**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วีรพงษ์ จันทะชัย. 2557. **การศึกษาการสร้างระยะที่เป็นสายราในห้องปฏิบัติการของเชื้อราที่ก่อโรคเคลื่อนส่ายพันธุ์ต่างๆ**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ออมทรัพย์ อุตตโรทัย. 2509. **การศึกษาโรคใบขีดสีน้ำตาลของข้าว**. วิทยานิพนธ์. กส.บ. 2509. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chansukha, K., R. Charoensupb, C. Palanuveja. and N. Ruangrunsi. 2014. Antimicrobial Activities of Selected Thai Medicinal Plants Bearing Quinonoids. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**. 5(2): 425-432.
- Khuniad, C., K. Chansukh, C. Palanuvej. and N. Ruangrunsi. 2014. Pharmacognostic evaluation and chryszin quantitation of *Xyris indica* flowering heads. **Pharmacognosy Journal**. 6(4): 16-22.
- Leonel Ochoa-Solano, J. and J. Olmos-Soto. 2006. The functional property of Bacillus for shrimp feeds. **Food Microbiology**. 23: 519-525.
- Riker, A.J. and R.S. Riker. 1936. **Introduction to Research on Plant Disease**. John S. Swift Co., St. Louis. Mo. 117 p.
- Moshi M.J., E. Innocent, J.J. Magadula, D.F. Otieno, A. Weisheit, P.K. Mbabazi and R.S.O. Nondo. 2010. Brine shrimp toxicity of some plants used as traditional medicines in Kagera Region, north western Tanzania. **Tanzania Journal of Health Research**. 12(1): 63-67.

สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่าย

Anabaena siamensis TISTR 8435

Optimization of Culture Media for Growth of *Anabaena siamensis* TISTR 8435

ศิริภรณ์ ชื่นบาล* ฐปน ชื่นบาล และวิภาพร จารุธนกุล

Siraporn Cheunbarn*, Tapana Cheunbarn and Wiphaporn Jaruthanukul

สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Environmental Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Siraporn@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนั้นพบได้ทั่วไปในนาข้าวของประเทศในเขตเอเชีย สำหรับการตรึงไนโตรเจนจากอากาศลงสู่ดินในรูปของปุ๋ยพืชสด การศึกษาครั้งนี้เน้นการหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชีวมวลของไซยาโนแบคทีเรีย โดยอาหารที่ได้นั้นพิจารณาจากวัสดุทั่วไปและสามารถซื้อหาได้ง่ายหรือเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นสำคัญ ในงานวิจัยครั้งนี้ไซยาโนแบคทีเรีย, *Anabaena siamensis* TISTR 8435 ได้ถูกเพาะเลี้ยงและปล่อยให้เจริญในอาหารหลายชนิด ผลการศึกษาพบว่า อาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของสาหร่าย ประกอบด้วย ส่วนผสมระหว่างน้ำหมักมูลค้างคาว 50% น้ำหมักฟาง 25% และสูตรอาหาร A 25% (อามี-อามี 0.1 มล. ปุ๋ยนา (16-20-0) 0.10 กรัม ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 0.15 กรัม โพแทสเซียมไนเตรท 0.20 กรัม และน้ำ 1 ลิตร) และปรับ pH ด้วยปูนขาวให้ได้ 7.5

คำสำคัญ: *Anabaena siamensis* น้ำหมักมูลค้างคาว น้ำหมักฟาง

Abstract

Cyanobacteria or blue green algae are common in Asia rice fields for fixing atmospheric nitrogen to the soil as green manure. The present study was focused on determine the optimized culture media for cyanobacteria biomass production. The media was prepared keeping in mind on the matter that were simple and easy to find in the market or agricultural waste. In these research cyanobacteria, *Anabaena siamensis* TISTR 8435, had been cultured and allowed to grow in several medias. The results showed that the suitable media for algae growth was the mixing of fermented from bat guano, fermented from straw, A Media (ami-ami 0.1 ml, fertilizer (16-20-0) 0.1 g, urea (46-0-0) 0.15 g, potassium nitrate 0.20 g and water 1 L) and adjusted pH to 7.5 with calcium hydroxide.

Keywords: *Anabaena siamensis*, fermented from bat guano, fermented from straw

คำนำ

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanobacteria) นั้นมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนได้ดี พบมากในนาข้าว มีทั้งที่อยู่อย่างอิสระหรืออาศัยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (mutualism) โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลากหลายสายพันธุ์ถูกนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น *Tolypothrix tenuis* (Silva and Siva, 2013) *Anabaena spp.* (Saadatnia and Riahi, 2009) และ *Nostoc spp.* (Sholkamy et al., 2012) เป็นต้น ซึ่งนิยมกันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชีย (Saadatnia and Riahi, 2009) สำหรับประเทศไทยนั้น มีการเลี้ยงแห่นแดงไว้ในนาข้าว เพื่อให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Anabaena sp.* ที่อาศัยอยู่ในโพรงใบของแห่นแดงทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน ก่อนที่แห่นแดงเหล่านี้จะถูกนำมาทำเป็นปุ๋ยพืชสดต่อไป อย่างไรก็ตามยังไม่มีมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อใช้ในการเกษตรอย่างจริงจัง ทั้งนี้ เนื่องจากอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงนั้นมีราคาแพง ดังนั้นแนวทางในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเหล่านี้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับปรับปรุงดินจึงนับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเกษตรกร การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Anabaena sp.* โดยเน้นสูตรอาหารที่ราคาไม่แพงและหาได้ทั่วไป จึงจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในเรื่องของการลดต้นทุนเรื่องของปุ๋ยเคมี ดีต่อสภาพแวดล้อมและสามารถฟื้นฟูดินที่ถูกทำลาย อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมยุทธศาสตร์การพัฒนาตลาดสินค้าอินทรีย์อีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมหัวเชื้อสาหร่าย

นำหัวเชื้อสาหร่าย *Anabaena siamensis* TISTR 8435 (วว.) มาทำการเพิ่มจำนวน โดยทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11 หัวเชื้อเริ่มต้น 10% ค่าความเป็นกรดต่างของอาหารที่ระดับ 7.1 เขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที ให้แสง 24 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 25-30°C. เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้น

การเตรียมน้ำหมักและสูตรอาหาร

การเตรียมน้ำหมัก นำมูลค่างควา มูลไก่ และฟางข้าว มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C. จากนั้นนำมาหมักกับน้ำในอัตราส่วน 1:100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ นำน้ำหมักกรองผ่าน ผ้าขาวบางและนำไปต้ม เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรอาหาร

สูตรอาหาร A (ดำรงและคณะ, 2554): อามิ-อามิ 0.10 มล., ปุ๋ยนาสูตร (16-20-0) 0.10 กรัม, ปุ๋ยยูเรียสูตร (46-0-0) 0.15 กรัม, โฟแทสเซียมไนเตรต 0.20 กรัมและ น้ำ 1 ลิตร

สูตรอาหาร B (ขำนิและคณะ, 2554): ปุ๋ยนาสูตร (16-20-0) 0.6 กรัม และ Na_2HCO_3 1 กรัม และ น้ำ 1 ลิตร

การหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่าย

1. ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ในสูตรอาหารเริ่มต้น ด้วยสูตรอาหารเริ่มต้น 5 สูตร ได้แก่ น้ำหมักมูลค่างควา น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักฟาง สูตรอาหาร A และสูตรอาหาร B เปรียบเทียบกับ อาหารสูตร BG-11 โดยอาหารแต่ละสูตรมีความเข้มข้น (อาหาร: BG-11) 25, 50, 75 และ 100% ใช้หัวเชื้อสาหร่ายเริ่มต้น 20% ปริมาณอาหารจำนวน 100 มล. เพาะเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. อุณหภูมิ 25-30°C. ให้แสงสว่างอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน ศึกษาการเจริญเติบโตด้วยความหนาแน่น

ของเซลล์ (optical density; OD₅₆₀) นาโนเมตร ในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาชนิดของสูตรอาหารเริ่มต้นที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี

2. ศึกษาการปรับปรุงสูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* จากผลการเจริญของสาหร่ายในสูตรอาหารเริ่มต้น โดยปรับจากชนิดของสูตรอาหารและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแต่ละชนิดอาหารที่ทำให้สาหร่ายเจริญได้มากที่สุด ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยสูตรอาหารปรับปรุงต่างๆ โดยใช้สูตรอาหาร BG-11 เป็นชุดควบคุม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เป็นเวลา 7 วัน ศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์ด้วยค่าความหนาแน่นของเซลล์ (optical density; OD₅₆₀)

3. ศึกษาการเจริญของสาหร่าย *A. siamensis* ในอาหารสูตรปรับปรุงที่เหมาะสม เปรียบเทียบกับสูตร BG-11 โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ คือชุดควบคุม (BG-11) และชุดสูตรอาหารปรับปรุง โดยมีหัวเชื้อเริ่มต้น 20 % ในถังพลาสติกขนาดพื้นที่ทำการ 4 ลิตร ให้แสงสว่างอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ทำการหมุนเวียนอากาศในถังเพาะเลี้ยงอย่างต่อเนื่องด้วยปั๊มลม เป็นเวลา 12 วัน เก็บตัวอย่างทุกๆ 2 วัน ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำการศึกษา ความหนาแน่นของเซลล์ (optical density; OD₅₆₀) น้ำหนักแห้ง (cell dry weight) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ผลการวิจัย

ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Anabaena siamensis* TISTR 8435 ในสูตรอาหารเริ่มต้น

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญของสาหร่าย *A. siamensis* ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร 5 สูตรที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน และ อาหารสูตร BG-11 ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 1 ดังนี้

สูตรที่ 1 น้ำหมักมูลค่างควานั้นพบว่าสาหร่ายเจริญได้ในทุกความเข้มข้น และสามารถเจริญได้ดีที่สุดในอัตราส่วน (น้ำหมักมูลค่างควา: BG-11) ที่ 50%: 50% โดยมีความหนาแน่นของเซลล์สูงสุด คือ 0.648

สูตรที่ 2 น้ำหมักมูลไก่นั้นพบว่าสาหร่ายไม่สามารถเจริญได้

สูตรที่ 3 น้ำหมักฟางนั้นพบว่าสาหร่ายเจริญได้ในอัตราส่วน น้ำหมักฟาง: BG-11 ที่ 25%: 75% เท่านั้น โดยมีความหนาแน่นของเซลล์สูงสุด คือ 0.433

สูตรที่ 4 อาหาร A นั้นพบว่าสาหร่ายเจริญได้ในอัตราส่วน สูตรอาหาร A: BG-11 ที่ 25%: 75% เท่านั้นโดยมีความหนาแน่นของเซลล์สูงสุด คือ 0.452

สูตรที่ 5 อาหาร B นั้นพบว่าสาหร่ายไม่สามารถเจริญได้

สูตรที่ 6 อาหาร BG-11 นั้นพบว่าสาหร่ายเจริญได้ดี มีความหนาแน่นของเซลล์สูงสุดเท่ากับ 0.573

Table 1 Growth of *A. siamensis* in media by the optical density (OD₅₆₀)

Media	Start				Finished (7 days)			
	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
fermented from bat guano	0.189	0.194	0.198	0.222	0.624	0.648	0.546	0.418
fermented from chicken guano	0.219	0.220	0.228	0.253	-	-	-	-
fermented from straw	0.189	0.205	0.216	0.238	0.433	-	-	-
A Media*	0.255	0.255	0.255	0.255	0.452	-	-	-
B Media**	0.195	0.195	0.195	0.195	-	-	-	-
BG-11	-	-	-	0.202	-	-	-	0.573

ศึกษาการปรับปรุงสูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis*

เพื่อให้ได้สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* โดยเน้นสูตรอาหารที่ราคาไม่แพง สามารถหาวัสดุต่างๆ ได้ตามท้องตลาด หรือจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นจึงใช้ชนิดและระดับความเข้มข้นของสูตรอาหารเริ่มต้นที่ได้มาพิจารณาเป็นสำคัญ ซึ่งได้แก่ น้ำหมักมูลค่างควา สูตรอาหาร A และน้ำหมักฟางข้าว โดยทำการปรับสูตรต่างๆ ที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร ดังนี้

สูตรปรับปรุง สูตรที่ 1 (น้ำหมักมูลค่างควา 50% : สูตรอาหาร A 25% : น้ำหมักฟาง 25%)

สูตรปรับปรุง สูตรที่ 2 (น้ำหมักมูลค่างควา 50% : น้ำหมักฟาง 50%)

สูตรปรับปรุง สูตรที่ 3 (น้ำหมักมูลค่างควา 50% : สูตรอาหาร A 50%)

สูตรควบคุม สูตรที่ 4 BG-11 (ควบคุม)

จากผลการทดลอง (Table 2) พบว่าสูตรปรับปรุงสูตรที่ 1 และ BG-11ทำให้สาหร่ายเจริญได้

Table 2 Growth of *A. siamensis* in improved formula media by the optical density (OD₅₆₀)

Media	OD ₅₆₀	
	Start	Finished (7 day)
fermented from bat guano 50%: A Media 25%: fermented from straw 25%	0.287	0.716
fermented from bat guano 50%: fermentation from straw 50%	0.289	-
fermented from bat guano 50%: A Media 50%	0.313	-
BG-11	0.291	0.437

ศึกษาการเจริญของสาหร่าย *A. siamensis* ในอาหารสูตรปรับปรุงที่เหมาะสม เปรียบเทียบกับสูตร BG-11

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ในสูตรอาหารปรับปรุงที่เหมาะสม คือ น้ำหมักมูลค่างคว 50%: อาหาร A 25%: น้ำหมักฟาง 25% เปรียบเทียบกับสูตร BG-11 ในถังปฏิกรณ์ขนาด 4 ลิตร ได้ผลการทดลองดังนี้

สาหร่ายมีความหนาแน่นของเซลล์ (OD_{560}) เริ่มต้นเท่ากับ 0.07 ± 0.00 มีน้ำหนักรวมแห้ง เริ่มต้นเท่ากับ 0.0471 ± 0.00 กรัม/ลิตร และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น เท่ากับ 0.0024 ± 0.00 มก./ล. เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 12 สาหร่ายมีความหนาแน่นของเซลล์ (OD_{560}) น้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 0.41 ± 0.03 , 0.2038 ± 0.008 กรัม/ลิตร และ 0.0208 ± 0.0016 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับสูตรอาหาร BG-11 นั้น สาหร่ายมีความหนาแน่นของเซลล์เริ่มต้น เท่ากับ 0.06 ± 0.00 มีน้ำหนักรวมแห้งเริ่มต้น เท่ากับ 0.0432 ± 0.00 กรัม/ลิตร และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น เท่ากับ 0.0019 ± 0.009 มก./ล. สาหร่ายค่อยๆ เจริญเติบโตจนถึงวันที่ 8 ของการทดลอง โดยมีค่าความหนาแน่นของเซลล์ น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ เท่ากับ 0.32 ± 0.03 , 0.1292 ± 0.02 กรัม/ลิตร และ 0.0140 ± 0.0021 มก./ลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นการเจริญจะลดลง (Figure 1)

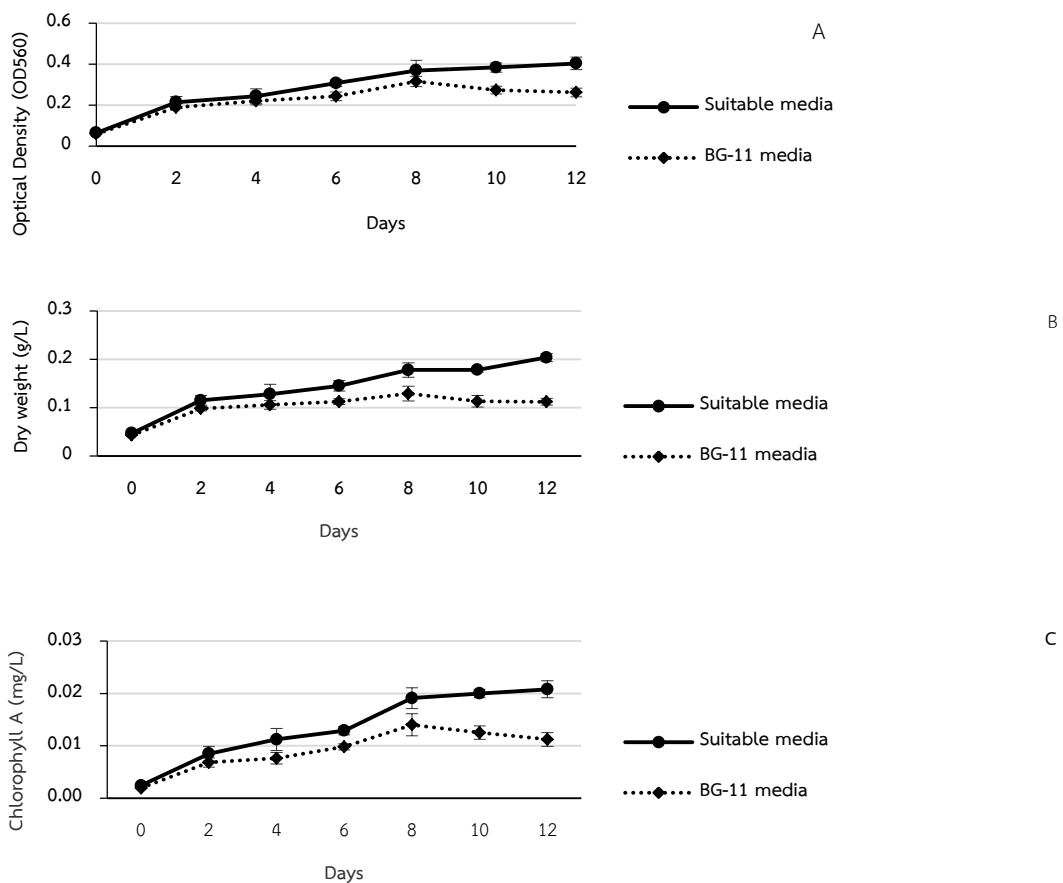


Figure 1 Growth of *A. siamensis* in suitable media compare with BG-11 media

A) Optical Density (OD_{560}) B) Dry Weight (g/L) C) Chlorophyll A (mg/L)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ในสูตรอาหารเริ่มต้น

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญของสาหร่าย *A. siamensis* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเริ่มแรกจำนวน 5 สูตร ได้แก่ น้ำหมักมูลค่างคว น้าหมักมูลไก่ น้าหมักฟาง สูตรอาหาร A และสูตรอาหาร B ที่ระดับความเข้มข้นระหว่างปริมาณอาหารและอาหารสูตร BG-11 ที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับ อาหารสูตร BG-11 พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญได้ดีที่สุดในน้ำหมักมูลค่างคว ที่อัตราส่วน น้ำหมักมูลค่างคว: BG-11 เท่ากับ 50%: 50% ในขณะที่สูตรอาหาร A และน้ำหมักฟาง นั้นสามารถเจริญได้ดีในอัตราส่วน 25%: 75% สำหรับสูตรอาหาร B และน้ำหมักมูลไก่นั้น พบว่าสาหร่ายไม่เจริญ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่นั้นมีสีเข้มมาก อาจรบกวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย แต่อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยอื่นๆ พบว่ามูลไก่สามารถใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กได้ (Xiaotian *et al.*, 2017) เนื่องจากมีธาตุอาหารคือไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สะสมอยู่มาก ถ้าใช้น้ำหมักมูลไก่ที่มีความเข้มข้นน้อยและมีสีที่จางลง อาจทำให้สาหร่ายสามารถเจริญได้ ดังนั้นน้ำหมักมูลค่างคว น้าหมักฟาง และสูตรอาหาร A จึงมีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นสารอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายเบื้องต้น แต่ยังคงต้องพัฒนาเพื่อให้ได้ส่วนประกอบที่เหมาะสม

ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ด้วยสูตรปรับปรุง

เมื่อนำชนิดอาหารเริ่มต้นทั้ง 3 ชนิดจากสูตรอาหารเริ่มต้น ที่ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้มาปรับปรุง พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ได้แก่ น้ำหมักมูลค่างคว 50%: สูตรอาหาร A 25%: น้ำหมักฟาง 25% ปรับ pH ด้วยน้ำปูนขาวให้มี pH ประมาณ 7.5 ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบของอาหารที่ประกอบในสูตรมีความสำคัญต่อการเจริญของสาหร่ายดังนี้

น้ำหมักมูลค่างคว มีผลทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี (Sothearen *et al.*, 2014) ทั้งนี้เนื่องจากมูลค่างควเป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารครบทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม โดยมีปริมาณของฟอสฟอรัส (P) อยู่ในปริมาณมากคือ 2.8% ซึ่งมีปริมาณมากกว่าฟอสฟอรัสที่พบในปุ๋ยคอกชนิดอื่นๆ เช่น มูลสุกร มูลไก่ มูลเป็ด มูลกระบือ (ปฏิภาณ, 2555) ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีเป็นปริมาณมากในมูลค่างควนี้ช่วยให้รากพืชพัฒนาและเจริญเติบโตได้ดี แตกหน่อได้เร็วและแตกกิ่งก้านสาขาได้มาก

น้ำหมักฟางข้าว สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยในนาข้าว (Polthane *et al.*, 2011) โดยเฉพาะใช้ในการส่งเสริมการใช้ธาตุโพแทสเซียม ซึ่งถือว่าเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ ทั้งนี้เนื่องจาก ฟางข้าวนั้นมีโพแทสเซียมมากกว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ เมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ (Javier *et al.*, 2002) โดยฟางข้าวนั้นมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชดังนี้ ไนโตรเจน 0.59% ฟอสเฟต 0.08% และโพแทสเซียม 1.72%

สูตรอาหาร A* เป็นสูตรปรับปรุงสำหรับเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ชนิด ดังนี้ อามิ-อามิ ประกอบด้วยธาตุอาหารหลายชนิดทั้งธาตุอาหารหลักได้แก่ Total N(%) 5.17 Total P₂O₅ (%) 1.74 Total K₂O (%) 1.07 และธาตุอาหารรอง ได้แก่ Total Ca (%) 0.04 Total Mg (%) 0.01 Total S (%) 3.07 Total Na (%) 2.30 และยังมี Fe Mn Cu และ Zn เล็กน้อย (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2555) นิยมใช้ในการทำน้ำเขียวหรือการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* (ดำรง และคณะ, 2554)

ปุ๋ยสูตรต่างๆ จำนวน 3 สูตรได้แก่ ปุ๋ยนา (16-20-0) ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และโพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46) เป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักที่สำคัญคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งพืชต้องการเป็นปริมาณมาก เหมาะต่อการพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย

ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย *A. siamensis* ในสูตรปรับปรุงที่เหมาะสม เปรียบเทียบกับสูตร BG-11

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ในสูตรอาหารปรับปรุงที่เหมาะสม คือ น้ำหมักมูลค่างควา 50%: อาหาร A 25%: น้ำหมักฟาง 25% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร BG-11พบว่า อาหารสูตรปรับปรุงนี้ ทำให้สาหร่ายเจริญได้ดีกว่าอาหารสูตร BG-11 ซึ่งเป็นสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารปรับปรุงนั้น ประกอบไปด้วยธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อสาหร่ายอย่างเพียงพอทั้งธาตุอาหารหลัก ที่ได้จากปุ๋ยนา ปุ๋ยยูเรียและโพแทสเซียมไนเตรต และยังได้ธาตุอาหารรองและอาหารเสริมจากน้ำหมักมูลค่างควา น้ำหมักฟาง และอามิ-อามิ โดยทั่วไปแล้วสาหร่ายมักมีข้อจำกัดสำหรับการเจริญในเรื่องของสารอาหารเป็นสำคัญ มวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นได้เมื่อได้รับสารอาหารที่เพียงพอ ดังนั้นการได้รับสารอาหารเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียวจะมีผลต่อการเจริญของสาหร่าย (Das and Sarma, 2015) สำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยทั่วไป เป็นสาหร่ายที่ไม่ต้องการไนโตรเจนเป็นแหล่งของสารอาหาร เนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเหล่านี้สามารถเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบได้ (Whillton and Potts, 2012) และสามารถเจริญได้ในสภาวะแวดล้อมที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดหรือไม่มีไนโตรเจนเลยด้วยขบวนการ nitrogen-fixing แต่อย่างไรก็ตามพบว่า *Anabaena* และ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนมาก สามารถเจริญเติบโตและให้ชีวมวลได้ดีกว่าเมื่อเลี้ยงในสภาวะที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Rosales-Loaiza *et al.*, 2016) ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นต้องมีไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของสูตรอาหาร เพื่อที่สาหร่ายจะได้ให้ผลผลิตเป็นปริมาณมากตามที่ต้องการ

สรุปผลการวิจัย

สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *A. siamensis* ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มาจากวัสดุที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้ น้ำหมักมูลค่างควา 50% น้ำหมักฟาง 25% และสูตรอาหาร A 25% (อามิ-อามิ 0.1 มล. ปุ๋ยนา (16-20-0) 0.10 กรัม ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 0.15 กรัม และโพแทสเซียมไนเตรต 0.20 กรัม น้ำ 1 ลิตร) ปรับ pH ด้วยปูนขาว ให้ได้ 7.5

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัย และสาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชัยสิทธิ์ ทองจุ ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ ธนศมณท์ กุลการัญญ์เลิศ ระวีวรรณ โชติพันธ์ อีรยุทธ คล้าชื่น และรุจิกร ศรีแมนม่วง. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงขุรส(อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ พิษณุโลก 2. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 30(1): =99-107.
- ชำนาญ ด้วงเทพ จงกล พรมยะ นิวุฒิ หวังชัย บัญญัติ มณฑิยรอาสน์ และชนกันต์ จิตรมนัส. 2554 . คุณค่าโภชนา การและแคโรทีนอยด์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Oscillatoria* sp.) ที่เลี้ยงในสูตรอาหารต่างๆ. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 5(1): 76-88.
- ดำรงค์ โลหะลักษณ์ เดชทัศน์ีย์ ชวนประชุม และเอกพงศ์ แก้วสุทธิ. 2554. การเปรียบเทียบสูตรอาหารในการ เพาะเลี้ยง *Chlorella ellipsoidea*. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 5(2): 48-54.
- ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร. 2555. **การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์**. 112 น. ใน รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Das, K. and G.C. Sarma. 2015. Optimization of culture media for the growth of *Anabaena spiroides* and *Nostoc punctiformae* of Jorhat district, Assam. **IOSR-JPBS**.10: 37-41.
- Javier, E.F., J.M. Marquez, F.S. Grospe, H.F. Manucod. and R. Tabien. 2002. Three-year effect of organic fertilizer use on paddy rice. **Crop Science Society of the Philippines** 27(2): 11-15.
- Polthane, A., A. Promkhambut and S. Kaewrahan. 2011. Growth and yield of Organic rice as effected by rice straw and organic fertilizer. **IJERD**. 2(1): 93-99.
- Rosales-Loaiza, N., P. Vera, C. Aiello-mazzarri and E. Morales. 2016. Comparative growth and biochemical composition of four strains of Nostoc and Anabaena (cyanobacteria, Nostocales) in relation to sodium nitrate. **Acta Biológica Colombiana** 21 (2): 347-354.
- Saadatnia, H. and H. Riahi. 2009. Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants. **Plant Soil Environ**. 55: 207–212.
- Silva, P.G. and H.J. Siva. 2013. Biomass production of *Tolypothrix tenuis* as a basic component of a cyanobacterial biofertilizer. **J. Appl. Phycol**. 25(6): 1729-1736.
- Sholkamy, E.N., H. El-Komy, A.A. Al-Arfaj, A. Abdel-Megeed and A.A. Mostafa. 2012. Potential role of *Nostoc muscorum* and *Nostoc rivulare* as biofertilizers for the enhancement of maize growth under different doses of n-fertilizer. **African Journal of Microbiology Research** 6 (48): 7435-7448.
- Sothearn, T., N. M. Furey and J.A. Jurgens. 2014. Effect of bat guano on the growth of five economically important plant species. **Journal of Tropical Agriculture** 52 (2): 169-173.
- Whitton, B. and M. Potts. 2012. Introduction to the Cyanobacteria. pp.1-14. In Whitton, B. and M. Potts (eds.) **The ecology of Cyanobacteria II: Their diversity in time and space**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Xiaotian, H., N. Rusconi1, P. Ali1, K. Pagkatipunan and F. Chen. 2017. Nutrients extracted from chicken manure accelerate growth of microalga *Scenedesmus obliquus* HTB1. **Green and Sustainable Chemistry** 7: 101-113.

ศักยภาพการใช้ประโยชน์ของไซเลจที่ได้จากการหมักไส้ไก่ด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก
Lactobacillus acidophilus เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ

Potential Utilization as Aqua Feed of Chicken Intestine Silage Fermented
with Different Levels of Lactic Acid Bacteria *Lactobacillus acidophilus*

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์* จงกล พรมยะ กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และจอมสุดา ดวงวงษา
Thepparath Ungsethaphand*, Jongkol Promya, Krasindh Hangsapreurke
and Jomsuda Duangwongsa

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

* Corresponding author: thorn@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณภาพของไซเลจที่ได้จากการหมักไส้ไก่ด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria, LAB) *Lactobacillus acidophilus* เพื่อใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงปลา โดยใช้ไส้ไก่สดเสริมด้วยกากน้ำตาล 15% นำไปหมักด้วยแบคทีเรีย *Lactobacillus acidophilus* ความเข้มข้นต่างกัน 3 ทริตเมนต์ ได้แก่ 1) 1×10^5 CFU/ก. (L5); 2) 1×10^7 CFU/ก. (L7); and 3) 1×10^9 CFU/ก. (L9) เป็นเวลา 20 วัน ผลการทดลองพบว่า โปรตีนในไซเลจลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับไส้ไก่สด ในทุกระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย (L5, L7, และ L9) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในไซเลจที่หมักด้วย L7 สูงกว่าการหมักที่ความเข้มข้น L5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่า ปริมาณไขมันในไซเลจ (L5, L7, และ L9) สูงกว่าปริมาณไขมันในไส้ไก่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการทดลองต่อมาเพื่อผลิตอาหารเม็ดจากไซเลจ โดยใช้ไซเลจที่ได้จากการหมักไส้ไก่ด้วย L7 ผสมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ การผสมรำละเอียดลงในไซเลจที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50% และผสมกากถั่วเหลืองลงในไซเลจที่ระดับ 20, 30, 40 และ 50% ตามลำดับ พบว่าโปรตีนและไขมันในไซเลจผสมรำละเอียดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับของการผสม แต่โปรตีนในไซเลจผสมกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับของการผสม ในขณะที่ไขมันลดลงในทุกระดับของการผสม อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ อาหารไซเลจผสมรำละเอียดในทุกระดับมีระดับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการของปลากินพืช และอาหารไซเลจผสมกากถั่วเหลืองในทุกระดับมีระดับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการของปลาตระกูล Catfish

คำสำคัญ: ไส้ไก่ ไซเลจ การหมัก แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก *Lactobacillus acidophilus*

Abstract

The present study was conducted to evaluate the quality of fermented chicken intestine silage by lactic acid bacteria (LAB) *Lactobacillus acidophilus*. Raw chicken intestine (RAW) supplemented with 15% molasses were divided into three groups which were received one of three concentrations of *Lactobacillus acidophilus* treatments; 1) 1×10^5 CFU/g (L5); 2) 1×10^7 CFU/g (L7); and 3) 1×10^9 CFU/g (L9) for 20 days. The results indicated that protein content in fermented silage supplement with LAB (L5, L7, and L9) were significantly ($p < 0.05$) lower as compared to RAW but significantly ($p < 0.05$) higher protein content was recorded in L7 as compared to L5. However, lipid in silages (L5, L7, and L9) showed significantly ($p < 0.05$) higher compared to RAW. Future, the silage product L7 was supplemented with 10, 20, 30, 40 and 50% rice brand and 20, 30, 40 and 50% soybean to prepare feed pellets. The results showed that protein and lipid content in feed pellets significantly ($p < 0.05$) decreased with percentage of rice brand. However, protein content in feed pellets significantly ($p < 0.05$) increased with percentage of soybean and vice versa, on lipid content. Silage mixed with rice bran was found to meet the protein requirement of herbivorous fish and protein content in silage mixed with soybean was within the acceptable range for catfish.

Keywords: chicken intestine, silage, fermentation, lactic acid bacteria, *Lactobacillus acidophilus*

คำนำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรม โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับไส้ไก่สด เพื่อลดต้นทุนการผลิต ทำให้และสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง น้ำทิ้งจากฟาร์มมีมลพิษสูง สร้างปัญหาให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลารายอื่นที่อยู่ใกล้เคียง โดยที่ผ่านมามีรายงานการหมักเศษของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเช่น เลือดสัตว์ เครื่องในสัตว์ เศษเนื้อปลา ไส้ปลา เพื่อนำมาใช้ในการเลี้ยงปลา โดย Gaggia และคณะ (2010) รายงานว่า การใช้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) โดยเฉพาะกลุ่ม *Lactobacillus* sp. ช่วยปรับปรุงและรักษาคุณภาพอาหารสัตว์กำลังได้รับความนิยม เพราะส่งผลดีต่อการเลี้ยงสัตว์ด้วยคุณสมบัติการเป็น probiotic ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค Reyes-Becerril และคณะ (2012) กล่าวว่า การใช้ไซเลจ ที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงปลานอกจากจะเป็นวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้วยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้อีกด้วย ดังนั้นการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพไส้ไก่สดโดยการหมักด้วยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (LAB) *Lactobacillus acidophilus* รวมทั้งการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยการเสริมวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพื่อใช้ในการเลี้ยงปลา ลดมลพิษของน้ำทิ้งจากฟาร์ม จึงเป็นแนวทางสำคัญในการจัดการของเสีย ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความปลอดภัยของผู้บริโภค ที่อาจมาจากเชื้อโรคปนเปื้อนมากับไส้ไก่สด

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) ความเข้มข้นต่างกัน หมัก ไล่ไก่สด

ใช้ความเข้มข้นของแบคทีเรีย *Lactobacillus acidophilus* (Vitacost®) 3 ระดับ 1×10^5 1×10^7 และ 1×10^9 CFU/ก ไล่ไก่สด ระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

การเตรียมไล่ไก่สด

นำไล่ไก่สดจากโรงงานชำแหละเนื้อไก่ ผสมเกลือ น้ำแข็งอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อรักษาความสด เมื่อถึงสถานที่ทดลองใช้มีดคมสับไล่ไก่เป็นชิ้นเล็กแล้วบดด้วยเครื่องบดเนื้อ ใส่ถังพลาสติกที่มีฝาปิดถึงละ 20 กก เติม propionic acid 0.2% (v/w) ป้องกันการเกิดเชื้อรา และ butylated hydroxytoluene (BHT) 200 มก/กก เพื่อป้องกันการเหม็นหืน เติมน้ำตาล (molasses) 15% (w/w) ปรับ pH ให้อยู่ในระดับ 5.5 ด้วยกรดซัลฟูริก 50% (Ashayerizadeh และคณะ, 2017 และ Kherrati และคณะ, 1998)

การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้ถังพลาสติกมีฝาปิดขนาด 25 ล วางไว้ในห้องทดลอง ปิดฝาปล่อยให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 20 วัน ต้มไซเลจ ที่ได้ที่อุณหภูมิ 90°C. นาน 30 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาทางเคมี ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับ pH ของไซเลจ ให้เท่ากับ 6 ด้วย โซเดียมไบคาร์บอเนต คนและเก็บตัวอย่างจากแต่ละถัง จำนวน 30 มล 3 ซ้ำ นำไปวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี

การทดลองที่ 2

 ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของไซเลจ ด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์

ใช้ กากถั่วเหลือง 4 ระดับ 20, 30, 40 และ 50% และรำละเอียด 5 ระดับ 10% 20% 30% 40% และ 50% ผสมกับไซเลจ ที่ได้จากการหมักด้วย *Lactobacillus acidophilus* 1×10^7 CFU/ก จากผลสรุปของการทดลองที่ 1

นำส่วนผสมที่ได้ไปเกลี่ยบนแผ่นพลาสติก คลุมด้วยพลาสติกกรองรังสียูวี ตากแห้งด้วยแสงแดดจนความชื้นลดลงเป็นก้อนได้ นำไปอัดเป็นเม็ดอาหารด้วยเครื่องบดเนื้อ เก็บตัวอย่างจากแต่ละฟริตเมนต์จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของไล่ไก่สดไซเลจ และไซเลจ ผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยวิธีการดังต่อไปนี้ วิเคราะห์หาโปรตีนโดย micro-Kjeldahl, ไขมันโดยวิธี dichloromethane extraction ตาม Soxhlet method, เยื่อใย โดยวิธี fritted glass crucible, เถ้า โดยการเผาใน muffle furnace 550 °C 12 ชม. และความชื้น โดยการอบแห้งในตู้อบ 105 °C. 24 ชม. ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละฟริตเมนต์ โดย ANOVA และ Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้ แบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติก (LAB) *Lactobacillus acidophilus* ความเข้มข้นต่างกัน หมักไส้ไก่สด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้ไก่สดที่ใช้ในการทดลอง มีโปรตีน 37.41% และไขมัน 18.92% (Table 1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Oke และคณะ (2016) รายงานว่าในไส้ไก่สดมีโปรตีน 35.0% ไขมัน 22.0% แต่ Seong และคณะ (2015) รายงานผลที่ต่างออกไปในการวิเคราะห์ลำไส้ไก่ที่ผ่านการล้างสะอาดพบว่ามีโปรตีน 11.78% ไขมัน 1.82% โดย Kherrati และคณะ (1998) อธิบายว่า การใช้เครื่องในไก่ หรือไส้ไก่เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น จะพบว่ามีระดับโปรตีนและไขมันแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากอาหารที่ตกค้างอยู่ในกระเพาะและลำไส้ไก่ก่อนส่งเข้าสู่โรงงานชำแหละ

ในการทดลองนี้ การหมักไส้ไก่สดด้วย *Lactobacillus acidophilus* นาน 20 วัน ในทุกระดับความเข้มข้น (1×10^5 , 1×10^7 และ 1×10^9) ทำให้โปรตีนที่ได้ในไซเลจ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับไส้ไก่สด (Table 1) สอดคล้องกับ Russell และคณะ (1992) รายงานว่าการหมักไส้ไก่ด้วย LAB ทำให้โปรตีนในไซเลจ ที่ได้ลดลง 2-12.9% Ashayerizadeh และคณะ (2017) ก็พบว่า การหมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ จะได้ไซเลจ ที่มีโปรตีนลดลงเช่นกัน Kherrati และคณะ (1998) รายงานว่าการหมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ด้วย *Lactobacillus plantarum* จะได้ไซเลจ ที่มีโปรตีนลดลง ทั้งนี้เพราะในไส้ไก่สดมีปริมาณไนโตรเจนสูง อันเป็นผลมาจากเศษอาหารที่ตกค้างอยู่ในลำไส้ไก่ก่อนส่งเข้าสู่โรงงาน และ Ramasubburayan และคณะ (2013) รายงานว่าไซเลจ ที่ได้จากการหมักไส้ไก่สดมีปริมาณโปรตีนลดลง เพราะกระบวนการหมักทำให้เกิดการแตกตัว และ hydrolysis โปรตีน อย่างไรก็ตามการหมักก็ยังส่งผลดี โดย Vidotti และคณะ (2002) จะกล่าวว่า การหมัก by-product จากสัตว์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น จะช่วยเพิ่มคุณภาพของการนำ by-product ไปใช้ เพราะการหมักช่วยย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโนที่มีขนาดเล็กลงช่วยให้ประสิทธิภาพการย่อยของสัตว์ดีขึ้น สอดคล้องกับ Matinez-Alvarest และคณะ (2015) กล่าวว่า การใช้ไฮโดรไลซ์โปรตีนจากการหมัก by-product จากสัตว์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นมีข้อดี เพราะประกอบไปด้วยกรดอะมิโนและเปปไทด์สายสั้นที่ลำไส้เล็กของสัตว์ดูดซึมได้ดี และยังช่วยเพิ่มกลิ่นรสของอาหารช่วยให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นอีกด้วย

ทั้งนี้ การหมักไส้ไก่สดที่ความเข้มข้น 1×10^7 ให้ระดับโปรตีนสูงกว่าที่ความเข้มข้น 1×10^5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากความเข้มข้น 1×10^9 ($p > 0.05$) สอดคล้องกับ Ashayerizadeh และคณะ (2017) รายงานว่าการใช้ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้น 1×10^7 มีความเหมาะสมสำหรับการหมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ แต่ Fagbenro และ Jauncey (1993) พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของ *Lactobacillus plantarum* ในการหมักซากปลานิลให้เป็นไซเลจ คือ 1×10^5

ไขมันในไซเลจ ภายหลังจากการหมักไส้ไก่สด 20 วันด้วย *Lactobacillus acidophilus* ทุกระดับความเข้มข้น (1×10^5 , 1×10^7 และ 1×10^9) ในการทดลองครั้งนี้ (Table 1) มีค่าระหว่าง 21.75-22.42% ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สูงกว่าไขมันในไส้ไก่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Ashayerizadeh และคณะ (2017) รายงานว่าการใช้ *Lactobacillus plantarum* หมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ จะได้ไซเลจ ที่มีไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งการที่มีไขมันเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลมาจากการเติมกากน้ำตาล และกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียได้ผลิตเป็น volatile fatty acids สอดคล้องกับผล

การทดลองของ Russell และคณะ (1992) รายงานว่าการหมักไส้ไก่ด้วย LAB จะได้ไซเลจ ที่มีไขมันสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 3.2% ด้าน Fagbenro และ Jauncey (1993) รายงานว่ากรดแลคติกที่แบคทีเรีย LAB สร้างขึ้นก็ละลายได้ง่ายในตัวทำละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมัน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ไขมันในไซเลจ ที่หมักด้วย LAB สูงขึ้นได้เช่นกัน

Table 1 Proximate composition (% dry weight) of raw chicken intestine and LAB (*Lactobacillus acidophilus*) fermented silage after 20 days of ensilation

<i>L. acidophilus</i> (cell/g)	Proximate composition (%dry matter basis)					
	Moisture	Crude	Crude lipid	Fiber	Ash	NFE
Chicken intestine	78.20±0.88 ^a	37.41±0.53 ^a	18.92±0.23 ^a	5.69±0.08	5.45±0.34 ^a	16.31±0.36 ^a
1×10 ⁵ (L5)	76.98±0.58 ^b	31.39±0.46 ^b	21.75±0.05 ^b	5.92±0.35	6.65±0.15 ^b	34.49±0.65 ^b
1×10 ⁷ (L7)	74.99±1.44 ^b	34.74±0.37 ^c	21.66±0.82 ^b	5.86±0.07	6.49±0.12 ^b	30.90±1.16 ^b
1×10 ⁹ (L9)	75.24±1.09 ^b	33.18±0.44 ^{bc}	22.42±1.88 ^b	5.43±0.04	6.99±0.24 ^b	29.97±0.75 ^b

Means (± standard error) within a column with different superscripts letters are significantly different (p<0.05)

ปริมาณเถ้า และ nitrogen free extract (NFE) ในไซเลจ ที่ผ่านการหมัก 20 วัน เพิ่มขึ้นมากกว่าที่พบในไส้ไก่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่เยื่อใย ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากการเติมโซเดียม ไบคาร์บอเนต เพื่อปรับระดับ pH ของไซเลจ ให้เป็นกลาง ส่วนปริมาณ NFE ที่เพิ่มขึ้น Kherrati และคณะ (1998) รายงานว่าปริมาณ NFE ที่สูงขึ้นในไซเลจ ภายหลังจากการหมักนั้นเป็นผลมาจากกากน้ำตาลที่แบคทีเรียยังใช้ไม่หมด และ Ashayerizadeh และคณะ (2017) รายงานว่าการหมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ ด้วย LAB จะเกิดกากจากการทำงานของแบคทีเรีย ซึ่งเมื่อระเหยออกไปจะทำให้ความชื้นในไซเลจ ลดลง

ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ การหมักไส้ไก่สดด้วย *Lactobacillus acidophilus* ระดับความเข้มข้น 1×10⁷ CFU/g ทำให้ได้ไซเลจ ที่มีโปรตีน 34.74% สูงกว่าโปรตีนในไซเลจ ที่หมักด้วยความเข้มข้น 1×10⁵ CFU/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับการหมักด้วยความเข้มข้น 1×10⁹ CFU/g (p>0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของไซเลจ ด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์

Fagbenro และ Bello-Olusoi (1997) แนะนำว่าไซเลจ ที่ได้จากการหมัก by-product จากสัตว์นั้น มีลักษณะเป็นของเหลว ไม่สะดวกในการเก็บรักษาและการนำไปใช้ผสมวัตถุดิบในการผลิตอาหารปลา ควรใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่นกากถั่วเหลือง หรือรำข้าว เป็นส่วนผสมก่อนนำไปใช้งาน เช่นเดียวกับ Kaviraj และคณะ (2013) กล่าวว่า การใช้ by-product จากพืชและสัตว์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สามารถช่วยลดต้นทุนและช่วยส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม แต่การใช้วัตถุดิบสดอาจมีปัญหาประสิทธิภาพในการย่อย คุณภาพของสารอาหาร และความน่ากินของวัตถุดิบ การหมักด้วยแบคทีเรีย และการเสริมด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์จากพืช เช่นรำข้าว หรือกากถั่วเหลือง จะช่วยเพิ่มทั้งคุณค่าทางอาหารและปริมาณผลผลิตที่ได้

เมื่อนำไซเลจ ที่ได้จากการหมักด้วย *Lactobacillus acidophilus* ระดับความเข้มข้น 1×10^7 CFU/ก ไปผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ รำละเอียด และ กากถั่วเหลือง เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและนำไปใช้ พบว่าการผสมรำละเอียดที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50% ส่งผลให้ระดับโปรตีน ไขมัน ในอาหารผสมทุกระดับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และยังส่งผลให้ระดับ NFE เยื่อใย และเถ้า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับ (Table 2) ทั้งนี้เพราะรำละเอียดมีระดับโปรตีนและไขมันต่ำกว่าไซเลจ อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนในอาหารผสมด้วยรำละเอียดทุกระดับสามารถนำไปใช้เลี้ยงปลากินพืชได้

Table 2 Proximate composition (% dry matter basis) of chicken intestine silage after mixed with rice bran

Rice brand (%)	RB10%	RB20%	RB30%	RB40%	RB50%
Proximate composition (% dry matter basis)					
Moisture	8.73±0.21	8.91±0.60	8.68±0.89	8.85±0.20	8.83±0.62
Crude protein	33.16±0.01 ^a	31.57±0.01 ^b	29.99±0.03 ^c	28.41±0.02 ^d	26.82±0.04 ^e
Crude lipid	21.03±0.01 ^a	20.39±0.03 ^b	17.75±0.05 ^c	19.11±0.07 ^d	18.48±0.09 ^e
Fiber	6.29±0.01 ^a	6.71±0.01 ^b	7.13±0.02 ^c	7.55±0.02 ^d	7.97±0.02 ^e
Ash	6.96±0.02 ^a	7.41±0.04 ^b	7.88±0.04 ^c	8.34±0.07 ^d	8.80±0.08 ^e

Means (± standard error) within a row with different superscripts letters are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Proximate composition (% dry matter basis) of chicken intestine silage after mixed with Soybean

Soy bean (%)	SB20%	SB30%	SB40%	SB50%
Proximate composition (% dry matter basis)				
Moisture	9.56±0.17	9.47±0.15	9.58±0.16	9.44±0.14
Crude protein	37.67±0.09 ^a	38.46±0.14 ^b	39.25±0.18 ^c	40.04±0.23 ^d
Crude lipid	17.75±0.08 ^a	15.89±0.12 ^b	14.04±0.16 ^c	12.19±0.20 ^d
Fiber	6.64±0.03	6.61±0.05	6.58±0.06	6.54±0.08
Ash	5.90±0.01	5.95±0.01	6.01±0.01	6.06±0.02
NFE	32.04±0.14 ^a	33.08±0.21 ^{ab}	34.12±0.29 ^{bc}	35.16±0.36 ^c

Means (± standard error) within a row with different superscripts letters are significantly different ($p < 0.05$)

แต่การนำไซเลจ ที่ได้จากการหมัก *Lactobacillus acidophilus* ระดับความเข้มข้น 1×10^7 CFU/ก ไปผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20, 30, 40 และ 50% ทำให้ได้อาหารผสมที่มีโปรตีนสูงกว่าไซเลจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับ (Table 3) ทั้งนี้เพราะกากถั่วเหลืองมีระดับโปรตีนสูงกว่าไซเลจ นอกจากนี้การผสมกาก

ถั่วเหลืองยังทำให้อาหารผสมที่ได้มีระดับไขมันต่ำกว่าไซเลจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับของการผสม อย่างไรก็ตาม Oke และคณะ (2016) ระบุว่า ปลาตุ๊กอัฟริกัน *Clarias gariepinus* ต้องการโปรตีนในอาหาร 35-45% และ Gupta และคณะ (2013) ระบุว่า ปลาตุ๊กด้าน *Clarias batrachus* มีความต้องการโปรตีน 30-40% ดังนั้น การผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20, 30, 40 และ 50% จะได้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนเพียงพอในการเลี้ยงปลาตระกูล catfish ได้

หากพิจารณา ในแง่ของความปลอดภัยด้านการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในไซเลจ นั้น Sakaridis และคณะ (2012) รายงานว่า LAB กลุ่ม *Lactobacillus* sp. สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคลกลุ่ม *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* ในซากไก่ได้ Ashayerizadeh และคณะ (2017) ทดลองหมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่ ด้วย LAB พบว่าแบคทีเรียกลุ่ม coliforms จะถูกกำจัดไปภายหลังวันที่ 6 ของการหมัก และยังมีรายงานว่า LAB กลุ่ม *Lactobacillus* sp. สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค พวก *E. coli* และ *Salmonella* spp. ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากกรดอินทรีย์ที่ LAB สร้างขึ้นระหว่างการหมัก Russell และ Gould (1991) รายงานว่าแบคทีเรียที่สร้างสารพิษในอาหารส่วนใหญ่จะถูกควบคุมได้ด้วย pH ในอาหารที่ระดับต่ำกว่า 4.2 ในทำนองเดียวกัน Stoyanova และคณะ (2012) กรดอินทรีย์สามารถผ่าน plasma membrane ของ *L. monocytogenes* ทำให้ cytoplasm มีสภาพเป็นกรดไปยับยั้งกระบวนการ glycolysis ในเซลล์ ด้าน Melo และคณะ (2017) อธิบายว่า เมื่อกรดอินทรีย์เข้าไปในเซลล์ของ *Salmonella* จะไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และ ATP ดังนั้นการใช้ LAB หมัก by-product จากโรงงานชำแหละไก่นั้นมีความเหมาะสมเพราะกระบวนการหมักทำให้ pH ลดลงอยู่ในระดับ 4.0-4.5 ช่วยยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้ (Cai และคณะ, 1994)

สรุปผลการวิจัย

การหมักใส่ไก่สดด้วย *Lactobacillus acidophilus* ระดับความเข้มข้น 1×10^7 CFU/g มีความเหมาะสม ทำให้ได้ไซเลจ ที่มีโปรตีน 34.74% สูงกว่าโปรตีนในไซเลจ ที่หมักด้วยความเข้มข้น 1×10^5 CFU/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการหมักด้วยความเข้มข้น 1×10^9 CFU/g ($p > 0.05$)

และการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น รำละเอียด และกากถั่วเหลือง ผสมกับไซเลจ ที่ได้จากการหมักด้วยกรด เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและนำไปใช้งาน โดยการผสมด้วยรำละเอียดที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50% จะได้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนเพียงพอในการเลี้ยงปลากินพืชได้ และ การผสมกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20, 30, 40 และ 50% จะได้อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนเพียงพอในการเลี้ยงปลาตระกูล catfish ได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนจัดสรรงบประมาณวิจัย รหัสโครงการวิจัย มจ.1-60-062/61-084.2 และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed., Int. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA., 1360 p.
- Ashayerizadeh, O., B. Dastar, F. Samadi, M. Khomeiri, A. Yamchi, S. Zerehdaran. 2017. Study on the chemical and microbial composition and probiotic characteristics of dominant lactic acid bacteria in fermented poultry slaughterhouse waste. **Waste Manage.** 65: 178-185.
- Cai, T., O.C. Pancorb, W.C. Merka, J. Sander, H.M. Barnhart. 1994. Stabilization of poultry processing by products and waste and poultry carcasses through lactic acid fermentation. **J. Appl. Poult. Res.** 3: 17–25.
- Fagbenro, O., K. Jauncey. 1993. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage. **Bioresour. Technol.** 46: 207-211.
- Fagbenro, O.A., O.A. Bello-Olusoi. 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility offermented shrimp head silage. **Food Chem.** 60: 489-493.
- Gaggia, F., P. Mattarelli, B. Biavati. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **Int. J. of Food Microb.** 141: S15–S28.
- Gupta, P., A. Gupta, Monica. 2013. Effect of fish and chicken viscera incorporated diets on growth, feed utilization and body composition of Asian catfish, *Clarias batrachus* fry. **Animl. Nutrit. and Feed Technol.** 13: 195-203.
- Kaviraj, A., K. Mondal, P.K. Mukhopadhyay, G.M. Turchini. 2013. Impact of fermented Mulberry leaf and fish offal in diet formulation of Indian major carp (*Labeo rohita*). **Proc. Zool. Soc.** 66(1): 64-73.
- Kherrati, B., M. Faid, M. Elyachioui, A. Wahmane. 1998. Process for recycling slaughterhouses wastes and by-products by fermentation. **Bioresour. Technol.** 63: 75-79.
- Martinez-Alvarez O., S. Chamorro, A. Brenes. 2015. Protein hydrolysates from animal processing in animal feeding: A review. **Food Res. Inter.** 73: 204-212.
- Melo, A.N.F., G.T. Souza, D. Schaffner, T.C. Moreira de Oliveira, J.F. Maciel, E.L. Souza, M. Magnani. 2017. Changes in thermo-tolerance and survival under simulated gastrointestinal conditions of *Salmonella Enteritidis* PT4 in chicken breast meat after exposure to sequential stresses. **Int. J. of Food Microb.** 251: 15–23.
- Oké, V., H.O. Odountan, Y. Abou. 2016 . Chicken Viscera Meal as a Main Component in Diet for African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) Reared in Earthen Ponds. **J. Food and Nutri. Res.** 4(12): 799-805.

- Ramasubburayan, R., P. Iyapparaj, K.J. Subhashini, M.N. Chandran, A. Palavesam, G. Immanuel. 2013. Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. **Turk. J. Fish Aquat. Sci.** 13: 281-289.
- Reyes-Becerril, M., F. Ascencio-Valle, M.E. Macias, M. Maldonado, M. Rojas, M.A. Esteban. 2012. Effects of marine silages enriched with *Lactobacillus sakei* 5-4 on haemato-immunological and growth response in Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) exposed to *Aeromonas veronii*, **Fish & Shellfish Immunol.** 33: 984-992.
- Russell, N.J., G.W. Gould. 1991. **Factors affecting growth and survival.** pp 13-21. *In* Food Preserv, Russell, N.J., and Gould, G.W., Eds., Blackie, Glasgow, U.K.
- Russell, S.M., D.L. Fletcher, O.C. Pancorbo, W.C. Merka. 1992. Effect of lactic acid fermentation on bacterial pathogens and indicator organisms in broiler processing waste. **Poult. Sci.** 71: 765-770.
- Sakaridis, I., N. Soutos, C.I. Dovas, E. Papavergou, I. Ambrosiadis, P. Koidis. 2012. Lactic acid bacteria from chicken carcasses with inhibitory activity against *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. **Anaerobe** 18: 62-66.
- Seong, P.N., S.H. Cho, K.M. Park, G.H. Kang, B.Y. Park, S.S. Moon, H.V. Ba. 2015. Characterization of Chicken By-products by Mean of Proximate and Nutritional Compositions. **Korean J. for Food Sci. of Animal. Res.** 35(2): 179-188.
- Stoyanova, L.G., E.A. Ustyugova, A.I. Netrusov. 2012. Antibacterial metabolites of lactic acid bacteria: Their diversity and properties. **Appl. Biochem. and Microb.** 48: 229-243.
- Vidotti, R.M., D.J. Cameiro, V. Elizabete. 2002. Growth rate of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fingerlings fed diets containing co-dried fish silage as replacement of fish meal. **J. Appl. Aquacult.** 12: 77-88.

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในงาช้างม่อนที่เพาะเลี้ยง
ร่วมกับ *Pseudomonas aeruginosa*
Study on Content of Phenolic Compound of Perilla Co-cultivated
with *Pseudomonas aeruginosa*

ศรีกาญจนา คล้ายเรือง* นพมณี โทบุญญานนท์ ปวีณา ภูมิสุทธาผล และปิยะนุช เนียมทรัพย์
Srikanjana Klayraung*, Nopmanee Topoonyanon, Paweena Pumisutthapon
and Piyanuch Niamsup

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Program in of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: s.klayraung@gmail.com

บทคัดย่อ

นำเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 ที่แยกได้จากส่วนใบของงาช้างม่อนที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ดี ทั้งส่วนของตะกอนเซลล์และน้ำเลี้ยงเชื้อ มาผสมในอาหารสูตร MS ปริมาณ 5 กรัม/ลิตร และ 5 มล./ลิตร ตามลำดับ เพื่อใช้เพาะเลี้ยงงาช้างม่อน นาน 6 สัปดาห์ นำใบงาช้างม่อนที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่า ใบงาช้างม่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าใบงาช้างม่อนจากแปลงปลูก โดยทั้งอาหารที่เติมเชื้อแบคทีเรียและน้ำเลี้ยง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยประมาณ 23 มิลลิกรัมแกลติกแอซิด/กรัมของใบแห้ง โดยใบงาช้างม่อนที่เพาะเลี้ยงในอาหาร MS ผสมตะกอนเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ ตรวจพบปริมาณ Rosmarinic acid สูงสุด คือ 0.78 มก./กรัมน้ำหนักแห้ง ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถส่งเสริมการผลิตสารประกอบฟีนอลิกในใบงาช้างม่อนได้

คำสำคัญ: งาช้างม่อน สารประกอบฟีนอลิก rosmarinic acid เอนโดไฟท์ *Pseudomonas*

Abstract

Pseudomonas aeruginosa PF2_L1_B4 isolated from leaf of perilla which showed the good antibacterial activities was selected to mix in MS medium in the forms of cell pellets and culture supernatant at the concentrations of 5 g/l and 5 ml/l, respectively. These MS media were used to cultivated perilla plants for six weeks. The perilla leaves from micropropagation were analyzed for the content of total phenolic compound. It was found that total phenolic compound in micropropagated plants were higher than that in wild perilla plant. The average of total phenolic content of dry perilla leaves from MS with cell pellet/culture supernatant was about 23 mg GAE/ g of dry leaves. The perilla leaves cultivated in MS containing bacterial cell pellet showed the highest content of rosmarinic acid at the concentration of 0.73 mg/g of dry leaves. These results suggested that plant micropropagation system can enhance the production of phenolic compounds in perilla leaves.

Keywords: perilla, phenolic compound, rosmarinic acid, endophyte, *Pseudomonas*

คำนำ

ในปัจจุบันผู้คนใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้น มีการเลือกใช้สารผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากกว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่นมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ในแง่ของอาหารให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกษตรอินทรีย์ อาหารเพื่อสุขภาพและเครื่องสำอางจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติก็เช่นกัน ทำให้นักวิจัยต้องมีการสารใหม่ที่จะสามารถสนองความต้องการของผู้บริโภค และใช้ในการรักษาโรคได้ โดยสารจากธรรมชาติเป็นสารที่ได้รับความสนใจ โดยส่วนใหญ่จะมุ่งไปที่พืชเป็นแหล่งสำคัญโดยเฉพาะพืชสมุนไพร ซึ่งสารออกฤทธิ์จากพืชบางครั้งมีการออกฤทธิ์ทางชีวภาพดี แต่พืชผลิตได้น้อย เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านของฤดูกาล อายุพืช และสิ่งแวดล้อม เมื่อจะทำการสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการก็มักมีความยุ่งยาก ในการผลิตระดับการค้าจึงทำได้ยาก จึงมีความพยายามที่จะใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตพืชเข้ามาช่วยในการศึกษาการผลิตสารออกฤทธิ์จากพืช ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ไม่ว่าจะเป็นในอาหารแข็ง อาหารเหลว หรือระบบการเพาะเลี้ยงใน bioreactor ที่มีการพัฒนาขึ้นมาภายหลัง เนื่องจากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสามารถทำได้ง่ายกว่าการผลิตพืชในแปลงปลูก ซึ่งโดยทั่วไปสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสมุนไพรมักจะเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolites ซึ่ง rosmarinic acid เป็นสารประกอบประเภท polyphenol ที่เป็น secondary metabolites ซึ่งพบในพืชวงศ์ Lamiaceae ที่ได้รับความสนใจสามารถสกัดได้ในปริมาณมากจากเมล็ด และใบของงาช้างม่อน (*Perilla*, *Perilla frutescens*) โดยเฉพาะที่สกัดจากใบมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการทั้งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ ต้านการอักเสบ ป้องกันการทำลายผิวหนังของรังสี UV ทำให้ผิวขาว และยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Yamamoto and Ogawa, 2002; Makino *et al.*, 2003; Takano *et al.*, 2004; Moreno *et al.*, 2006; Psotova *et al.*, 2006; Oliveira *et al.* 2013) โดยจากการศึกษาการผลิต rosmarinic acid ในพืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพืชวงศ์ Lamiaceae หรือตระกูลมินท์ (mint) พบว่าการผลิต rosmarinic acid จะสูงขึ้นเมื่อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีการเติมสารที่ทำหน้าที่เป็น elicitors ลงไปเช่น แคลเซียมคลอไรด์ หรือสารสกัดจากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของเชื้อรา และแบคทีเรีย รวมทั้งใช้เชื้อแบคทีเรียสกุล *Pseudomonas* ซึ่งเป็นเอนโดไฟท์จากพืชนั้นๆ หรือพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน ในการเพาะเลี้ยงร่วมเพื่อเป็นตัวคัดกรองพืชที่จะผลิต rosmarinic acid ได้สูง เนื่องจากการผลิตสารในกลุ่ม polyphenol จะมีความสัมพันธ์กับความเครียดที่พืชได้รับ (Rashid *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2011) วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะนำแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากงาช้างม่อน เพื่อนำมาบูรณาการกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อให้ได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกลุ่มของ polyphenol โดยเฉพาะ rosmarinic acid ในปริมาณสูง ได้ใช้ศักยภาพของทรัพยากรชีวภาพที่มีอยู่ในพื้นที่ และอาจนำข้อมูลที่ได้ไปต่อยอดเพื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตะกอนเซลล์ และน้ำเลี้ยงเซลล์ของแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ต้องการทดสอบลงในอาหาร TSB บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที แยกส่วนของตะกอนเซลล์ (cell pellet) และน้ำเลี้ยงเซลล์ (supernatant) นำไปใช้สำหรับเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
2. การศึกษาการเพิ่มปริมาณต้นงาช้างม่อนในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีตะกอนเซลล์ และน้ำเลี้ยงเซลล์

นำชิ้นส่วนข้อซึ่งได้จากต้นกล้วยขี้ม่อนอายุ 4 สัปดาห์ มาศึกษาการเพิ่มปริมาณต้น วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหาร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่มีส่วนผสมต่างกัน 3 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 อาหาร MS (กลุ่มควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 อาหาร MS ผสมตะกอนเซลล์ 5 กรัมต่อลิตร และกรรมวิธีที่ 3 อาหาร MS ผสมน้ำเลี้ยงเซลล์ 5 กรัมต่อลิตร ทำการทดลองกรรมวิธีละ 5 ซ้ำ (ขวด) จำนวน 5 ชิ้นส่วนข้อต่อซ้ำ โดยนำชิ้นส่วนข้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง 3 สูตร ข้างต้น เก็บที่อุณหภูมิ 25°C. ในสภาพมีแสงอีก (ความเข้มแสง 40 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน) บันทึกความยาวของชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้น หลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์

3. การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างใบงาช้างขี้ม่อนเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ rosmarinic acid

นำใบงาช้างขี้ม่อนที่ได้จากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในข้อ 2. และใบงาช้างขี้ม่อนจากแปลงปลูก มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C. นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด นำผงที่ได้ ชั่งน้ำหนัก 0.4 กรัม เติม methanol 10 มล. นำตัวอย่างไปใส่ในเครื่อง sonicator นาน 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no.4 (Babalar et al., 2010) เก็บไว้ที่ 4°C. สำหรับรอการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและ rosmarinic acid

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การตรวจหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยดัดแปลงวิธีการของ Yen and Hsieh (1998) โดยปิเปตส่วนใส ปริมาตร 250 μ l ลงในหลอดทดลอง เติม 95% ethanol 250 μ l และน้ำ deionized water ปริมาตร 1250 μ l จากนั้นเติม 50% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 125 μ l ลงไป แล้วผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ 5 นาที เติม Na₂CO₃ ปริมาตร 250 μ l ลงไป ตั้งไว้ในที่มืดนาน 1 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณปริมาณ gallic acid รายงานผลเป็น GAE (μ g/ml)

5. การวิเคราะห์ปริมาณ rosmarinic acid (López-Arnaldos et al., 1995)

นำสารสกัด methanol ข้างต้น ปริมาตร 40 μ l ทำปฏิกิริยากับ FeSO₄ ความเข้มข้น 0.5 g/l ใน 0.2M acetate buffer ปริมาตร 4 ml บ่มในที่มืดนาน 1 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 572 nm คำนวณปริมาณ rosmarinic acid โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลการวิจัย

จากผลการทดลองเบื้องต้นในส่วนของฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคของเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากงาช้างขี้ม่อน พบว่า มีเพียงเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคที่ทดสอบได้ทุกชนิด และยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคได้อีก 3 ชนิด คือ *Ascomycete* sp. LD01-2, *Aspergillus* L4.1D และ *Fusarium* L5.2A (อานนท์ และคณะ, 2560) จึงเลือก เชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ *P. aeruginosa* PF2_L1_B4 สำหรับเติมลงในอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขี้ม่อนโดยใช้ตะกอนเซลล์ของเชื้อ และน้ำเลี้ยงเซลล์ที่ปราศเซลล์ดังกล่าวซึ่งเพาะเลี้ยงนาน 24 ชั่วโมงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB จากการใช้ชิ้นส่วนยอดงาช้างขี้ม่อนในการทดสอบนาน 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนพืชทั้งหมดรอดชีวิต (Figure 1) โดยอาหารสูตรสำหรับการวัดการยืดยาวของชิ้นส่วน อาหารสูตร MS ผสมน้ำเลี้ยงเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 ปราศจากเซลล์ 5 มล. ต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยการยืดยาวสูงสุด คือ 1.08 ซม. รองลงมาคือ อาหารสูตร MS 0.98 ซม. และสุดท้าย อาหารสูตร MS ผสมตะกอนเซลล์ *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 5 กรัมต่อลิตร มีการยืดยาวเฉลี่ย 0.82 ซม.



Figure 1 Perilla plants in MS medium (A), MS medium containing cell pellet of *P. aeruginosa* PF2_L1_B4 (B) and MS medium containing cell supernatant of *P. aeruginosa* PF2_L1_B4

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และ rosmarinic acid จากการนำชิ้นส่วนใบงาช้างมาสกัดด้วย methanol นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบในใบจากแปลงปลูกมีปริมาณน้อยกว่าจากงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Table 1)

Table 1 Total phenolic compound in perilla leaves from plant tissue culture and wild plants

Source	Treatment	Total phenolic compound* (mg GAE/g dried leaves)
Plant tissue culture	MS medium	23.86±0.42a
	MS medium + cell pellet	23.72±2.24a
	MS medium + cell supernatant	23.65±1.23a
wild plants	Perilla leaves	11.35±0.69b

*Mean±SD of three replicates. Different letters indicate significant difference between treatments using Duncan's multiple range test (P=0.05)

จากการนำมาวิเคราะห์ปริมาณของ rosmarinic acid พบว่า สารสกัดจากชิ้นส่วนพืชที่ได้จากงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และใบงาช้างที่ผลิตปกติ ตรวจพบปริมาณของ rosmarinic acid สูงกว่าเช่นเดียวกัน โดยใบจากอาหาร MS ที่ผสมตะกอนเซลล์มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.78 มิลลิกรัม/กรัมใบแห้ง (Table 2)

Table 2 Content of rosmarinic acid in perilla leaves from plant tissue culture and wild plant

Source	treatment	rosmarinic acid * (mg/g dried leaves)
Plant tissue culture	MS medium	0.76±0.04a
	MS medium + cell pellet	0.78 0.03a
	MS medium + cell supernatant	0.75±0.08a
wild plants	Perilla leaves	0.61±0.06b

*Mean±SD of three replicates. Different letters indicate significant difference between treatments using Duncan's multiple range test (P=0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต rosmarinic acid ในพืชชนิดอื่นที่เพาะเลี้ยงด้วยเนื้อพืช เช่นงานของ Eguchi *et al.* (1996) ได้ใช้เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. ในการกระตุ้นการผลิต rosmarinic acid และสารประกอบฟีนอลิกของแคลลัสของ oregano พบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างการทนทานต่อเชื้อแบคทีเรีย กับปริมาณของ rosmarinic acid ที่ผลิตได้ ในขณะที่ Al-Amier *et al.* (1999) ได้ใช้ *Pseudomonas mucidolens* ATCC 4685 ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ลดอาการฉ่ำน้ำของพืชที่มีการศึกษาใน oregano มาใช้ในการคัดเลือกกลาเวนเดอร์ที่มีการผลิต rosmarinic acid ได้สูงในอาหาร MS medium แต่มีการปลูกเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวก่อนการย้ายชิ้นส่วนพืชลงอาหารเพาะเลี้ยงใหม่ ซึ่งผลทำให้พืชมีการผลิต rosmarinic acid ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

Rashid *et al.* (2011) ได้ศึกษาการผลิต rosmarinic acid จาก rosemary (*Rosmarinus officinallis* L.) จากใบ และแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหาร MS medium เช่นกันโดยมีการเติมสารกระตุ้นได้แก่ Calcium chloride (CaCl₂) น้ำเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium oxysporum* และน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* พบว่าการเติมสารเหล่านี้ลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชส่งผลให้มีปริมาณของ RA ที่ตรวจพบในสารสกัดจากแคลลัส (3.2-4.5 µg/ml) สูงกว่าแคลลัสที่ได้จากอาหารที่ไม่ได้เติม (3.7 µg/ml) รวมทั้งในใบ (3.3 µg/ml) จากการรวบรวมข้อมูลการส่งเสริมการผลิต secondary metabolites ของพืชที่ผลิตในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยการทำให้พืชอยู่ในความเครียดโดยการเติมสาร elicitors ของ Sharma *et al.* (2011) พบว่า elicitors สำหรับการผลิต rosmarinic acid ใน *Ocimum basilicum* และ *Coleus blumei* คือ เชื้อรา *Aspergillus niger* และสารสกัดจากยีสต์ตามลำดับ สำหรับเชื้อแบคทีเรียอย่างเช่น *Pseudomonas* และ *Enterobacter* จะเป็น elicitors สำหรับการผลิตสารในกลุ่มของ alkaloids ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนงาขี้ม่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่างาขี้ม่อนที่ได้จากแปลงปลูก และใบงาขี้ม่อนที่ผิปกตินั้นมีปริมาณสารสูงกว่าใบงาขี้ม่อนที่ปกติ อีกทั้งการตรวจ rosmarinic acid ด้วย TLC ซึ่งพบเฉพาะใบงาขี้ม่อนที่ผิปกติ จึงน่าจะสอดคล้องกับข้อมูลที่ว่าช่วงต้นงาขี้ม่อนเมื่อพืชเกิดความเครียดจะมีการสร้างสาร secondary metabolites ซึ่งหมายรวมถึงสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของใบงาช้างที่ได้อาจมาจากงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 23 mg GAE/g น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังตรวจพบ rosmarinic acid ในส่วนของใบ โดยใบงาช้างที่เพาะเลี้ยงในอาหาร MS ผสม ตะกอนเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Pseudomonas aeruginosa* PF2_L1_B4 ตรวจพบปริมาณ rosmarinic acid สูงสุด คือ 0.78 mg/g น้ำหนักแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย (มจ.1-58-032 และ มจ.1-61-082)

เอกสารอ้างอิง

- อานนท์ ฤกษ์งาม กัตถุชลี เดชอุป ปิยะนุช เนียมทรัพย์ นพมณี โทปัญญา นนท์ ปวีณา ภูมิสุทธาผล และ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2560. การแยกเชื้อแบคทีเรียจากงาช้างและการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. น. 131-138. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพหุสภคณาจารย์ ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ.2560 23-24 มีนาคม 2560. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพหุสภคณาจารย์.
- Al-Ameir, H., B.M.M. Mansour, N. Toaima, R.A. Korus. and K. Shetty. 1999. Tissue culture based screening for selection of high biomass and phenolic producing clonal lines of lavender using *Pseudomonas* and azetidine-2-carboxylate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 47(7): 2937-2943.
- Babalar, M., H. Mumivand, J. Hadian. and S.M.F. Tabatabaei. 2010. Effect of nitrogen and calcium carbonate on growth, rosmarinic acid content and yield of *Satureja hortensis* L. **Journal of Agricultural Science** 2(3): 92-98.
- Eguchi, Y., O.F. Curtis. and K. Shetty. 1996. Interaction of hyperhydricity-preventing *Pseudomonas* sp. with oregano (*Origanum vulgare*) and selection of high phenolics and rosmarinic acid-producing clonal lines. **Food Biotechnology** 10(3): 191-202.
- López-Arnaldos, T., M. López-Serrano, A. Ros Barcelo, A.A. Calderon. and J.M. Zapata. 1995. Spectrophotometric determination of rosmarinic acid in plant cell cultures by complexation with Fe²⁺ ions. **Journal of Analytical Chemistry** 351(2): 311-314.
- Makino, T., Y. Furuta, H. Wakushima, H. Fujii, K. Saito. and Y. Kano. 2003. Anti-allergic effect of *Perilla frutescens* and its active constituents. **Phytotherapy Research**. 17(3): 240-243.

- Moreno, S., T. Scheyer, C.S. Romano. and A.A. Vojnov. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. **Free Radical Research** 40(2): 223-231.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum** 15: 473-497.
- Oliveira, K.B., A.M. Palú, Weffort-Santos and B.H. Oliveira. 2013. Influence of rosmarinic acid and *Salvia officinalis* extracts on melanogenesis of B6F10 cells. **Brazilian Journal of Pharmacognosy** 23: 249-258.
- Psotova, J., A. Svobodova, H. Kolarova. and D. Walterova. 2006. Photoprotective properties of *Prunella vulgaris* and rosmarinic acid on human keratinocytes. **Journal of Phytochemistry and Photobiology B: Biology** 84(3): 167-174.
- Rashid, K.I., K.M. Ibrahim and S.J. Hamza. 2011. Effect of some biotic and abiotic elicitors on phenolic acids and diterpenes production from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaf and callus analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). **Journal of Al-Nahrain University** 11(3): 104-109.
- Sharma, M., A. Sharma, A. Kumar and S.K. Basu. 2011. Enhancement of secondary metabolites in cultured plant cells through stress stimulus. **American Journal of Plant Physiology** 6(2): 50-71.
- Takano, H., N. Osakabe, C. Sanbongi, R. Yanagisawa, K. Inoue, A. Yasuda, M. Natsume, S. Baba, E. Ichiishi and T. Yoshigawa. 2004. Extract of *Perilla frutescens* enriched for rosmarinic acid, a polyphenolic phytochemical, inhibits seasonal allergic rhinoconjunctivitis in humans. **Experimental Biology and Medicine** 229(3): 247-254.
- Yamamoto, H. and T. Ogawa. 2002. Antimicrobial activity of perilla seed polyphenols against oral pathogenic bacteria. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry** 66(4): 921-924.
- Yen, G. C. and C.L. Hsieh. 1998. Antioxidant activity of extracts from Du-zhong (*Eucommia ulmoides*) towards various lipid peroxidation models *in vitro*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 46(10): 3952-3957.

การสังเคราะห์และดัดแปลงพื้นผิวอนุภาคแมกนีไทต์ขนาดนาโน
และการประยุกต์ใช้ในการกำจัดตะกั่ว
Synthesis and Surface Modification of Magnetite Nanoparticles
and the Application for Lead (Pb²⁺) Removal

ปรีชา กลิกรรณไพบุลย์* ภาณุวัฒน์ สาบวช และอุไรวรรณ ขุนจันทร์
Preecha Kasikamphaiboon*, Panuwat Sabuach and Uraiwan Khunjan

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, Thailand 94000

*Corresponding author: preecha.kas@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคขนาดนาโนของเหล็กออกไซด์ (แมกนีไทต์) ที่มีสมบัติแม่เหล็กและดัดแปลงพื้นผิวด้วยสารประกอบเอมีน (MIONPs-NH₂) และนำไปใช้ในการดูดซับตะกั่ว (Pb²⁺) ในสารละลาย โดยศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว ตลอดจนศึกษาประสิทธิภาพของการคายซับตะกั่วของวัสดุที่สังเคราะห์ได้ดังกล่าว จากผลการศึกษาพบว่า วัสดุที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเฉลี่ย 60.5 นาโนเมตร และสามารถกำจัดตะกั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการดูดซับโลหะตะกั่วเกิดขึ้นโดยหมู่เอมีนที่อยู่บนพื้นผิวของตัวดูดซับ และพบว่า ค่า pH ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วและเวลาสัมผัส มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ นอกจากนี้จากผลการทดลองการศึกษาคายซับตะกั่วแสดงให้เห็นว่า MIONPs-NH₂ มีประสิทธิภาพการคายซับตะกั่วสูง ดังนั้นจึงทำให้สามารถนำ MIONPs-NH₂ กลับมาใช้ซ้ำในการดูดซับตะกั่วได้ ผลจากการศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์ในการนำ MIONPs-NH₂ ที่สังเคราะห์ได้ไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะตะกั่วต่อไป

คำสำคัญ: แมกนีไทต์ ตะกั่ว ประสิทธิภาพการดูดซับ

Abstract

In this study, amine-modified magnetic iron oxide nanoparticles (MIONPs-NH₂) which exhibit magnetic properties were synthesized and used for lead (Pb²⁺) adsorption from solutions. Adsorption operating parameters were studied for the optimum conditions and the Pb²⁺ desorption test of MIONPs-NH₂ was carried out. It was found that the average particle size of the synthesized samples was 60.5 nm and they could effectively remove Pb²⁺ from solutions. The Pb²⁺ adsorption took place via the complexation of amino groups on MIONPs surface. The results showed that pH, Pb²⁺ initial concentration and contact time had a significant effect on the adsorption efficiency. Moreover, the desorption study showed that MIONPs-NH₂ had a high Pb²⁺ desorption efficiency, indicating that the MIONPs-NH₂ can be reused for Pb²⁺ adsorption. The results in this study are useful for the application of MIONPs-NH₂ in Pb²⁺-contaminated wastewater treatment.

Keywords: magnetite, lead, adsorption efficiency

คำนำ

ตะกั่วเป็นธาตุโลหะทรานสิชัน มีเลขออกซิเดชัน +2 และ +4 มีจุดหลอมเหลวต่ำ สามารถขยายตัวได้มากเมื่อได้รับความร้อน มีความอ่อนตัวง่าย และสามารถพิมพ์แบบออกมาเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ดี ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถผสมกับโลหะต่างๆ เกิดเป็นโลหะผสม (alloys) ได้หลายชนิด ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยโลหะตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วทั้งในดิน น้ำ และอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งน้ำ (Fu and Wang, 2011; Burakov *et al.*, 2018) ซึ่งหากไม่มีวิธีการกำจัดที่มีประสิทธิภาพก็จะส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบริเวณแหล่งน้ำรวมไปถึงตัวมนุษย์เองด้วย ซึ่งตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ.2559 ได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มีปริมาณตะกั่วในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.2 มก./ล.

วิธีการกำจัดตะกั่วมีหลายวิธี การดูดซับนับว่าเป็นวิธีหนึ่งที่มีความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง (Gupta and Bhattacharyya, 2008) วัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากชนิดหนึ่งคือ แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) หรือ magnetic iron oxide nanoparticles (MIONPs) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับสูง และด้วยสมบัติความเป็นแม่เหล็กของแมกนีไทต์จึงทำให้เกิดความสะดวกในการแยกกลับคืน (magnetic recoverability) มาจากสารละลายที่ผ่านการบำบัด (Pastora *et al.*, 2014) นอกจากนี้ ได้มีรายงานการวิจัยที่มีการดัดแปลงพื้นผิวของแมกนีไทต์ด้วยสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ ทำให้มีความจำเพาะในการดูดซับโลหะที่มีประจุบวกได้ดีมากยิ่งขึ้น (Tang *et al.*, 2013) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสังเคราะห์แมกนีไทต์และการดัดแปลงพื้นผิวด้วยสารประกอบเอมีน (MIONPs-NH₂) และการประยุกต์ใช้ในการดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) จากสารละลาย เนื่องจากแมกนีไทต์มีอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโน มีพื้นที่ผิวสูง ทำให้เกิดการกระจายตัวของสารประกอบเอมีนที่ทำหน้าที่ในการดูดซับตะกั่วได้ดี นอกจากนี้ คุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กของแมกนีไทต์ทำให้สามารถแยกแมกนีไทต์ออกจากสารละลายภายหลังจากสิ้นสุดกระบวนการดูดซับได้ง่ายโดยใช้แม่เหล็กภายนอกดูดออกมา ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและทำให้เกิดความสะดวกในการนำตัวดูดซับกลับมาใช้ซ้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสังเคราะห์อนุภาคแมกนีไทต์ขนาดนาโน (MIONPs)

การสังเคราะห์อนุภาคแมกนีไทต์ (MIONPs) ในงานวิจัยนี้ดัดแปลงจากวิธีของ Iconaru *et al.* (2016) โดยการตกตะกอนร่วมของ 0.1 โมล $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (27.04 กรัม) ละลายด้วย 2 โมลาร์ HCl 60 มล. กับ 0.05 โมล $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ (13.91 กรัม) ละลายด้วย 2 โมลาร์ HCl 50 มล. ผสมกันในบีกเกอร์ และเติม 200 มล. NaOH (5 โมลาร์) กวนผสมเป็นเวลา 1 ชม. จะได้ตะกอนสีดำของแมกนีไทต์ หลังจากนั้น ล้างแมกนีไทต์ด้วยน้ำกลั่น จนกระทั่ง pH เป็นกลาง แล้วนำไปทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 50°C. เป็นเวลา 24 ชม.

2. การดัดแปลงพื้นผิวแมกนีไทต์

ชั่งแมกนีไทต์ปริมาณ 5 กรัม เติมลงในสารละลายที่มี 3-aminopropyltriethoxysilane (3-APTES) ความเข้มข้น 1% (w/v) (ในน้ำกลั่น) ปริมาตร 100 มล. หลังจากนั้นนำสารผสมไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา

1 ชม. หลังจากนั้น ล้างแมกนีไทต์ด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง และนำไปอบที่ 80°C. เป็นเวลา 6 ชม. ซึ่งจะได้แมกนีไทต์ที่ผ่านการดัดแปลงพื้นผิว (MIONPs-NH₂)

3. การศึกษาลักษณะของแมกนีไทต์ที่เตรียมได้

- ศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM)
- ศึกษาความเป็นผลึกด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)
- ศึกษาโครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

4. การศึกษาผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

เตรียมสารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มก./ล. ปริมาตร 50 มล. ที่ pH ของตะกั่ว 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 เติมแมกนีไทต์ที่ผ่านการดัดแปลงพื้นผิว (MIONPs-NH₂) ปริมาณ 2 ก./ล. ลงในสารละลายตะกั่ว นำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชม. แยกแมกนีไทต์ออกด้วยแม่เหล็ก แล้วนำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปวัดปริมาณตะกั่วที่เหลือด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วตั้งสมการที่ (1) และเลือกค่า pH ที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

$$Pb^{2+} \text{ removal (\%)} = [(C_0 - C_t) / C_0] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ C_0 คือ ความเข้มข้นของ Pb^{2+} ก่อนการบำบัด (มก./ล.)

C_t คือ ความเข้มข้นของ Pb^{2+} หลังการบำบัด (มก./ล.)

5. การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด

เตรียมสารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 มก./ล. ที่ pH ที่เหมาะสมที่เลือกได้จากข้อ 4 เติม MIONPs-NH₂ 2 ก./ล. แล้วนำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชม. แยก MIONPs-NH₂ ออกด้วยแม่เหล็ก แล้วนำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปวัดปริมาณตะกั่วที่เหลือและคำนวณประสิทธิภาพการกำจัด

6. การศึกษาผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

เตรียมสารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มก./ล. ที่ pH ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 4 เติม MIONPs-NH₂ 2 ก./ล. แล้วนำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างสารละลายที่เวลา 0, 2, 5, 10, 20, 40, 60 และ 120 นาที แล้วนำมาแยก MIONPs-NH₂ ออกด้วยแม่เหล็ก นำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปวัดปริมาณตะกั่วที่เหลือและคำนวณประสิทธิภาพการกำจัด

7. การศึกษาผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการคายซับ (Desorption)

นำ MIONPs-NH₂ ที่ผ่านการดูดซับตะกั่วจนอิ่มตัวมา 1 กรัม เติมลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.01 โมลาร์ ปริมาตร 100 มล. นำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างสารละลายมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่วที่ละลายออกจาก MIONPs-NH₂ ที่เวลา 2, 5, 10, 20 และ 30 นาที นำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการคายซับต่อไป

ผลการวิจัย

1. ลักษณะของแมกนีไทต์ที่สังเคราะห์ได้

Figure 1 แสดงภาพถ่าย SEM ของแมกนีไทต์ (MIONPs) ที่สังเคราะห์ได้ที่กำลังขยาย 50000 เท่า โดยพบว่าแมกนีไทต์ที่สังเคราะห์ได้มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 48-79 นาโนเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.5 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าอนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร จึงสามารถยืนยันได้ว่า แมกนีไทต์ที่สังเคราะห์ได้มีขนาดอนุภาคอยู่ในระดับนาโน Figure 2 แสดง XRD pattern ของตัวอย่างที่สังเคราะห์ได้ (เส้นสีดำ) เปรียบเทียบกับ XRD pattern ของแมกนีไทต์จากฐานข้อมูล (เส้นสีแดง) จะเห็นได้ว่า XRD pattern ของตัวอย่างจะปรากฏพีกหลักที่มุม 2 theta เท่ากับ 18.33, 30.18, 35.53, 43.18, 57.08 และ 62.73 องศา ซึ่งตรงกับพีกหลักของแมกนีไทต์จากฐานข้อมูล (ICSD-84611) จึงสามารถยืนยันได้ว่าตัวอย่างที่สังเคราะห์ได้ประกอบด้วยแมกนีไทต์เป็นหลัก

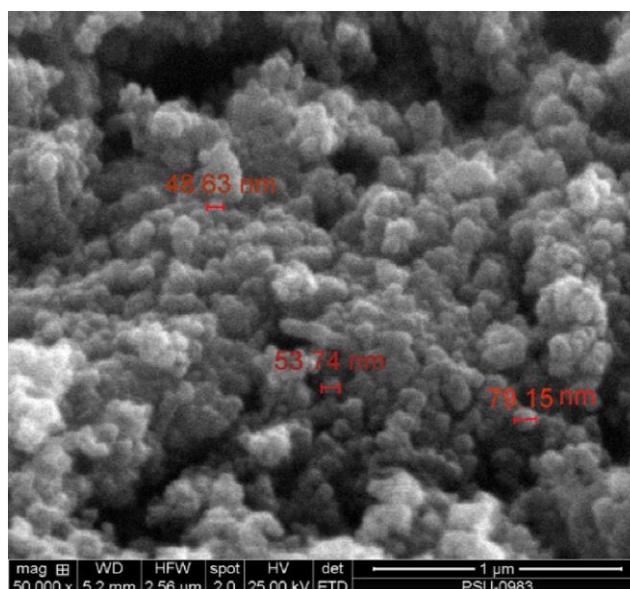


Figure 1 SEM image of the unmodified MIONPs

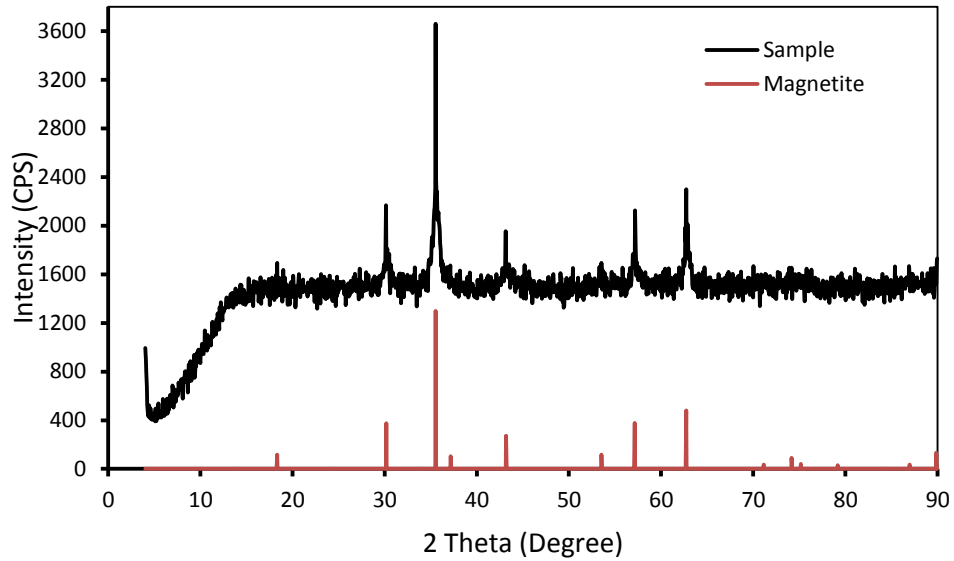


Figure 2 XRD pattern of the unmodified MIONPs

2. ผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

จากการศึกษาผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของ MIONPs-NH₂ ในสารละลายตะกั่วที่ pH 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ที่ระยะเวลา 1 ชม. พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วของ MIONPs-NH₂ มีค่าเท่ากับ 58.29, 64.19, 67.53 และ 72.81% ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ pH 5.5 ให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงสุด ดังนั้น จึงเลือกค่า pH ดังกล่าวไปใช้ในการทดลองต่อไป

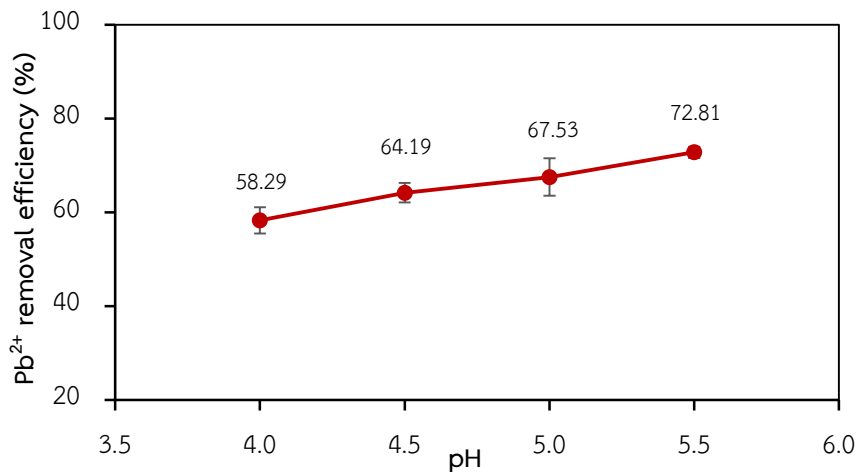


Figure 3 Effect of pH on Pb²⁺ removal efficiency

3. ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด

Figure 4 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 50 และ 100 มก./ล. ที่ระยะเวลา 1 ชม. ของ MIONPs-NH₂ พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเท่ากับ 95.75, 95.41, 86.70, 72.81 และ 30.72% ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้นมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับมีค่าลดลง โดยเมื่อความเข้มข้นเพิ่มจาก 10 ไปเป็น 100 มก./ล. ประสิทธิภาพการดูดซับลดลงจาก 95.75 ไปเป็น 30.72%

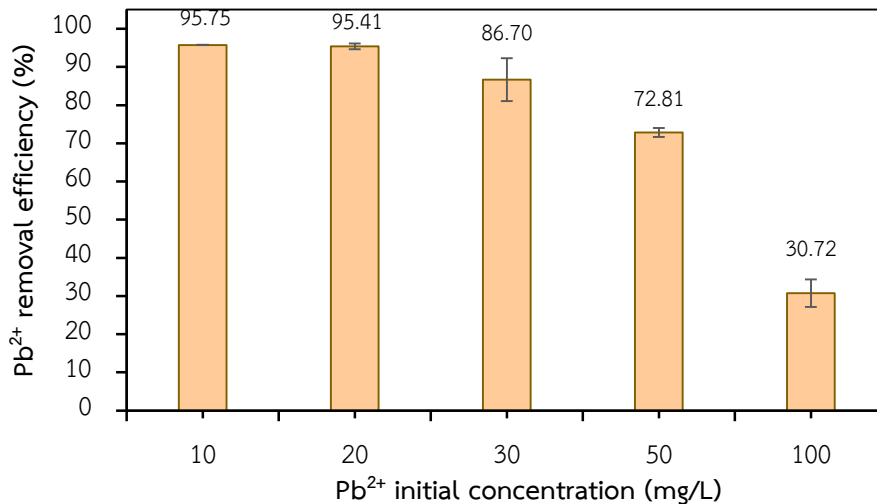


Figure 4 Effect of Pb²⁺ initial concentration on removal efficiency

4. ผลของเวลาสัมผัส (contact time) ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

Figure 5 แสดงผลของเวลาสัมผัส (contact time) ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วของ MIONPs-NH₂ ที่ระยะเวลา 0, 2, 5, 10, 20, 40, 60 และ 120 นาที ที่ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น 20 และ 50 มก./ล. พบว่า ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว 20 มก./ล. จะใช้ระยะเวลาในการกำจัดสั้นกว่าตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มก./ล. โดยประสิทธิภาพการกำจัดจะเข้าสู่สมดุลและคงที่ที่ระยะเวลา 60 นาที เป็นต้นไป ในขณะที่ตะกั่วที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มก./ล. ยังคงต้องใช้ระยะเวลาในการกำจัดที่มากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณของตะกั่วที่มากกว่า

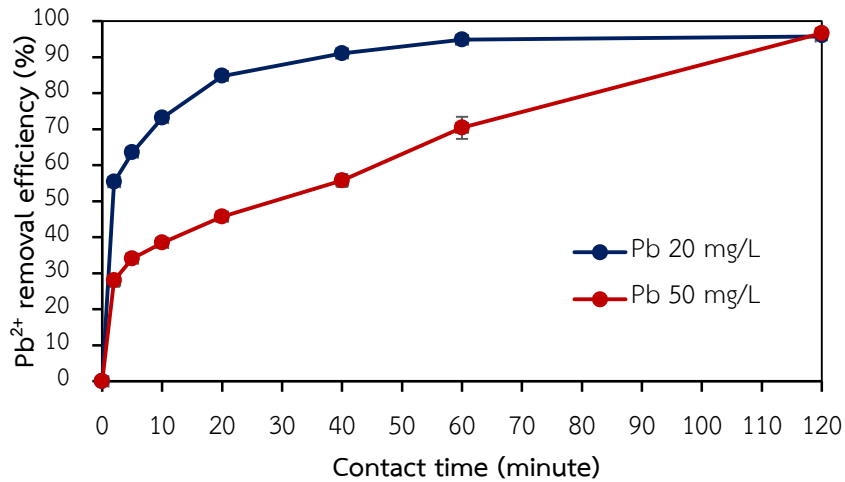


Figure 5 Effect of contact time on Pb²⁺ removal efficiency

5. ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแมกนีไทต์ขนาดนาโน

จากการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของตัวอย่างแมกนีไทต์ก่อนดัดแปลง (MIONPs) และหลังการดัดแปลงพื้นผิวด้วยสารประกอบเอมีน (MIONPs-NH₂) และตัวอย่างแมกนีไทต์หลังการดูดซับตะกั่ว (MIONPs-NH₂@Pb²⁺) โดยใช้เทคนิค FT-IR แสดงผลดัง Figure 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า แมกนีไทต์ก่อนและหลังการดัดแปลงพื้นผิวด้วยเอมีนและแมกนีไทต์หลังการดูดซับตะกั่วจะปรากฏพีกที่เลขคลื่น 548 cm⁻¹ ของ Fe₃O₄ ทั้งสามตัวอย่าง และพบว่า แมกนีไทต์หลังการดัดแปลงพื้นผิวด้วยเอมีน (MIONPs-NH₂) และแมกนีไทต์หลังการดูดซับตะกั่ว (MIONPs-NH₂@Pb²⁺) จะปรากฏพีกที่ 1517 cm⁻¹ ของกลุ่มเอมีน (-NH₂) อีกทั้งยังปรากฏพีกที่เลขคลื่นช่วง 898-990 cm⁻¹ ซึ่งเป็นผลมาจาก Si-O ที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งในสารประกอบ 3-APTES จึงแสดงให้เห็นว่า 3-APTES ได้ถูกตรึงอยู่บนพื้นผิวของแมกนีไทต์

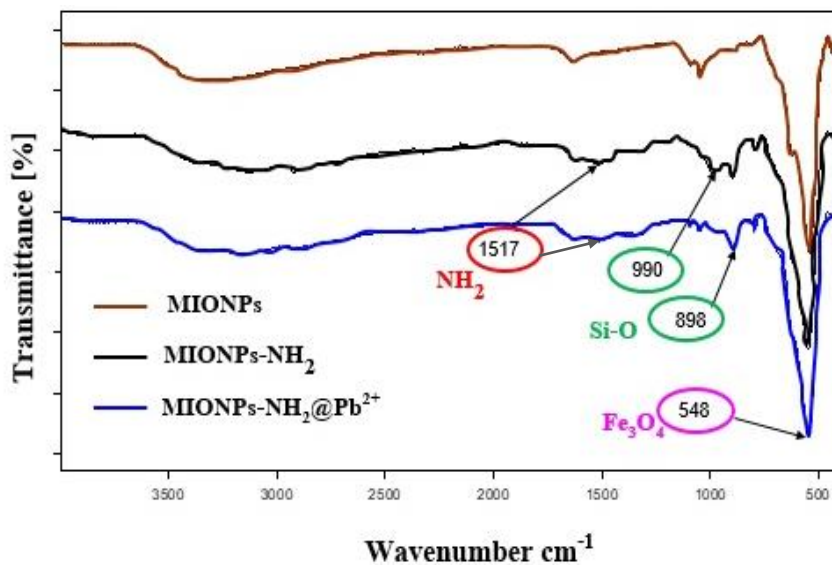


Figure 6 FT-IR spectra of the magnetite samples

6. การศึกษาผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการคายซับตะกั่ว (Desorption)

จากการศึกษาผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการคายซับตะกั่ว พบว่า ประสิทธิภาพการคายซับตะกั่วของ MIONPs-NH₂ ที่ระยะเวลา 2, 5, 10, 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 80.96, 84.47, 89.18, 99.72 และ 99.78% ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 7 โดยพบว่า ประสิทธิภาพการคายซับตะกั่วจะเข้าสู่สมดุลและคงที่ที่ระยะเวลา 20 นาที เป็นต้นไป โดยจะเห็นว่าปริมาณของตะกั่วที่ถูกคายซับออกมาสูงถึง 99.78% แสดงให้เห็นว่า MIONPs-NH₂ ที่ผ่าน คายซับสามารถนำกลับมาใช้ดูดซับตะกั่วซ้ำได้

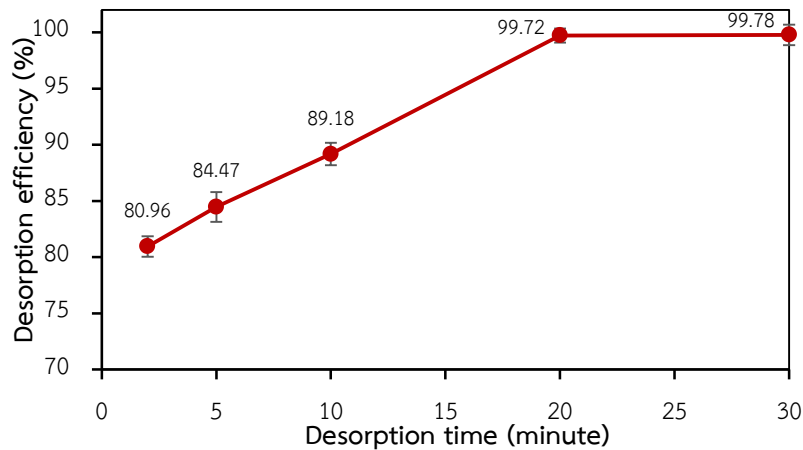


Figure 7 effect of time on Pb²⁺ desorption efficiency

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาผลของ pH ที่มีต่อประสิทธิภาพดูดซับตะกั่วใน Figure 3 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ pH ของสารละลายตะกั่วมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายกลไกการดูดซับได้ดังแสดงใน Figure 8 โดยที่ M²⁺ แทน ไอออนโลหะประจุ 2+ ซึ่งในที่นี้คือ Pb²⁺ การดูดซับจะเกิดบนพื้นผิวของ MIONPs-NH₂ ซึ่งจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างโลหะหนักประจุ 2+ กับ H⁺ โดยโลหะประจุ 2+ ที่มีความจำเพาะมากกว่าจะเข้าไปแลกเปลี่ยนกับ H⁺ ที่จับอยู่กับหมู่อะมิโนบนพื้นผิวของ MIONPs-NH₂ และมีการปลดปล่อย H⁺ ออกสู่สารละลาย ดังนั้น ในสารละลายตะกั่วที่มี pH ต่ำ H⁺ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงจะทำให้การเข้าแทนที่ของไอออนบวกของโลหะบนหมู่อะมิโนเกิดขึ้นได้ยาก มีผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับโลหะลดลง (Lin *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปรับ pH ของสารละลายให้สูงกว่า 5.5 จะทำให้ตะกั่วตกตะกอนในรูปของสารประกอบ Pb(OH)₂ ก่อนที่จะมีการเติมตัวดูดซับ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือก pH 5.5 เป็นค่าที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วโดยใช้ MIONPs-NH₂

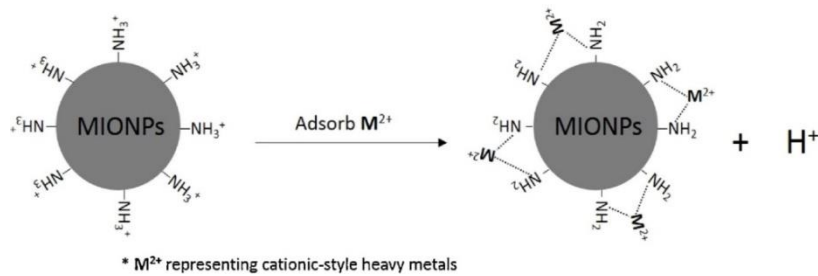


Figure 8 Reaction scheme of metal cation adsorption on MIONPs-NH₂

สรุปผลการวิจัย

แมกนีไทต์ที่สังเคราะห์ได้มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตรและประกอบด้วยแมกนีไทต์เป็นหลัก แมกนีไทต์ที่ผ่านดัดแปลงพื้นผิวด้วยสารประกอบเอมีน (MIONPs-NH₂) มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับตะกั่ว โดย pH ของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสมในการดูดซับ คือ 5.5 เวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการดูดซับตะกั่วที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. คือ 60 นาที ประสิทธิภาพการคายซับตะกั่วของ MIONPs-NH₂ มีค่ามากกว่า 99% แสดงให้เห็นว่า MIONPs-NH₂ สามารถนำกลับมาใช้ดูดซับตะกั่วซ้ำได้ ดังนั้น MIONPs-NH₂ จึงเป็นวัสดุทางเลือกที่มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนสารเคมีและอุปกรณ์ในการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Burakov, A.E., E.V. Galunin, I.V. Burakova, A.E. Kucherova, S. Agarwal, A.G. Tkachev. and V.K. Gupta. 2018. Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materials for wastewater treatment purposes: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 148: 702-712.
- Fu, F.L. and Q. Wang. 2011. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. **Journal of Environmental Management** 92: 407-418.
- Gupta, S.S. and K.G. Bhattacharyya. 2008. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review. **Advances in Colloid and Interface Science** 140: 114-131.

- Iconaru, L.S., R. Guégan, C. Liana Popa, M. Motelica-Heino, C. Steluta Ciobanu. and D. Predoi. 2016. Magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles as adsorbents for As and Cu removal. **Applied Clay Science** 134: 128-135.
- Lin, S., L. Liu, Y. Yang. and K. Lin. 2017. Study on preferential adsorption of cationic-style heavy metals using amine-functionalized magnetic iron oxide nanoparticles (MIONPs-NH₂) as efficient adsorbents. **Applied Surface Science** 407: 29-35.
- Pastora, J.G., E. Bringas. and I. Ortiz. 2014. Recent progress and future challenges on the use of high performance magnetic nano-adsorbents in environmental applications. **Chemical Engineering Journal** 256: 187-204.
- Tang, Y.L., S. Liang, J.T. Wang, S.L. Yu and Y.L. Wang. 2013. Amino-functionalized core-shell magnetic mesoporous composite microspheres for Pb(II) and Cd(II) removal. **Journal of Environmental Sciences** 25: 830-837.

การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นเพื่อการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ
Activated Carbon Production from Natural Materials
for Volatile Organic Compounds Adsorption

กุลวรรณ โสรัจจ์

Kunlawan Sorach

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

Environmental Science Program, Faculty of Science, Ubonratchathani Rajabhat University Ubonratchathani, Thailand 34000

*Corresponding author: kunlawan.s@ubru.ac.th

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น เพื่อนำไปใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ โดยนำวัสดุที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย กากกาแฟ ไยมะพร้าว และไม้ไผ่ มาเผาให้เป็นถ่านที่ 400°C. จากนั้นกระตุ้นด้วยเคมี ได้แก่ เกลือ NaCl กรด H₃PO₄ และเบส NaOH จากนั้นนำไปกระตุ้นด้วยการเผาที่ 600°C. นาน 2 ชั่วโมง และไมโครเวฟ 800 วัตต์ 60 วินาที ผลการทดลองพบว่า ปริมาณถ่าน Charcoal สูงที่สุด คือ ไม้ไผ่และแกลบ การทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเมทิลีนบลูสูงที่สุดในชานอ้อย สภาวะการกระตุ้นด้วย H₃PO₄ และ NaOH และไม้ไผ่ กระตุ้นด้วย NaOH และเผาที่ 600°C. การดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมโดยการกระตุ้นทางเคมีและการเผา มีค่าสูงกว่าการกระตุ้นด้วยเคมีร่วมกับไมโครเวฟในวัสดุทุกชนิดยกเว้นไม้ไผ่ สำหรับการทดสอบการดูดซับคลอโรฟอร์ม พบว่าไม้ไผ่ที่กระตุ้นด้วย H₃PO₄ และเผาที่ 600°C. สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้สูงสุดที่ 6151.10 ppb/g รองลงมา ได้แก่ แกลบ กระตุ้นด้วย H₃PO₄ และเผาที่ 600°C. ชานอ้อย กระตุ้นด้วย NaOH และเผาที่ 600°C. กากกาแฟกระตุ้นด้วย NaCl และเผาที่ 600°C. สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้ 5,985.30, 4,424.95, 2,562.65 ppb/g ตามลำดับ และแกลบกระตุ้นด้วย NaCl และไมโครเวฟ สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้ต่ำที่สุด คือ 25.70 ppb/g สรุปได้ว่า การเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยการกระตุ้นทางเคมีและนำไปเผาที่ 600°C. สำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากแกลบ ชานอ้อย กากกาแฟ ไยมะพร้าว และไม้ไผ่ มากกว่าการกระตุ้นทางเคมีร่วมกับไมโครเวฟ

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ วัสดุธรรมชาติ สารอินทรีย์ระเหยง่าย การดูดซับ

Abstract

The objectives of this study was to prepare activated carbon from different natural materials; rice shive, bagasse, coffee ground, coconut fiber and bamboo. Natural materials were carbonized at 400°C, and separated to activate with 1M NaCl, 1M H₃PO₄, 1M NaOH, after that perform 600°C pyrolysis 2 h, and 800 watt, 60 second microwave activation. The result showed that

charcoal from bamboo, and rice shive was high. Methylene blue absorption were the highest in bagasse activated with H_3PO_4 , NaOH ($600^\circ C$) activation, and bamboo with ($600^\circ C$) activation. Most activated charcoals with chemical and $60^\circ C$ pyrolysis activation were showed higher iodine absorption than in microwave activation, except bamboo. Chlorinated Volatile Organic Compounds adsorption was using chloroform determine: the highest chloroform absorption was bamboo with H_3PO_4 ($600^\circ C$) activation showed 6151.10 ppb/g, bagasse H_3PO_4 ($600^\circ C$), bagasse, NaOH ($600^\circ C$), coffee ground, NaCl ($600^\circ C$) activation were 5,985.30, 4,424.95, 2,562.65 ppb/g, and the lowest was rice shive, NaCl (microwave). This was summarized that chemical activation with $600^\circ C$ ได้ more effective for preparing activated charcoal than chemical with microwave activation.

Keywords: activated carbon, natural material, VOCs, adsorption

คำนำ

ถ่านกัมมันต์ (activated carbon หรือ activated charcoal) เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอนที่ได้มาจากถ่าน สามารถดูดซับสารต่างๆได้ดี เพราะมีพื้นผิวสูง ภายในมีรูขนาดเล็กจำนวนมากจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีเมื่อใช้สารเคมีปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์มีวิธีการผลิต 2 วิธี คือ การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) โดยส่วนใหญ่จะใช้กรดผสมเข้ากับวัสดุเริ่มต้นเพื่อกัดกร่อนสิ่งสกปรก (Cauterization) ออกจากรูเล็กๆ เหล่านั้นและ การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (Steam activation) วัสดุที่ทำจากคาร์บอนจะถูกผสมกับไอน้ำหรือก๊าซที่อุณหภูมิสูงเพื่อกระตุ้นสามารถใช้เป็นวัสดุคาร์บอนหลายชนิดเป็นวัสดุเริ่มต้น เช่น กะลามะพร้าว ไม้ ถ่านกัมมันต์นำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การสกัดทองคำ การทำให้ไนโตรสุทธ์ การบำบัดน้ำเสีย การกรองอากาศ การกำจัดสี เป็นต้น และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (regeneration) โดยการใช้ความร้อน ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้ในกระบวนการทาง การเกษตรมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อทดแทนการผลิตจากอุตสาหกรรม ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทาง การเกษตรและลดต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ที่ต้องการใช้ประโยชน์อีกด้วย ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่พบในแต่ละพื้นที่ เช่น เปลือกถั่วพีแคน อัลมอนต์ (Bannode *et al.*, 2003) แพล็กและฝ้าย (Klasson *et al.*, 2009) เปลือกผล *Jatropha curcas* (Hsu *et al.*, 2014) เป็นต้น รวมถึงประเทศไทยที่เป็นประเทศทางเกษตรกรรมมีวัตถุดิบมากมายที่สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ก้านทะเลลายปาล์มน้ำมัน แกลบ ชังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกยางพารา (ยุวรัตน์ และ ชนิษฐา, 2556)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds, VOCs) เป็นมลพิษทางอากาศที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นสารพิษที่ก่ออันตรายต่อสุขภาพได้ตั้งแต่การก่อความระคายเคือง มีผลกระทบต่อระบบประสาท, ระบบภูมิคุ้มกัน และเป็นสารก่อมะเร็ง มนุษย์สามารถได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่ายนี้ในชีวิตประจำวันจากกิจกรรมต่างๆและผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น ควันบุหรี่ สีทาบ้าน น้ำยาขัดพื้นและขัดผนัง น้ำยาซักแห้ง อู่พ่นสีรถ โรงงานอุตสาหกรรม สารกำจัดศัตรูพืช และสารที่เกิดจากการเผาไหม้ต่างๆ รวมไปถึงการเผาไหม้ขยะ ที่อาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำ อาหารและอากาศ เป็นต้น (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2556; Li *et al.*, 2013) สารอินทรีย์ระเหยง่ายนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีอะตอมของฮาโลเจนในโมเลกุล (Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons) และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีอะตอมของฮาโล

คลอรีนในโมเลกุล (Chlorinated VOCs หรือ Halogenated hydrocarbons) ทั้งสองกลุ่มถือว่าเป็นมลสารที่อันตราย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ทั้งสิ้น โดยเฉพาะกลุ่ม Chlorinated VOCs ซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีความ เสถียรในธรรมชาติและสลายยากกว่ากลุ่ม Non-chlorinated VOCs ทำให้ Chlorinated VOCs สะสมได้นานใน สิ่งแวดล้อม ระบบการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ มีฤทธิ์ในการก่อมะเร็งและ กระตุ้นให้เกิดมะเร็งได้ (สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2555; Huang *et al.*, 2007)

ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากการดูดซับของถ่านกัมมันต์ในการแยก (Separation process) และ กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับสารเคมี เมื่อถ่านกัมมันต์อยู่ใน สารละลายที่มีสารเคมีเหล่านั้น ตัวอย่างประโยชน์ของถ่านกัมมันต์ ได้แก่ การบำบัดน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การผลิต อาหารและเครื่องตีแอลกอฮอล์ การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ ใช้เป็นยารักษาโรค การกำจัดกลิ่น การกำจัด สารพิษ การแยกแก๊ส และตัวเร่งปฏิกิริยา (Dias *et al.*, 2007) รวมถึงการดูดซับสี กลิ่น การกรองน้ำและอากาศ การ บำบัดน้ำเสียและอุตสาหกรรมหลายชนิด หรือแม้กระทั่งตัวดูดซับ (filter) มลสารในอากาศเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ การปนเปื้อนของมลสารในอากาศบางชนิดอีกด้วย เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) และมี พื้นที่ผิวจำเพาะสูง จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวข้องกับสารที่ไม่มีขั้วหรือสารอินทรีย์ที่มีขั้วอ่อน โดยรูพรุนขนาดใหญ่ (Macropores) ภายในอนุภาคคาร์บอนช่วยในการถ่ายโอนโมเลกุลเข้าไปในรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ประยุกต์ใช้กับงานของเหลว ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดเล็กประยุกต์ใช้กับการดูด ซับแก๊ส จึงมีความต้องการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ด้วยคุณสมบัติข้างต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกลุ่ม Chlorinated VOCs ซึ่งสามารถพบได้ในทั้งชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรม รวมไปถึงการตระหนักถึงความเป็นพิษต่อ มนุษย์ด้วยแล้ว ทั้งนี้การใช้ถ่านกัมมันต์ที่สามารถผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Bannasode *et al.*, 2003; Remus *et al.*, 2012) พบว่ามีประสิทธิภาพดี ต้นทุนต่ำ สามารถนำไปต่อยอดในงานอุตสาหกรรมทั้งกระบวนการ ผลิตและกระบวนการบำบัดได้ และยังสามารถเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1) การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติ

เตรียมแกลบ ชานอ้อย ไยมะพร้าว กากกาแฟ และไม้ไผ่ ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ มาล้างทำความสะอาดและตากให้ แห้ง จากนั้น นำมาอบความร้อนที่อุณหภูมิ 110^oซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นกระตุ้นด้วยเคมีโดยนำวัสดุมาอบ ร้อน ที่อบแห้งแล้วไปเผา ที่อุณหภูมิ 400^oซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแช่กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และกรดฟอสฟอริก (H₃PO₄) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ด้วยอัตราส่วน 1:20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งมีค่า pH ประมาณ 7 นำไปอบแห้ง และเผาที่ อุณหภูมิ 600^oซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และการกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ โดยนำวัสดุที่อบแห้งแล้วไปเผา ที่อุณหภูมิ 400^oซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแช่กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และกรด ฟอสฟอริก (H₃PO₄) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ด้วยอัตราส่วน 1:20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และกระตุ้น ด้วยไมโครเวฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งมีค่า pH ประมาณ 7 และอบด้วย ความร้อนให้แห้ง

2) การทดสอบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

2.1) วิเคราะห์หาปริมาณถ่าน นำแกลบ ชานอ้อย โยมะพร้าว กากกาแฟ และไม้ไผ่ ที่เตรียมไว้มาอบความร้อนที่อุณหภูมิ 110°ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักก่อนเผา หลังจากนั้นนำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 400°ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักหลังเผาเพื่อคำนวณหาร้อยละของถ่าน

2.2) วิเคราะห์ความชื้น (moisture) วิธีมาตรฐาน SOAC, 1990 โดยนำถั่วกระเบื้องพร้อมฝา อบอุณหภูมิ 100°ซ. เวลา 40 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งถ่านประมาณ 0.500±0.050 กรัม ใส่ในถั่วกระเบื้อง นำไปอบแห้งในตุ๋น 100°ซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาร้อยละความชื้น

2.3) การวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลู วิธีมาตรฐาน JIS K 1474-1991 โดยอบถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 110-120°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งถ่าน 0.020±0.002 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่เติมสารละลายเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 25 มล.ต่อลิตร pH 7 ปริมาณ 25 มล. ปิดจุกเขย่าแรงๆ แล้วแยกถ่านด้วยเครื่อง หมุนเหวี่ยง 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาทีกรองสารละลายผ่านกรวยกรองนำสารละลายที่ได้ไปหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับโดยใช้เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และคำนวณร้อยละของการดูดซับเมทิลีนบลู

2.4) การวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน วิธีมาตรฐาน ASTM D4607-86 โดยอบถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 110-120°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งถ่าน 0.500±0.050 กรัม อบอุณหภูมิ 120°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในตุ๋นดูดความชื้น ใส่ถ่านในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล. เติม HCl (5%) ปริมาตร 10 มล. จากนั้นต้มให้เดือด 30 วินาทีและเติม iodine (0.1 N) ปริมาตร 100 มล. เขย่า 30 วินาที กรองใส่ขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 50 มล. และไตเตรทด้วยโซเดียม Sodium thiosulfate (0.1 N) จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เติมน้ำแบ่ง 2-3 หยด จนได้สารละลายสีน้ำเงินและ ไตเตรทต่อด้วย Sodium thiosulfate (0.1 N) จนไม่มีสี บันทึกปริมาตร

3) การดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศกลุ่ม Chlorinated Volatile Organic Compounds

ใช้สารคลอโรฟอร์มซึ่งเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศกลุ่ม Chlorinated Volatile Organic Compounds เป็นสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง โดยถ่านกัมมันต์ ปริมาณ 0.020±0.002 กรัม ใส่ในภาชนะแก้ว ขนาด 14x14x24.5 ซม. ปิดฝาให้สนิท จากนั้นเติมคลอโรฟอร์มผ่านช่องเปิดและปิดผนึก เพื่อให้คลอโรฟอร์มระเหยในระบบปิด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างที่เวลา 90 นาที หาปริมาณคลอโรฟอร์มที่ถูกดูดซับอยู่ในถ่านกัมมันต์ โดยชั่งคลอโรฟอร์มออกจากถ่านกัมมันต์ด้วยสารละลายเฮกเซน จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟอร์มด้วยเทคนิค Gas Chromatography

ผลการวิจัย

1) การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติ

ในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนแรก (Carbonization) คือการเผาด้วยความร้อน 400°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าวัสดุธรรมชาติที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย โยมะพร้าว กากกาแฟ และไม้ไผ่ ได้ปริมาณถ่านเท่ากับร้อยละ 18.17, 6.64, 14.54, 16.17 และ 29.24 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำถ่านไปกระตุ้นด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 กระตุ้นด้วยสารเคมีและนำไปเผาที่ 600°ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ แบบที่ 2 กระตุ้นด้วยไมโครเวฟร่วมกับสารเคมี โดยแบ่งเป็นหริตเมนต์ต่างๆ ผลวิเคราะห์ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ได้ (ร้อยละ)

ดังแสดงในแสดงดังใน Table 1 พิจารณาลักษณะทางกายภาพที่มีลักษณะเป็นถ่านและมีปริมาณพอเพียงต่อการทดสอบคุณสมบัติในขั้นต่อไป ได้แก่ ความชื้น การดูดซับเมทิลีนบลู และการดูดซับไอโอดีน จำนวน 23 ตัวอย่าง

2) ผลการศึกษาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติ

ผลการศึกษาการคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติที่แตกต่างกัน ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย กากกาแฟ ไยมะพร้าวและไม้ไผ่ แสดงดังใน Table 1

2.1) การวิเคราะห์ความชื้น (moisture)

ร้อยละความชื้นตามมาตรฐาน AOAC, 1990 ของถ่านกัมมันต์ที่แตกต่างชนิดกัน ทั้ง 23 ตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่าการกระตุ้นทางเคมี ทั้งเกลือ (NaCl), เบส (NaOH) และกรด (H_3PO_4) มีค่าร้อยละความชื้นระหว่าง 2.4-18.67 และการกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ พบค่าร้อยละความชื้นระหว่าง 0-31.8

2.2) การวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลู

ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่กระตุ้นด้วย H_3PO_4 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ชานอ้อยที่กระตุ้นด้วย NaOH และไม้ไผ่ที่กระตุ้นด้วย NaOH และเมื่อเทียบกับการดูดซับของถ่านกัมมันต์เกรดการค้า (ร้อยละ 68.00) พบว่าถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีร่วมกับการเผา มีค่าการดูดซับเมทิลีนบลูสูงกว่า 4 ตัวอย่างจาก 9 ตัวอย่าง ดังแสดงใน Figure 1 สำหรับถ่าน กัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไมโครเวฟนั้นมีค่าการดูดซับเมทิลีนบลู ระหว่าง ร้อยละ 0-12.4

2.3) การวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน

ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีและการเผา มีค่าระหว่าง 523.06-642.54 mg/g และถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีและไมโครเวฟ มีค่าระหว่าง 390.81-644.76 mg/g ค่าเฉลี่ยของการดูดซับไอโอดีนจากการกระตุ้นด้วยสารเคมีและการเผาสูงกว่าการกระตุ้นด้วยสารเคมีและไมโครเวฟ โดย 11 ตัวอย่างจาก 23 ตัวอย่างมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่า 600 mg/g ดังแสดงใน Figure 2

Table 1 Physical analysis of activated carbons from different treatments

Material	Treatment	Chemical activation	Charcoal Mass (%)	moisture (%)	Treatment	Charcoal Mass (%)	Moisture (%)
rice shive	1	NaCl	43.0	4.30	16	46.0	2.4
	2	NaOH	3.7	ND	17	41.2	3.8
	3	H_3PO_4	11.9	ND	18	34.9	11.2
bagasse	4	NaCl	4.5	5.45	19	47.2	3.4
	5	NaOH	6.0	4.17	20	62.4	2.4
	6	H_3PO_4	7.8	2.93	21	62.9	3.0
coffee ground	7	NaCl	24.3	18.67	22	47.7	0.4
	8	NaOH	3.2	ND	23	50.9	3.6
	9	H_3PO_4	1.8	ND	24	55.5	0

Table 1 (Continued)

Material	Treatment	Chemical activation	Charcoal Mass (%)	moisture (%)	Treatment	Charcoal Mass (%)	Moisture (%)
coconut fiber	10	NaCl	4.3	ND	25	17.2	31.8
	11	NaOH	2.6	ND	26	22.2	3.4
	12	H ₃ PO ₄	1.2	ND	27	31.1	5.6
bamboo	13	NaCl	17.5	3.40	28	56.0	2.4
	14	NaOH	28.2	2.40	29	56.0	2.0
	15	H ₃ PO ₄	25.2	3.73	30	62.6	2.8

*treatment 1-15 were chemical activated treatment, treatment 16-30 were microwave activated treatment

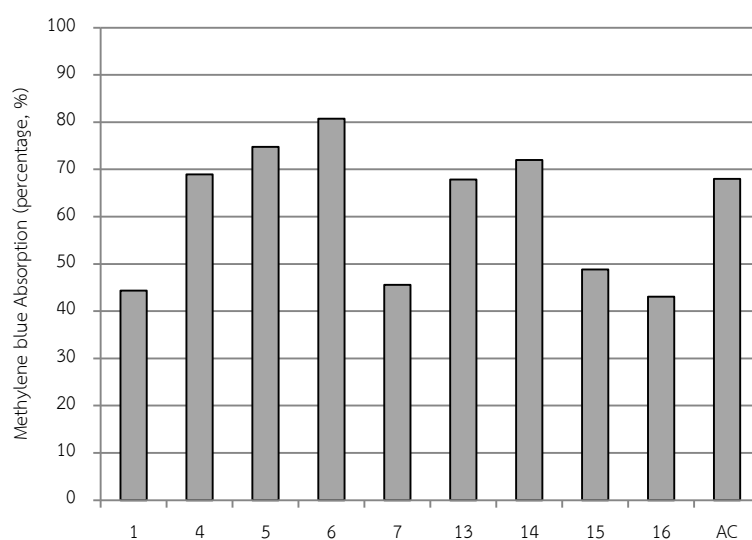


Figure 1 Methylene blue absorption of activated carbons from natural materials (percentage, %)

* AC is commercial activated carbon, (Zefon, USA)

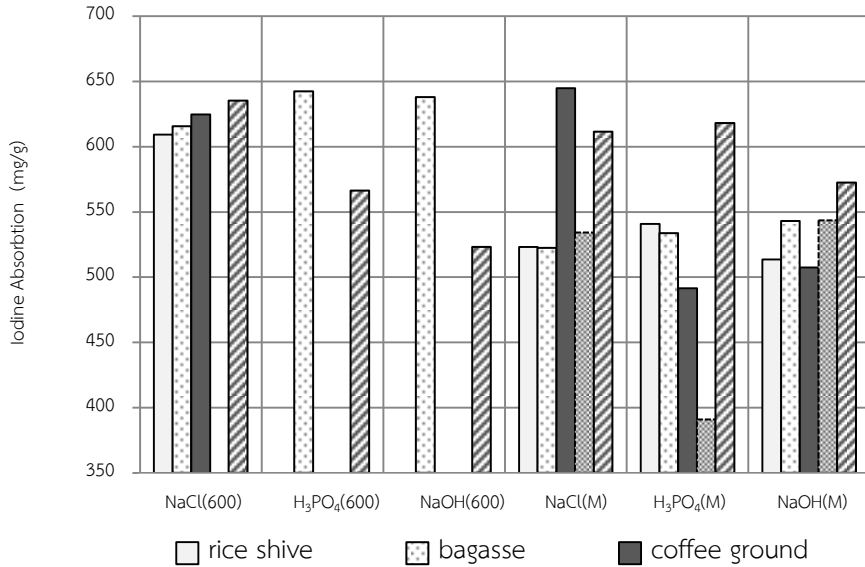


Figure 2 Iodine absorption of activated carbons from natural materials (mg/g)

3) การดูดซับคลอโรฟอร์มในอากาศโดยถ่านกัมมันต์

สารคลอโรฟอร์มซึ่งเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศกลุ่ม Chlorinated Volatile Organic Compounds ถูกใช้เป็นสารเคมีที่ในการทดลอง โดยถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ทริตเมนต์ 3, 5, 7, 15, และ 16 ซึ่งสามารถดูดซับคลอโรฟอร์มในสภาวะอิ่มตัวในภาชนะปิดที่มีความเข้มข้น 83.3 ppm/L โดยใช้เวลา 90 นาที ในอุณหภูมิเฉลี่ย 33.3 °ซ. และความชื้นในอากาศ 50% โดยเปรียบเทียบกับตัวควบคุมคือหลอดทดลองที่ไม่มีวัสดุดูดซับ จากนั้นชะคลอโรฟอร์มด้วยเฮกเซนและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟอร์มด้วยเทคนิค Gas Chromatography จากผลการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทั้ง 5 ทริตเมนต์ สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มที่ระเหยในอากาศได้แตกต่างกัน โดยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตด้วยการกระตุ้นด้วยสารเคมีและนำไปเผา ดังแสดงใน Figure 3 มีค่าการดูดซับคลอโรฟอร์มดังต่อไปนี้ โดยทริตเมนต์ที่ 15 สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้สูงสุดที่ 6151.10 ppb/g, รองลงมาคือ ทริตเมนต์ที่ 3, 5 และ 7 สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้ 5985.30, 4424.95, 2562.65 ppb/g ตามลำดับ และทริตเมนต์ที่ 16 สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้น้อยที่สุด คือ 25.70 ppb/g

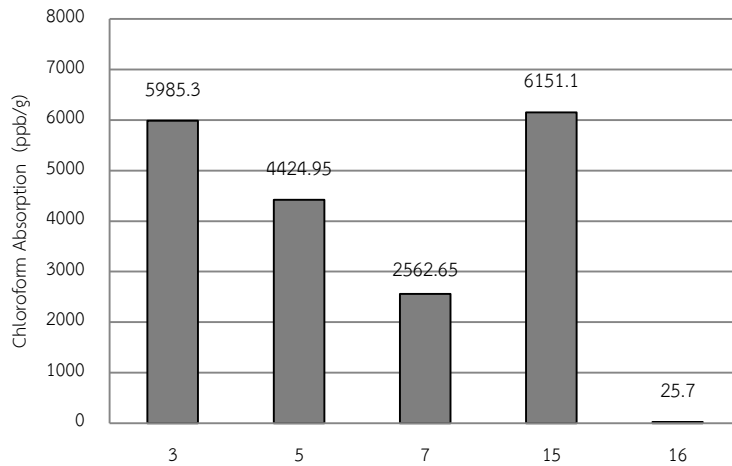


Figure 3 Chloroform absorption of activated carbons from natural materials (ppb/g)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการทดลองสามารถบ่งแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยผลจากการทดสอบการดูดซับเมทิลีนบลูจากถ่านได้ว่า การกระตุ้นด้วยสารเคมีและเผาด้วยความร้อนนั้นเหมาะสมต่อการนำไปปรับประยุกต์ใช้ในการดูดซับสีในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ หรือบำบัดน้ำ โดยสถานะที่เหมาะสมได้แก่ขานอ้อยที่กระตุ้นด้วยเบส กรด ไม้ไผ่ที่กระตุ้นด้วยเบสและเกลือตามลำดับ สำหรับค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีและการเผา มีค่าระหว่าง 523.06-642.54 mg/g และถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีและไมโครเวฟ มีค่าระหว่าง 390.81-644.76 mg/g ค่าเฉลี่ยของการดูดซับไอโอดีนจากการกระตุ้นด้วยสารเคมีและการเผาสูงกว่าการกระตุ้นด้วยสารเคมีและไมโครเวฟ โดย 11 ตัวอย่างจาก 23 ตัวอย่างมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่า 600 mg/g แสดงว่าขั้นตอนและวัสดุในการศึกษาครั้งนี้มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์พื้นที่ผิวสูงได้ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงตามที่มาตรฐาน มอก. 900-2547 กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาตามชนิดของวัสดุพบว่าขานอ้อย และไม้ไผ่ที่เตรียมด้วยสารเคมีและการเผา มีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าการกระตุ้นด้วยสารเคมีและไมโครเวฟ ต่างจากแกลบและกากกาแฟที่การกระตุ้นด้วยเคมีและไมโครเวฟให้ผลดีกว่า แสดงว่าการเผาที่อุณหภูมิสูงยังเป็นสถานะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์มากกว่า

สรุปผลการวิจัย

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มที่ระเหยในอากาศได้แตกต่างกัน โดยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตด้วยการกระตุ้นด้วยสารเคมีและนำไปเผา มีค่าการดูดซับคลอโรฟอร์มดังต่อไปนี้ คือ ไม้ไผ่, กระตุ้นด้วย H_3PO_4 และ เผา $600^{\circ}C$. สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้สูงสุด รองลงมา ได้แก่ แกลบ กระตุ้นด้วย H_3PO_4 และ เผา $600^{\circ}C$. ขานอ้อย กระตุ้นด้วย $NaOH$ และเผา $600^{\circ}C$. กากกาแฟ กระตุ้นด้วย $NaCl$ และ เผา $600^{\circ}C$. ลำดับสุดท้าย คือ แกลบ กระตุ้นด้วย $NaCl$ และไมโครเวฟ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้สามารถดูดซับคลอโรฟอร์มได้เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติไม่ชอบ

น้ำและมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวข้องกับสารที่ไม่มีขั้วหรือสารอินทรีย์ที่มีขั้วอ่อน แสดงว่า ถ่านกัมมันต์จากการกระตุ้นด้วยสารเคมีและการเผาไหม้มีรูพรุนขนาดเล็กสามารถดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่าย ในอากาศได้ดีกว่าการกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ ทั้งนี้การผลิตถ่านกัมมันต์อย่างง่ายโดย พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับ ได้ดี แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าถ่านกัมมันต์เกรดการค้า แต่เป็นแนวทางเริ่มต้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ต้นทุนต่ำ ในการทดแทนการนำเข้าถ่านกัมมันต์และสามารถนำไปต่อยอดในงานอุตสาหกรรมทั้งกระบวนการผลิตและ กระบวนการบำบัดได้ และยังอาจเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนการวิจัย สำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ (ต้นกล้านักวิจัย) ของ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 และผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์รณฤทธิ์ นาโควงษ์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุบลราชธานี ผู้ให้คำแนะนำในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยเตาเผาอุณหภูมิสูง และ ดร. อมรัตน์ วงษ์กลม สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี เป็นผู้ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography

เอกสารอ้างอิง

- ยุวรัตน์ เงินเย็น และชนิษฐา คำวิสัยศักดิ์. 2556. ถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลของประเทศไทย (Activated carbon). *KKU Engineering Journal*. 40(2): 267-283.
- สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2555. **คู่มือวิชาการ เรื่อง “สารเคมีระเหยง่ายในบรรยากาศ”**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์. 105 หน้า.
- สำนักความปลอดภัยแรงงาน. 2556. **เอกสารความปลอดภัยในการทำงาน เรื่อง “สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)”**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oshthai.org/osh/upload/file_linkitem/20100126090841_2.pdf (11 กุมภาพันธ์ 2561).
- Bannode, R.R., J.N. Losso and R.J. Portier. 2003. Adsorption of volatile organic compounds by pecan shell-and almond shell- based granular activated carbons. *Bioresource Technology*. 90: 175-184.
- Dias, J.M., M. Alvim-Ferraz and M. Sánchez-Polo. 2007. Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: A review. *Journal of Environmental Management*. 85: 833-846.
- Hsu, S.H., C.H. Huang and S. Goa. 2014. Adsorption of chlorinated volatile organic compounds using activated carbon made from *Jatropha curcas* seeds. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineer*. 45: 2526-2530.

- Huang, B., C. Lei and G. Zeng. 2014. Chlorinated volatile organic compounds (Cl-VOCs) in environment-source potential environment impacts, and current remediation technologies. **Environmental International**. 71: 118-138.
- Klasson, K.T., L.H. Wartelle and D.E. Akin. 2009. Activated carbons from flax shive and cotton gin waste environmental adsorbents for the chlorinated hydrocarbon trichloroethylene. **Bioresource Technology**. 100: 5045-5050.
- Li, G., Z. Zhang and B. Li. 2013. Pollution profiles, health risk VOCs and biohazard emitted from municipal solid waste transfer station and elimination by integrated biological-photocatalytic flow system: A pilot scale investigation. **Journal of Hazardous material**. 250-251: 147-154.
- Remus, J., M. Martin-Martinez and J.J. Rodriguez. 2012. Removal of chlorinated organic volatile compounds by gas phase adsorption with activated carbon. **Chemical Engineering Journal**. 211-212: 246-254.

การศึกษาอิทธิพลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อเฟสและโครงสร้างทางจุลภาค
ในวัสดุผสมซีเมนต์

The Study of Influence of Zinc Oxide Nanoparticles on Phase
and Microstructure in Cement Composite

ศุภรัตน์ นาคสิทธิพันธุ์* นิตยา ใจทนง และวสันต์ วรรณศรี

Suparut Narksitipan*, Nittaya Jaitanong and Wasun Wannasee

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Materials Science, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: snarksitipan@gmail.com.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่มีต่อองค์ประกอบเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคในวัสดุผสมซีเมนต์ โดยการเติมซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 5 และ 15 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ หลังจากนั้นศึกษาองค์ประกอบเฟสและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุผสมนี้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ด้วยเทคนิคการกระจายของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ตามลำดับ โครงสร้างทางจุลภาคศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการหน่วงของปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide; CH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; CSH) ลดลง

คำสำคัญ: ซีเมนต์ ซิงค์ออกไซด์ วัสดุผสม

Abstract

In present research, the effect of zinc oxide nanoparticles on the phase compositions and microstructure of cement composites were studied by adding ZnO of 5 and 15 percent weight of cement. The phase compositions and chemical composition were analyzed by using X-ray Diffraction (XRD) and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), respectively. The microstructure was also investigated by using scanning electron microscopy (SEM). It was found that increasing of ZnO powder have effected on the hydration reaction retardation. It showed that the both of hydration products (CH and CSH) decreased.

Keywords: cement, zinc oxide, composites

คำนำ

ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่สามารถยึดวัตถุเข้าด้วยกัน สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและการก่อสร้าง ซีเมนต์หมายถึงวัสดุผงละเอียดสีเทาหรือเทาเข้ม เมื่อผสมน้ำจะสามารถใช้เป็นวัสดุประสานยึดวัสดุประเภท อิฐ หิน และทรายเข้าด้วยกัน จากหลักฐานยืนยันว่าปูนซีเมนต์ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่สมัยอียิปต์ กรีก และโรมัน ซีเมนต์ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในฐานะเป็นวัสดุก่อสร้าง ปูนซีเมนต์มีความเหมาะสมในการนำมาเป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งอันเนื่องมาจาก มีความแข็งแรงสูง (Strength) สามารถหล่อขึ้นรูปได้ตามต้องการ (ในขณะที่ยังเปียกอยู่) มีราคาที่เหมาะสม (ชัชวาล, 2543; ปริญา และชัย, 2547) การแข็งตัวของซีเมนต์เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันขององค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ นั่นคือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) กับน้ำ ซึ่งจะก่อให้เกิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้เกิดความแข็งแรงขึ้น แต่ในปัจจุบันการก่อสร้างไม่ได้มุ่งหวังเพียงความแข็งแรงอย่างเดียว ความสะดวกในการรักษา ความสวยงามเป็นอีกหนึ่งในความต้องการที่เพิ่มขึ้นของมนุษย์ ปูนเปลือยเป็นอีกความนิยมหนึ่งในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ซึ่งเป็นการแสดงออกทางสถาปัตยกรรมโดยอาศัยความดิบของสีเนื้อปูน แต่เมื่อผ่านกาลเวลามักจะประสบกับปัญหาคราบสกปรกที่ฝังในเนื้อปูน นักวิทยาศาสตร์จึงมีการศึกษาซีเมนต์ที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ ผสมสารที่สามารถย่อยสลายทางแสงผ่านปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติก (photocatalytic) ที่สามารถเกิดขึ้นในสารกึ่งตัวนำ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ ส่วนใหญ่นิยมใช้สารกระตุ้นทางแสง เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ แต่ยังไม่ค่อยมีงานวิจัยที่ใช้ผงซิงค์ออกไซด์เข้าไปผสมกับซีเมนต์มากนัก ซึ่งซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) เป็นสารกระตุ้นทางแสง (photocatalyst) ที่ได้รับความสนใจในการวิจัยกันอย่างกว้างขวาง ซิงค์ออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ในกลุ่ม III-VI ที่มีช่องว่างแถบพลังงาน (band gap) ค่อนข้างกว้าง มีค่าประมาณ 3.37 eV ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นช่องว่างแบบ direct band gap มีค่าสภาพคล่องในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (electron mobility) และค่าสภาพคล่องในการเคลื่อนที่ของช่องโฮลล์ (hole mobility) และมีข้อเด่นกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์หลายประการ เช่น แสงสามารถส่องผ่านได้ดีกว่า มีการเรืองแสงที่เด่นชัดและตอบสนองกับแสงในอัตราไวโอเล็ตในช่วงที่กว้างกว่า และมีราคาถูก เป็นต้น ทำให้ซิงค์ออกไซด์ได้รับความนิยมมากขึ้น (Shinde, 2012) ซึ่งเป็นการพัฒนาศักยภาพของซีเมนต์ในการใช้งานเพิ่มขึ้น โดยการนำวัสดุอื่นผสมเข้าไปในซีเมนต์โดยเฉพาะกลุ่มวัสดุโฟโตแคตตาไลติก ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาวัสดุผสมซีเมนต์และโฟโตแคตตาไลสเพิ่มมากขึ้น (Flores *et al.*, 2014; Senff *et al.*, 2014; Ameen *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2013)

ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาอิทธิพลของนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลต่อองค์ประกอบเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุผสมซีเมนต์โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD) การกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ (EDS) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคในวัสดุผสมซีเมนต์ โดยเพิ่มปริมาณนาโนซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 5 และ 15 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.3-0.4 หลังจากนั้นเทส่วนผสมที่ได้ลงในแม่พิมพ์ ซึ่งมีขนาดความกว้าง 5 ซม. ยาว 5 ซม.

สูง 5 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C192 ที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน หลังจากนั้นทำการศึกษารูปร่างของผลึกประกอบเฟส โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) มุมการเลี้ยวเบนตั้งแต่ 10-60 องศา วิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานรังสีเอกซ์ (EDS) และวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ผลการวิจัย

การศึกษานิทธิพลของซิงค์ออกไซด์ปริมาณเพิ่มขึ้นที่มีผลต่อเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุผสมโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) การกระจายพลังงานรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; EDS) และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

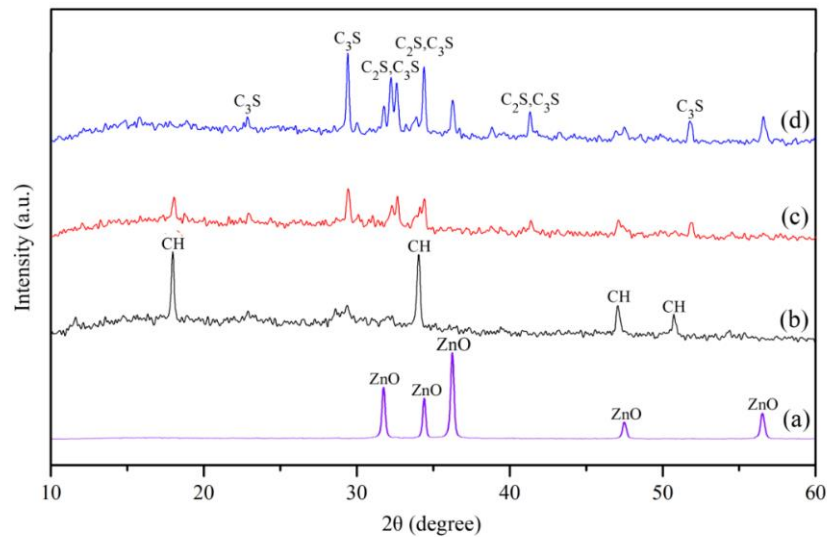


Figure 1 XRD patterns of (a) ZnO, (b) cement paste, (c) cement paste with 5%wt of ZnO and (d) cement paste with 15%wt of ZnO.

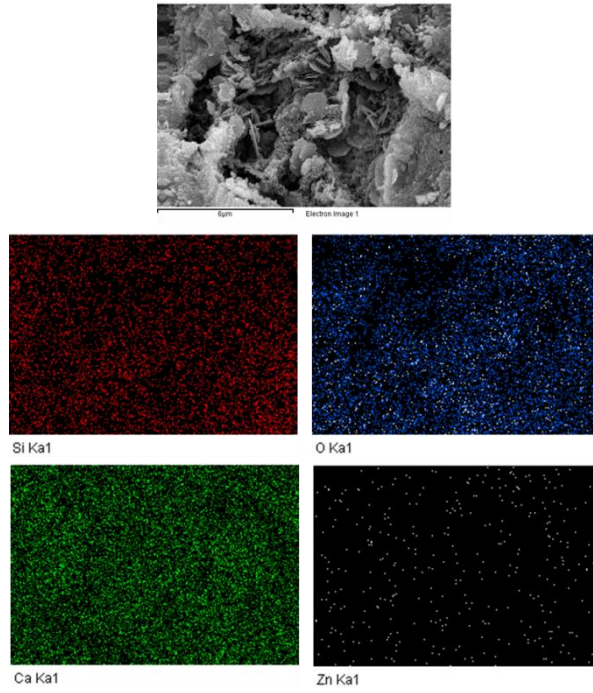


Figure 2 EDS result of cement paste with 5 wt% of ZnO

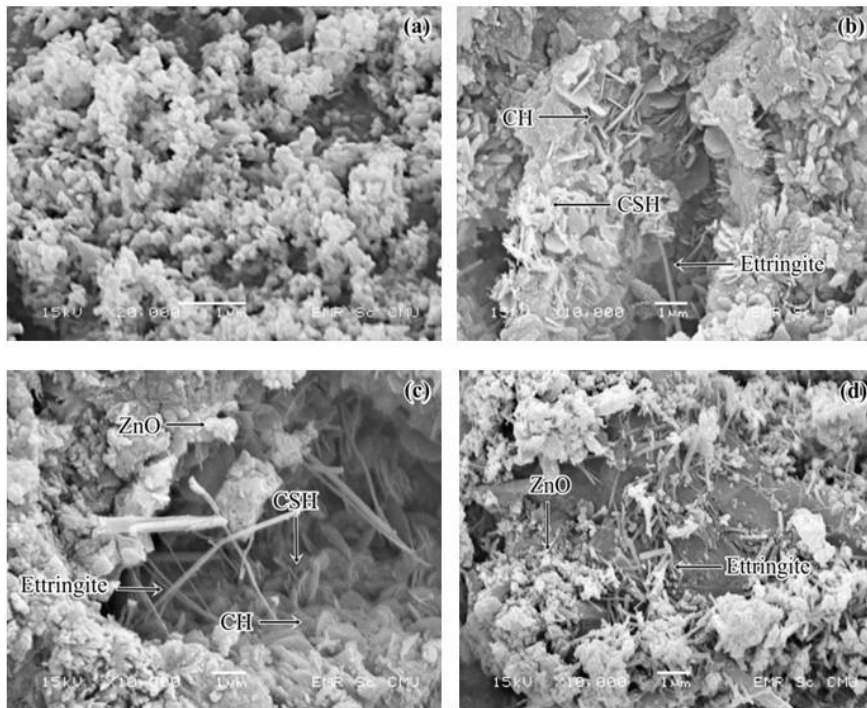
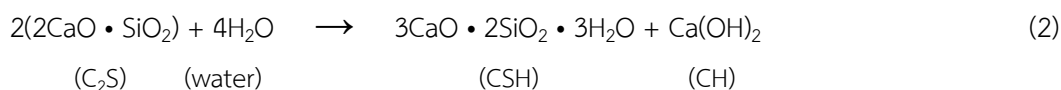
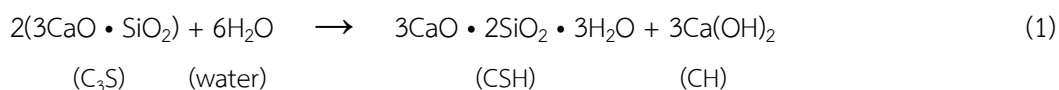


Figure 3 SEM images of (a) ZnO, (b) cement paste, (c) cement paste with 5%wt of ZnO and (d) cement paste with 15%wt of ZnO.

วิจารณ์ผลการวิจัย

Figure 1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของ (a) ชิงค์ออกไซด์ (b) ซีเมนต์เพสต์ (c) วัสดุผสมระหว่างซีเมนต์และชิงค์ออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ และ (d) วัสดุผสมระหว่างซีเมนต์และชิงค์ออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ตามลำดับ Figure 1 (a) แสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของชิงค์ออกไซด์ที่มุม 2θ ที่ 36.26, 31.78 และ 34.43 สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 89-0510 และ Figure 1 (b) แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของซีเมนต์เพสต์ที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 28 วัน หลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate; C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate; C_2S) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของซีเมนต์กับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide; CH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; CSH) แสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ



โดยรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเฟสแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) ที่มุม 2θ เท่ากับ 18.07, 34.10, 47.14 และ 50.80 ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบนั้นสอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 76-0571 และไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเฟสของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) เนื่องจาก CSH การจัดเรียงของอะตอมค่อนข้างไม่มีระเบียบหรือเป็นอสัณฐานนั่นเอง Figure (c) และ (d) แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์หลังจากเพิ่มปริมาณของชิงค์ออกไซด์ร้อยละ 5 และ 15 โดยน้ำหนักของซีเมนต์พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของเฟสแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) ลดน้อยลงเนื่องจากชิงค์ออกไซด์ส่งผลให้เกิดการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไฮเดรชันน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gawlic *et al.* (1992) และงานวิจัยของ Thanongsak *et al.* (2015) พบว่าเมื่อเติมชิงค์ออกไซด์ในซีเมนต์ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยชิงค์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบหลักของซีเมนต์จนเกิดชิงค์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยาได้ดีและเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าการเกิดเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยที่ชิงค์ไฮดรอกไซด์จะเคลือบบริเวณผิวของเม็ดปูนส่งผลให้เกิดการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชัน นอกจากนี้การพบสเปคตรัมของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) ที่สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 31-0301 และ 86-0398 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าออกไซด์หลักของซีเมนต์ไม่ได้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์

Figure 2 ผลของการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ของวัสดุผสมระหว่างซีเมนต์และชิงค์ออกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ จากรูปนั้นแสดงถึงการวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุของวัสดุผสมซีเมนต์ที่มีสารผสมเพิ่ม คือ ชิงค์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ พบการกระจายตัวของธาตุซิลิกอน (Si) ออกซิเจน (O) แคลเซียม (Ca) และซิงค์ (Zn) ตามลำดับ ธาตุซิลิกอน (Si), ออกซิเจน (O), แคลเซียม (Ca) เป็นธาตุที่มาจากออกไซด์หลักของซีเมนต์ ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซิลิกา (SiO_2) โดยที่ซิงค์ (Zn) และออกซิเจน (O) มาจากชิงค์ออกไซด์ (ZnO)

Figure 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของ (a) ซิงค์ออกไซด์มีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมขนาดประมาณ 10 ถึง 30 นาโนเมตร และมีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน และ (b) โครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์เพสต์ พบว่าโครงสร้างทางจุลภาคของซีเมนต์เพสต์หลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ประกอบไปด้วยโครงสร้างของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide; CH) มีลักษณะเป็นแผ่น แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; CSH) มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และเอททริงไทต์ (Ettringite) มีลักษณะเป็นแท่งคล้ายเข็ม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate; C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate; C_2S) และน้ำ สำหรับโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุผสมระหว่างซีเมนต์เพสต์และซิงค์ออกไซด์ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 15 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ แสดงดัง Figure 3 (c) และ (d) ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจากการศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ใน Figure 2 พบว่าซิงค์ออกไซด์ส่งผลต่อการหน่วงเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน และทำให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาลดลง แต่จาก Figure 3 (c) และ (d) ภาพถ่าย SEM พบเอททริงไทต์ (Ettringite) ซึ่งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชัน และพบซิงค์ออกไซด์อยู่ในลักษณะเป็นกลุ่มก้อนขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วชิ้นงาน แต่พบโครงสร้างทางจุลภาคของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ที่ไม่สามารถทำปฏิกิริยาไฮเดรชันได้ ดังนั้นจากการทดลองพบว่า การเติมซิงค์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการหน่วงของปฏิกิริยาไฮเดรชันเป็นอย่างมาก ทำให้ได้เฟสของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) น้อยลง และจากโครงสร้างทางจุลภาคพบรูพรุนเพิ่มมากขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

1. การเติมซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในวัสดุผสมซีเมนต์ส่งผลต่อการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันให้ช้าลง ทำให้เกิดเฟสของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) ปริมาณลดลง และพบเฟสของแคลเซียมซิลิเกต (C_3S และ C_2S) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ และซิงค์ออกไซด์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิงค์ออกไซด์
2. พบธาตุองค์ประกอบหลักของซีเมนต์ ได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) ซิลิกอน (Si) ออกซิเจน (O) และพบธาตุซิงค์ (Zn) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสารผสมที่เพิ่มเข้าไป
3. พบโครงสร้างทางจุลภาคของซิงค์ออกไซด์มีลักษณะเป็นก้อนกลมๆ เล็ก เกะก้านกลุ่มก้อนและมีขนาดระดับนาโนเมตร และพบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) มีลักษณะเป็นแผ่นซ้อนกัน นอกจากนี้พบเอททริงไทต์เป็นแท่งขนาดเล็ก แต่ทั้งนี้เมื่อซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้นส่งผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคทำให้รูพรุนเพิ่มมากขึ้นทำให้ความหนาแน่นลดน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และสาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ได้สนับสนุนสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2543. **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, ปริญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2547. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตไทย.
- Ameen, S., M. Shaheer Akhtar, H.K. Seo. and H.S. Shin. 2013. Advanced ZnO-graphene oxide nanohybrid and its photocatalytic Applications. **Mater. Lett.** 100(2013): 261-265.
- Chen, Y.C., C.E. Zhang, C. Deng, P. Fei, M. Zhong, B.T. Su. 2013. Preparation of ZnO/GO composite material with highly photocatalytic performance via an improved two-step method. **Chin. Chem. Lett.** 24 (2013): 518-520.
- Flores, G., J. Carrillo, J.A. Luna, R. Martínez, A. Sierra-Fernandez, O. Milosevic. and M.E. Rabanal. 2014. Synthesis, characterization and photocatalytic properties of nanostructured ZnO particles obtained by low temperature air-assisted-USP. **Adv. Powder Technol.** 25(2014): 1435-1441.
- Gawlic, M. and D. Czamarska. 1992. Effect of ZnO on the hydration of Portland cement. **J. Therm. Anal.** 38(1992): 2157-2161.
- Nochaiyaa, T., Y. Sekineb, S. Choopunc. and A. Chaipanich. 2015. Microstructure, characterizations, functionality and compressive strength of cement-based materials using zinc oxide nanoparticles as an additive. **J. Alloys Comp.** 630(2015): 1-10.
- Senff, L., D.M. Tobaldi, P. Lemes-Rachadel, J.A. Labrincha. and D. Hotza. 2014. The influence of TiO₂ and ZnO powder mixtures on photocatalytic activity and rheological behavior of cement pastes, Constr. **Build. Mater.** 65(2014): 191-200.
- Shinde, S.S., P.S. Shinde, C.H. Bhosale. and K.Y. Rijpure. 2011. Zinc oxide mediated heterogeneous photocatalytic degradation of organic species under solar radiation, J. Photochem. Photobiol. **B: Biology.** 104(2011): 452-433.

คำนำ

ในงานวิจัยนี้ ได้มีความสนใจที่จะศึกษาการเตรียม และตรวจสอบ วัสดุผสมผลาดแบบใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้งานเป็นตัวตรวจจับ (sensor) ในงานด้านวิศวกรรมโยธา โดยจะเป็นการศึกษาถึง เทคนิคการเตรียมและสมบัติของวัสดุผสมซีเมนต์ปอซโซลาน/เซรามิกระบบ PZT/พอลิเมอร์ PVDF เลดเซอร์โคเนตไทเทเนต (Lead Zirconate Titanate, PZT) เป็นสารเพียโซอิเล็กทริกที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากแสดงสมบัติเพียโซอิเล็กทริกได้ดี สามารถเตรียมได้ง่ายและหลากหลายองค์ประกอบอุณหภูมิที่ใช้ก็ไม่สูงมาก เลดเซอร์โคเนตไทเทเนต เป็นสารละลายของแข็งที่ได้จากเลดเซอร์โคเนต (Lead Zirconate, $PbZrO_3$) ซึ่งมีสมบัติเป็นแอนติเฟอร์โรอิเล็กทริก (antiferroelectric) และมีโครงสร้างเป็นออร์โธโรมบิก (orthorhombic) กับ เลดไทเทเนต (Lead Titanate, $PbTiO_3$) ซึ่งแสดงสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก และมีโครงสร้างเพอโรฟสไกต์แบบเตตระโกนอล (tetragonal perovskite) ซึ่งเมื่อรวมกันเป็น PZT แล้วจะมีโครงสร้างเป็นแบบ เพอโรฟสไกต์ วัสดุปอซโซลานเมื่อใช้ผสมซีเมนต์ จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แม้ว่าปฏิกิริยาปอซโซลานจะคล้ายกับปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่า ดังนั้นจึงสามารถใช้วัสดุปอซโซลานเพื่อลดความร้อนของปฏิกิริยาไฮเดรชัน อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับซีเมนต์ได้ โดยวัสดุปอซโซลานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ซีเมนต์แกลบและเถ้าลอยซึ่งมี ซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลักเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ ทำให้สามารถนำซีเมนต์แกลบและเถ้าลอยมาใช้แทนปูนซีเมนต์บางส่วนได้ซึ่งจะส่งผลดีกับสมบัติเชิงกลด้วย พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF หรือ PVF2) เป็นวัสดุพลาสติกที่อยู่ในกลุ่มฟลูออโรพอลิเมอร์ มีอยู่ด้วยกันหลายเฟส ได้แก่ แอลฟา (TG TG') บีตา (TTTT) และแกมมา (TTT GTTG') ซึ่งมีความแตกต่างกันในลักษณะการเชื่อมต่อของสายโซ่แบบ tran (T) หรือ gauche (G) เนื่องจาก PVDF เป็นพอลิเมอร์เฟอร์โรอิเล็กทริก จึงสามารถแสดงสมบัติเพียโซอิเล็กทริกและพรีอิเล็กทริกเมื่อผ่านการทำขั้วไฟฟ้า จากคุณสมบัติเหล่านี้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้พอลิเมอร์ พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) โดยคาดหวังให้ PVDF ทำหน้าที่ในการเชื่อมประสานรอยต่อระหว่างเฟสของซีเมนต์และเซรามิกรวมถึงเข้าไปเติมเต็มรูพรุนในโครงสร้างของวัสดุผสมใหม่นี้ อีกทั้ง PVDF เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเพียโซอิเล็กทริกเป็นไปได้อาจจะสามารถทำให้สมบัติทางไฟฟ้าโดยรวมของวัสดุผสมนี้ดีขึ้นได้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเซรามิก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเตรียมเซรามิกเพียโซอิเล็กทริกใน 2 ระบบ คือ เลดไนโอเบตเซอร์โคเนตไทเทเนต (PNZT) และ เลดสตรอนเทียมเซอร์โคเนตไทเทเนต (PSrZT) โดยใช้เทคนิคการเตรียมแบบ Solid state reaction หรืออาจเรียกว่า mixed oxide โดยใช้อุณหภูมิในการเผาแคลไซน์ 900°C . เป็นเวลา 2 ชั่วโมงสำหรับการเตรียมผง PNZT และ 800°C . เป็นเวลา 2 ชั่วโมงสำหรับการเตรียมผง PSrZT โดยใช้อัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิเท่ากับ 5°C . ต่อมาที่ทั้งสองระบบ เมื่อได้ผง PNZT และ PSrZT แล้วจะทำการบดผสมผง PNZT และ PSrZT กับ สารละลาย PVA ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เป็นตัวช่วยในการอัดขึ้นรูป จากนั้นอัดขึ้นรูปขึ้นงานด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ด้วยแรง 1 ตัน เป็นเวลา 10 วินาที นำไปเผาซินเตอร์ด้วยอุณหภูมิ 1250°C . สำหรับ PNZT และ 1200°C . สำหรับ PSrZT เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิเท่ากับ 5°C . ต่อมาที่ จากนั้นนำเม็ดเซรามิกทั้ง 2 ระบบ มาขัดผิวหน้าเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมา ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 แล้วจึงนำมาบดด้วยครกบดสแตนเลส

(stainless mortar) จากนั้นนำผงเซรามิกที่ผ่านการบดมาร้อนผ่านตะแกรง (sieve) เพื่อคัดขนาด ซึ่งผงเซรามิกที่ผ่าน จะมีขนาด 600, 300 และ 150 ไมครอน ซึ่งขนาดผง PNZT และ PSrZT ที่เลือกใช้ในการทดลองนี้จะอยู่ในช่วง 300-600 ไมครอน

การเตรียมวัสดุผสม วัสดุผสมที่เลือกใช้ในการทดลองนี้ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ถูกทดแทนด้วยซีเมนต์ แกลบ (PC-RHA) และซีเมนต์ลอย (PC-FA) บางส่วน โดยทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์เฟสหรือเฟสหลัก และให้เซรามิกเลด ไนโอเบตเซอร์โคเนตไทเทเนต (PNZT) และเลดสตรอนเทียมเซอร์โคเนตไทเทเนต (PSrZT) ทำหน้าที่เป็นดิสเพิร์สเฟส หรือเฟสรอง โดยเติมพอลิเมอร์ พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) เป็นสารผสมเพิ่มกระบวนการเตรียมจะเริ่มจากการร่อน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไม่ให้จับตัวกันเป็นก้อน จากนั้นจึงนำไปผสมกับเซรามิกแต่ละระบบที่ผ่านการบดคัดขนาดในช่วง 300-600 ไมครอน โดยวิธีการผสมแบบธรรมดา (normal mixing) ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 50 โดยปริมาตรของ เซรามิก และใช้ซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอยทดแทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 15, 25 และ 35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์และเติมพอลิเมอร์ PVDF ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยปริมาตรของซีเมนต์ผสมจากนั้นนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกในแม่พิมพ์ โลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มม. จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วมา จัดเรียงในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (water bath chamber) ที่สามารถควบคุมความชื้นได้ถึงร้อยละ 97 ที่อุณหภูมิ 60°ซ.เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ ปูนซีเมนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์เฟส เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์และเกิดการเซตตัวเชื่อมประสานเซรามิก ซึ่งเป็นดิสเพิร์สเฟส จากนั้นจึงนำไปตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัยของโครงการวิจัยเรื่องการผลิตวัสดุผสมซีเมนต์ปอซโซลาน/เซรามิก/พอลิเมอร์เพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้าง ได้รายงานผลการวิจัยของโครงการดังนี้

1. ศึกษาชนิดและปริมาณธาตุด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF)
2. ศึกษาลักษณะเฉพาะของโครงสร้างผลึก เฟส และสารประกอบที่พบกับวัสดุผสมที่ถูกเตรียมขึ้นสำหรับโครงการนี้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)
3. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุผสมที่เตรียมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
4. ตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้า คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก

Table 1 Chemical analysis of cement, Fly ash and Rice husk ash by X-ray fluorescence (XRF)

	Cement	Fly ash	Rice husk ash
Compound (wt%)	59/0115	59/0115	59/0115
Al ₂ O ₃	1.770	9.333	0.210
SiO ₂	12.101	26.457	54.786
P ₂ O ₅	0.380	0.727	4.098
K ₂ O	0.708	3.021	10.576
CaO	76.000	26.682	18.980
MnO	< 0.01	0.206	0.703
Fe ₂ O ₃	4.750	26.054	1.957
As ₃ O ₂	< 0.01	0.058	N.D.
Rb ₂ O	< 0.01	0.039	0.079
Y ₂ O ₃	< 0.01	< 0.01	< 0.01
ZrO ₃	0.052	0.092	0.244
Nb ₂ O ₅	N.D.	N.D.	N.D.
PbO	< 0.01	N.D.	N.D.
TiO ₂	0.244	0.701	< 0.01
MgO	0.321	0.469	< 0.01
Na ₂ O	< 0.01	0.133	N.D.
SrO	0.163	0.276	0.099
Cl	N.D.	N.D.	0.458
NiO	N.D.	N.D.	N.D.
ZnO	< 0.01	< 0.01	< 0.01
BaO	< 0.01	0.418	< 0.01
Loss on Ignition (LOI)+SO ₃	3.51	5.34	7.81

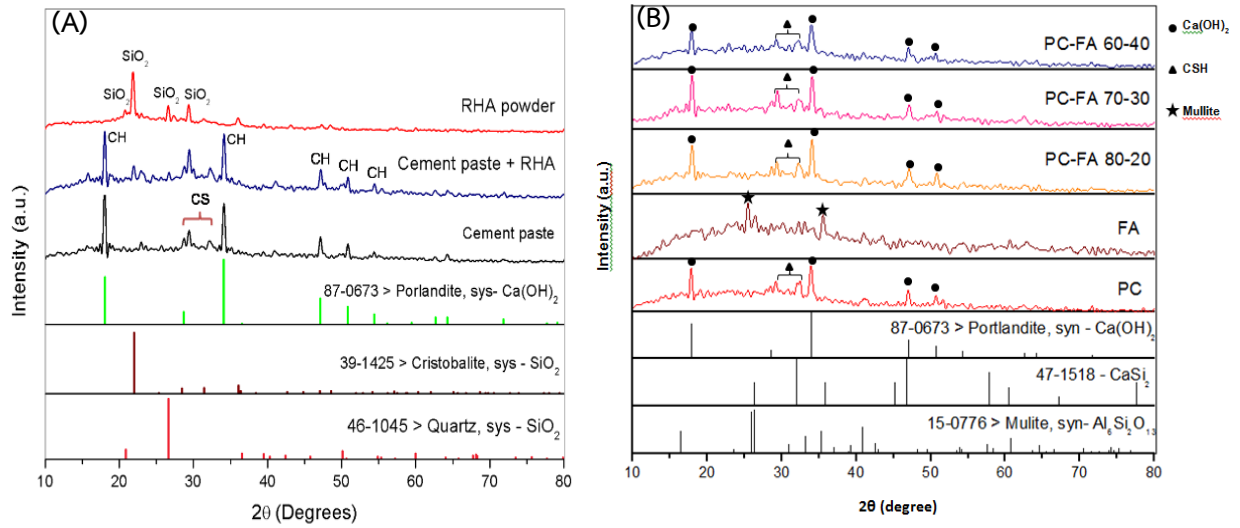


Figure 1 X-ray diffraction pattern of (A) Rice husk ash, cement paste and PC-RHA; (B) cement paste, Fly ash and PC-FA

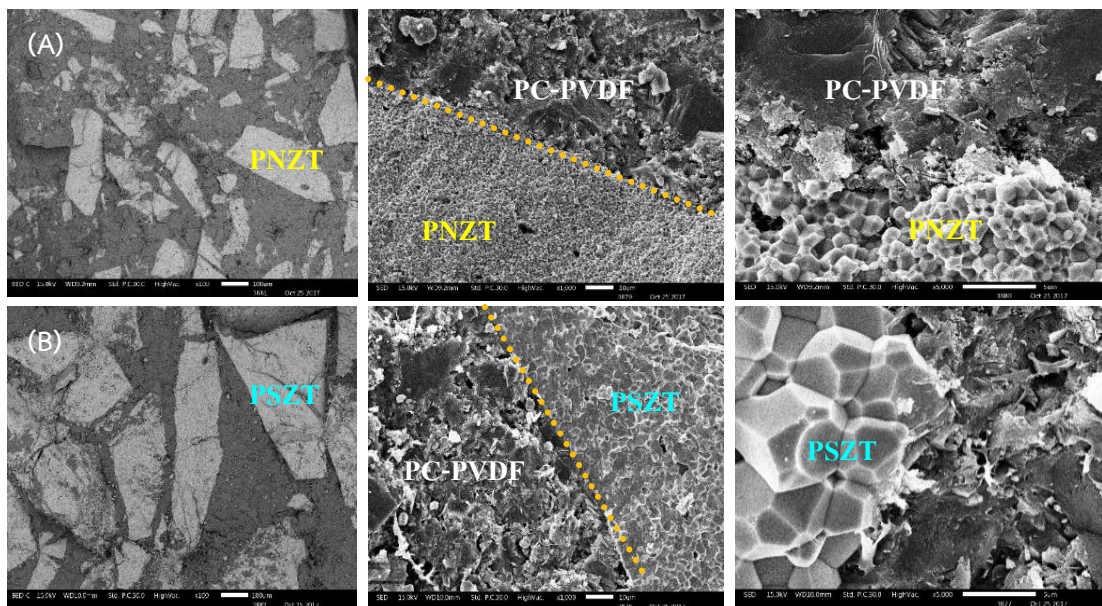


Figure 2 Microstructure of (A) PC-PNVT-PVDF system and (B) PC-PSZT-PVDF system

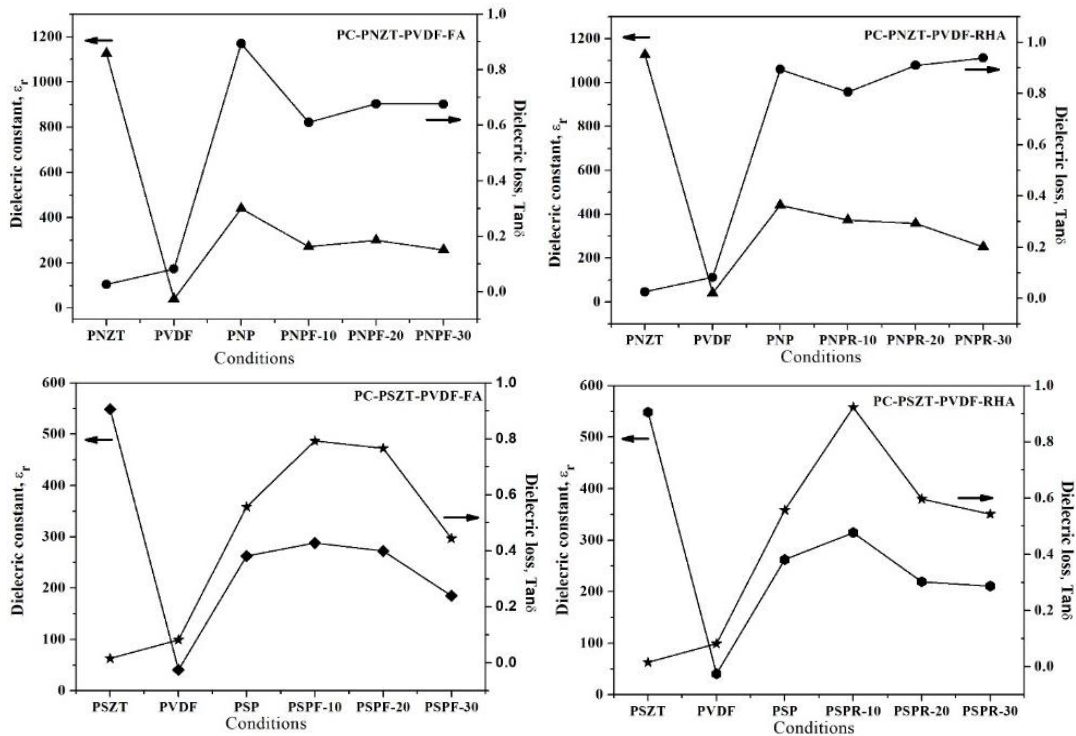


Figure 3 Dielectric properties of composites

วิจารณ์ผลการวิจัย

จาก Table 1 แสดงให้เห็นค่าของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF ของปูนซีเมนต์ เถ้าลอยและเถ้าแกลบ จะเห็นถึงปริมาณธาตุที่พบของแต่ละตัวอย่าง ในปูนซีเมนต์ก็จะพบว่ามีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และซิลิกา (SiO₂) มากที่สุดซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ส่วนเถ้าลอยพบแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากที่สุด นอกจากนี้ยังมี ซิลิกา (SiO₂) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe₂O₃) ซึ่งถ้ารวมกันแล้วมีปริมาณถึงร้อยละ 50 จะจัดอยู่ในชนิด C (Class C) ซึ่งเป็นเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ และซัลฟิวไรด์เป็นส่วนใหญ่คือ มีปริมาณของ SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ มากกว่าร้อยละ 50 และมีปริมาณ CaO สูง ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่ดี สำหรับ Al₂O₃ มาจากแร่ดินเหนียว โดยที่ลิกไนต์จะ ประกอบไปด้วยดินเหนียวที่มี Al₂O₃ ต่ำทำให้เถ้าลอยชนิด C นอกจากมี SiO₂ ต่ำแล้วยังมี Al₂O₃ ต่ำด้วย (ปริญา, 2547) และในส่วนของซีเถ้าแกลบ จะพบ ซิลิกา (SiO₂) มากที่สุด และพบแคลเซียมออกไซด์ (CaO) รองลงมา อีกทั้งยังพบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on ignition, LOI) ค่อนข้างสูง แสดงว่าเถ้าแกลบผ่านการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของซีเถ้าแกลบที่บดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซีเมนต์เพสต์ และ ซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าแกลบ แสดงดัง Figure 1(A) พบว่า ซีเมนต์เพสต์ และซีเมนต์เพสต์ผสมซีเถ้าแกลบ มีลักษณะการเกิดเฟสที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐานจาก Joint Committee Powder Diffraction Standards (JCPDS) file หมายเลข 87-0673 ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล สำหรับเถ้าแกลบที่บด 3 ชั่วโมง มีลักษณะการเกิดเฟสที่สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 39-1425 และหมายเลข 46-1045 ของ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล และเฮกซะโกนอล และนอกจากนี้ยังพบ

แคลเซียมซิลิเกต (C_2S , C_3S) ที่ตำแหน่ง $2\theta = 32.32^\circ$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Trezza (2013) จากการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของซีเมนต์เพสต์เถ้าลอยและซีเมนต์ผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วน 20%, 30% และ 40% ในอัตราส่วนน้ำต่อปูน 0.37, 0.366 และ 0.38 ตามลำดับ ดัง Figure 1(B) พบว่า ซีเมนต์เพสต์ และซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าลอย มีลักษณะการเกิดเฟสที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐานจาก Joint Committee Powder Diffraction Standards (JCPDS) file หมายเลข 87-0673 ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล สำหรับเถ้าลอยมีลักษณะการเกิดเฟสที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐานจาก Joint Committee Powder Diffraction Standards (JCPDS) file หมายเลข 15-0776 ของ อัลโลต์ (Al_2SiO_5) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบออโรโมบิก และนอกจากนี้ยังพบ แคลเซียมซิลิเกต (C_2S , C_3S) ที่ตำแหน่ง $2\theta = 32.32^\circ$

Figure 2(A) และ 2(B) แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุผสมระบบ PC-PNZZ-PVDF และระบบ PC-PSZZ-PVDF ที่กำลังขยาย 100x 1000x และ 5000x ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเฟสของเซรามิก (PNZZ และ PSZZ) กับเฟสของปูนซีเมนต์ไม่เกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกันและแยกออกจากกันอย่างชัดเจนโดยที่ขนาดอนุภาคของ PNZZ และ PSZZ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นผลึก และมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมมีขนาดใหญ่กว่าปูนซีเมนต์โดยเซรามิก PSZZ จะมีขนาดโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าเซรามิก PNZZ นอกจากนี้ปูนซีเมนต์ซึ่งมีโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystal) สามารถรวมกับพอลิเมอร์ PVDF ซึ่งมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ อีกทั้งยังพบว่าพอลิเมอร์ PVDF สามารถแทรกแทนที่รูพรุนภายในโครงสร้างของปูนซีเมนต์ได้

ผลการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PC-PNZZ-PVDF-(FA/RHA) และระบบ PC-PSZZ-PVDF-(FA/RHA) โดยมีอัตราส่วนของเซรามิกในแต่ละระบบร้อยละ 50 โดยปริมาตรและแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยซีเถ้าเถ้าลอยและเถ้าลอยร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และเติมพอลิเมอร์ PVDF ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ผลการตรวจสอบแสดงดัง Figure 3 จากการวิเคราะห์ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PC-PNZZ-PVDF-(FA/RHA) พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าลดลงและคงที่เมื่อมีปริมาณ FA และ RHA เพิ่มขึ้น เนื่องจาก RHA มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและมีความพรุนสูงเมื่อนำมาผสมในระบบวัสดุผสมจึงส่งผลทำให้สมบัติไดอิเล็กทริกของระบบมีค่าลดลงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ซึ่งอัตราส่วนผสมของ FA และ RHA ที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ที่เหมาะสมที่สุดคือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

นอกจากนี้ยังได้ทำการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PC-PSZZ-PVDF-(FA/RHA) ที่อุณหภูมิห้องและที่ความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ผลการทดลองพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณ FA และ RHA เพิ่มขึ้นแต่จะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ FA และ RHA เป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งอัตราส่วนผสมของ FA และ RHA ที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ที่เหมาะสมที่สุดคือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยจากการทดลองยังพบว่าค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก ของทั้ง 2 ระบบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณซีเถ้าเถ้าลอยและเถ้าลอยเข้าไปแสดงว่าวัสดุผสมทั้ง 2 ระบบมีการแน่นตัวที่ดี อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซิลิกา (SiO_2) กับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำให้เกิดเฟสเชื่อมประสานในระบบ (C-S-H) เพิ่มมากขึ้น

ซึ่งจากการพิจารณาสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PC-PNZZ-PVDF-(FA/RHA) และระบบ PC-PSZZ-PVDF-(FA/RHA) ที่อุณหภูมิห้องและความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ พบว่าจะมีค่าอยู่ระหว่างค่าไดอิเล็กทริกของเซรามิก PNZZ และ PSZZ ซึ่งมีค่าประมาณ 650-1200 และปูน PC จะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกประมาณ 98 พอลิเมอร์ PVDF มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกประมาณ 40 ซึ่งค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุผสม จะเป็นผลรวมของค่าไดอิเล็กทริกในแต่ละเฟส

รวมกันเรียกว่า “sum property” สอดคล้องกับ Newnham (1986) ซึ่งอธิบายว่า การรวมกันของค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะมีทั้งแบบอนุกรม (series) และแบบขนาน (parallel) และกฎการรวมกัน (mixing rules) จะเกี่ยวข้องกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริก และสัดส่วนโดยปริมาตร (volume fraction) เท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

ถ้าแลกเปลี่ยนและแก้รอย มีองค์ประกอบของธาตุคล้ายกับองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนได้ และสามารถเตรียมเซรามิก PNZT และ PSrZT ที่มีรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลของสาร PZT ในแฟ้มข้อมูล JCPDS หมายเลข 33-0784 ซึ่งมีโครงสร้างผลึกเป็นเตตระโกนอล (tetragonal) และทำการเผาซินเตอร์ด้วยอุณหภูมิ 1250^oซ. และ 1200^oซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมงโดยใช้อัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิเท่ากับ 5^oซ. ต่อ นาที โครงสร้างทางจุลภาคของเซรามิก PNZT มีลักษณะของเกรนเป็นเหลี่ยมมุมมีขนาดโดยประมาณ คือ 1 ไมครอน และโครงสร้างทางจุลภาคของเซรามิก PSrZT ที่กำลังขยาย 2000 เท่า มีลักษณะของเกรนเป็นเหลี่ยมมุมมีขนาดโดยประมาณ คือ 10 ไมครอน ซึ่งจะมีขนาดโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าเซรามิก PNZT ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PC-PNZT-PVDF-(FA/RHA) และระบบ PC-PSZT-PVDF-(FA/RHA) พบว่าอัตราส่วนผสมของ FA และ RHA ที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ที่เหมาะสมที่สุด คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การผลิตวัสดุผสมซีเมนต์ปอซโซลาน/เซรามิก/พอลิเมอร์เพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้าง (Fabrication of Cement pozzolan/Ceramic/Polymer Composites for Use in Structural Health Monitoring) ได้สำเร็จจุลวงโดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวรรธ ทงมี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ในการอนุเคราะห์เครื่องมือวัดสมบัติไดอิเล็กทริกผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- ปริญญา จินดาประเสริฐ. 2547. **แก้รอยในงานคอนกรีต**. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย.
- Trezza, M.A. 2013. Hydration study of ordinary portland cement in the presence of zinc ions, **Mats. Res. Print version**. ISSN 1516-1439.
- Sidney, M. Y.J. Francis. and D. David. 2002. pp. 108-110. *In Concrete 2nd* ed. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Ozkan, O., I. Yuksel. and O. Muratoglu. 2007. Strength properties of concrete incorporating coal bottom ash and granulated blast furnace slag. **Waste Manag.** 27:161-167.

- Yuksel, I., T. Bilir. and O. Ozkan. 2007. Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate. **Buil. Env.** 42: 2651-2659.
- Demirboga, R. and R. Gul. 2003. The effect of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete. **Cem. Con. Res.** 33:723-727.
- Pala, M., A. Oztas, M.I. Yuce and E. Özbay. 2007. Appraisal of long-term effects of fly ash and silica fume on compressive strength of concrete by neural networks. **Con. Buil. Mats.** 21: 384-394.
- Newnham, R.E. 1986. Composite electroceramics. **Am. Rev. Mater. Sci.** 16: 47-68.

ผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียว (*Vigna radiata*)

Effect of Gamma Radiation on Survival Rate in Mungbean (*Vigna radiata*)

นญา อารยะสกุล^{1*} บุญสม บุษบรรณ¹ มนฤดี ชัยโพธิ์¹ และสุภารัตน์ สีนันชอุดม²

Nada Arayaskul^{1*}, Boonsom Bussaban¹, Monrudee Chiayapho¹ and Suparat Leetanatudom²

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

²สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

²Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: nadaarayaskul@gmail.com

บทคัดย่อ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata*) เป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งในประเทศไทย มีโปรตีนสูงใช้ในการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน พบการใช้รังสีแกมมาเพื่อเพิ่มความหลากหลายของพืชมานานหลายทศวรรษ โดย การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการรอดชีวิตของถั่วเขียวเมล็ดแห้งและแช่น้ำของ เมล็ดถั่วเขียว ด้วยการนำเมล็ดถั่วเขียวไปแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 กิโลเรด ขณะที่เมล็ดแห้งจะนำไปฉายที่ปริมาณ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 กิโลเรด จากผล ของการศึกษาพบว่าค่า LD₅₀ หลังปลูกเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ของเมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำเท่ากับ 6.2 กิโลเรด และเมล็ดแห้ง เท่ากับ 225 กิโลเรด ตามลำดับ จากค่า LD₅₀ ที่แตกต่างกันในเมล็ดที่แช่น้ำและเมล็ดแห้ง แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมา มีผลที่รุนแรงต่อเมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำมากกว่าที่เมล็ดแห้ง

คำสำคัญ: ถั่วเขียว รังสีแกมมา อัตราการรอดชีวิต

Abstract

Mungbean (*Vigna radiata*) is an economically important crop of Thailand which has high protein content. It is used as an ingredient in both savory and sweet dishes. The application of gamma radiation has been used to induce genetic variations of plants for many decades. The study aimed to compare the effect of gamma radiation on survival rate of dry seeds and soaked seeds in mungbean. Some seeds were soaked in water for 12 hours and then irradiated with 0, 2, 4, 6, 8 and 10 krad doses of gamma ray. While, dry seeds were irradiated with 0, 100, 200, 300, 400 and 500 krad doses of gamma ray. The results showed that the Lethal Dose (LD₅₀) of soaked seeds and dry seeds after 2 weeks of planting were 6.2 and 225 krad, respectively. This suggests that gamma radiation had more influence on survival rate of soaked seeds than dry seeds.

Keywords: mungbean, gamma ray, survival rate

คำนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiata*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง จึงนิยมนำมาบริโภค นอกจากนี้ยังนิยมนำมาใช้โกลบเพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้กับดิน เป็นพืชที่นิยมนำมาเพาะปลูกเนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย โตเร็ว และมีอายุสั้น เมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ เหมาะกับสภาพอากาศของประเทศไทย จึงมีการปลูกกันอย่างกว้างขวาง

เนื่องจากรังสีแกมมาสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม และด้านการเกษตร โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้รังสีแกมมาที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะทางพฤกษศาสตร์หรือโครงสร้างภายนอก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เมื่อนำเมล็ดข้าวสาลีมาทดลองฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 100, 200, 300 และ 400 เกรย์ พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวสาลีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่กลับพบว่าการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 200, 300 และ 400 เกรย์ ส่งผลให้ความความยาวของรากและยอดในข้าวสาลีลดลง ในขณะที่รังสีแกมมาปริมาณ 100 เกรย์ จะพบว่าข้าวสาลีมีปริมาณโพสลินและคลอโรฟิลล์สูงที่สุด (Borzouei *et al.*, 2010) นอกจากนี้พบว่าเมื่อฉายรังสีในเมล็ดพืชที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นแตกต่างกันจะส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตของพืช โดยได้มีการศึกษาทั้งในมะละกอ (Chan, 2009) และเมล็ดเทียนดำ (Maamoun *et al.*, 2014)

ดังนั้นจึงนำถั่วเขียวมาใช้เป็นพืชตัวอย่างในการทดลอง โดยการฉายรังสีแกมมาเพื่อศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดและอัตราการรอดชีวิต (Lethal dose 50: LD₅₀) เปรียบเทียบระหว่างเมล็ดแห้งและเมล็ดที่แช่น้ำ โดยในพืชแต่ละชนิดจะมีค่า LD₅₀ ที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์และสปีชีส์ (Roslim and Fiatin, 2015)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเมล็ดถั่วเขียวและการฉายรังสี

นำเมล็ดถั่วเขียว 1200 เมล็ด แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง (เมล็ดแห้งและเมล็ดแช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง) แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยเมล็ดถั่วเขียว 100 เมล็ด เป็นจำนวน 6 ชุดทดลองย่อย นำไปฉายรังสีด้วยเครื่องแกมมาเซลล์ มีต้นกำเนิดรังสีจาก Co⁶⁰ ที่ปริมาณต่างกัน โดยเมล็ดแห้งฉายรังสีที่ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 กิโลเรด ส่วนเมล็ดแช่น้ำฉายรังสีที่ปริมาณ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 กิโลเรด ตามลำดับ ก่อนนำลงปลูกเพื่อศึกษาอัตราการรอดชีวิตต่อไป โดยทำการปลูกลงในกระบะปลูกจำนวน 100 เมล็ดต่อกระบะ และใช้เครื่องปลูกที่มีส่วนผสมระหว่าง ดิน: ขุยมะพร้าว:ทราย เป็น 2: 1: 1 หลังการปลูกวางกระบะทั้งหมดไว้ในโรงเรือนเพื่อป้องกันโรคและแมลง

การบันทึกผลและหาค่า LD₅₀

หลังจากปลูกเมล็ดถั่วเขียว สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกวัน โดยเปอร์เซ็นต์การงอกจะนับต้นถั่วเขียวที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นขึ้นเหนือผิวดินหลังปลูก 14 วัน และอัตราการรอดชีวิตศึกษาจนถึงวันที่ 20 หลังการปลูก

ขั้นตอนการหาค่า LD₅₀

นำข้อมูลที่ได้ มาคำนวณโดยใช้สูตรเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตโดยใช้สูตรด้านล่าง ก่อนนำไปสร้างกราฟเพื่อหา

ค่า LD₅₀

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต} = \frac{100 \times b}{c}$$

กำหนดให้ b = จำนวนพืชที่รอดชีวิตของการเก็บผลครั้งสุดท้าย

c = จำนวนพืชที่รอดชีวิตของการเก็บผลครั้งสุดท้ายในชุดควบคุม

ผลการวิจัย

อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียว

เมื่อปลูกเมล็ดถั่วเขียวทั้งแบบแห้งและแบบแช่น้ำที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา พบว่าปริมาณของรังสีแกมมาที่สูงขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวลดลง บันทึกข้อมูลต่อเนื่องจนถึงวันที่ 20 หลังปลูก ในชุดควบคุมของเมล็ดถั่วเขียวทั้งแบบแห้งและแช่น้ำจะมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดที่สุด คือ 87% และ 100% ตามลำดับ ในส่วนของชุดที่ฉายรังสีเมล็ดถั่วเขียวทั้งแบบแห้งและแช่น้ำจะมีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุดเมื่อได้รับรังสี 500 กิโลเรต (0%) และ 10 กิโลเรต (2%) ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟจะแสดงให้เห็นถึงค่า LD_{50} ของเมล็ดถั่วเขียวทั้งแบบแห้งและแบบแช่น้ำ (Figure 1) พบว่าค่า LD_{50} ในเมล็ดแช่น้ำ (6.2 กิโลเรต) มีค่าต่ำกว่า LD_{50} ของเมล็ดแห้ง (225 กิโลเรต) เป็นอย่างมาก

ลักษณะที่พบในต้นถั่วเขียว

เมล็ดถั่วเขียวแห้งที่ฉายด้วยรังสีแกมมาปริมาณ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 กิโลเรต หลังจากปลูกเป็นเวลา 14 วัน เมล็ดถั่วเขียวที่ฉายด้วยรังสีแกมมาปริมาณ 100 และ 200 กิโลเรต ใบจะมีรูปร่างและสีผิดปกติแตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนเมล็ดที่ฉายด้วยรังสีแกมมาปริมาณ 300, 400 และ 500 กิโลเรต เมล็ดถั่วเขียวมีการงอกแต่ไม่สามารถเจริญเติบโตจนกลายเป็นต้นได้ (Figure 2A-2F) ในขณะที่เมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำและฉายด้วยรังสีแกมมา จะพบลักษณะที่ผิดปกติของใบในการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 2, 4, 6 และ 8 กิโลเรต โดยใบจะมีขนาดเล็กลง ขอบใบหงิกงอและบิดเบี้ยว ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉายรังสี นอกจากนี้ในชุดการทดลองที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 8 กิโลเรต จะพบต้นถั่วเขียวที่มีใบประกอบเพียง 2 ใบ ส่วนชุดการทดลองที่ฉายรังสีแกมมาที่ 10 กิโลเรต ลำต้นจะมีขนาดเล็กและไม่แข็งแรง เจริญเติบโตช้า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ (Figure 2G-2L)

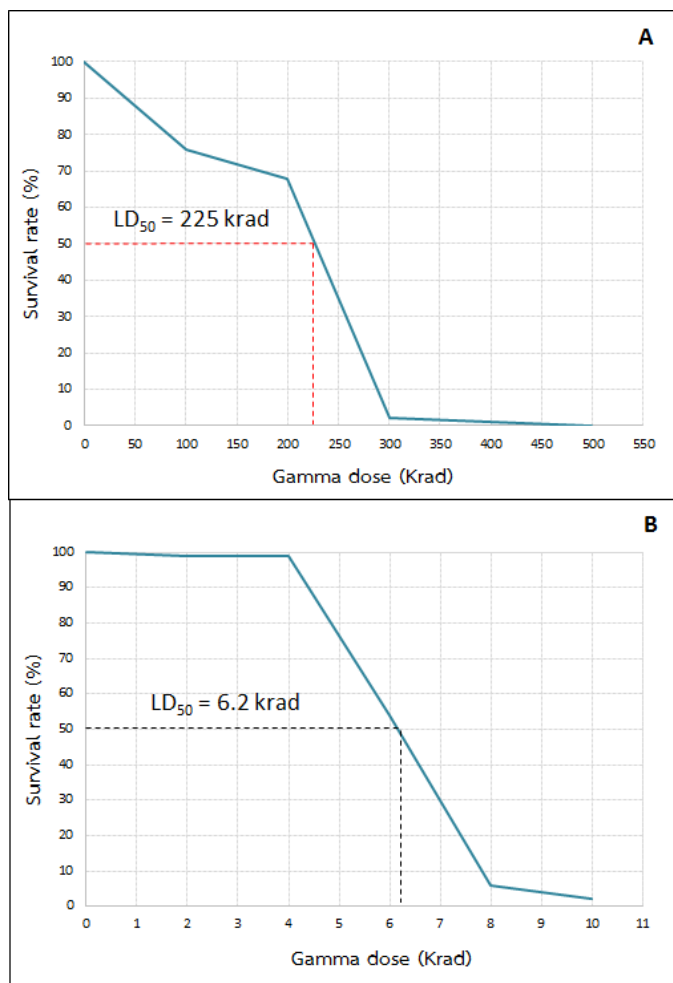


Figure 1 Survival rate and LD₅₀ of irradiated mungbean seeds after planting 20 days
(A) dry seeds and (B) soaked seeds



Figure 2 Effect of different doses of gamma radiation on the growth and development of mungbeans (A) dry seeds-control (B) dry seeds-100 Krad (C) dry seeds-200 Krad (D) dry seeds-300 Krad (E) dry seeds-400 Krad (F) dry seeds-500 Krad (G) soaked seeds-control (H) soaked seeds-2 Krad (I) soaked seeds-4 Krad (J) soaked seeds-6 Krad (K) soaked seeds-8 Krad and (L) soaked seeds-10 Krad (Arrows indicate abnormalities)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของรังสีแกมมาต่อการงอกและการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียว

เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีมากขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของถั่วเขียวลดลง ในชุดการทดลองของถั่วเขียวแห้ง และแช่น้ำหลังได้รับปริมาณรังสีแกมมา 500 และ 10 กิโลเรด พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเพียง 0% และ 2% ตามลำดับ หลังจากการปลูกเมล็ดถั่วเขียวเป็นระยะเวลา 6-8 วัน จะพบการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียวมีค่าสูงสุด แต่หลังจากวันที่ 8 พบว่าเริ่มมีการตายของถั่วเขียวเพิ่มมากขึ้น และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวันเก็บผลครั้งสุดท้าย คือ วันที่ 30 หลังการปลูก เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีจะส่งผลต่อการงอกและการรอดชีวิต

ของถั่วเขียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาในข้าวสาลี พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณที่สูงกว่า 0.1 กิโลเกรย์ จะทำให้ข้าวสาลีมีผลผลิตลดลง และการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.1-0.4 กิโลเกรย์ จะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและความสูงของข้าวสาลีจะน้อยลง (Mashev *et al.*, 1995) อีกทั้งยังสอดคล้องกับการทดลองในเมล็ดข้าวโพด ซึ่งเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.1-1 กิโลเกรย์ หลังการปลูก 7 วัน พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณสูงกว่า 0.5 กิโลเกรย์ ข้าวโพดจะมีชีวิตอยู่ได้ไม่เกิน 10 วัน โดยรังสีแกมมาจะยับยั้งการงอกของข้าวโพดประมาณ 11-62% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Delia *et al.*, 2013)

ค่า LD₅₀ ของเมล็ดถั่วเขียวแห้งและแช่น้ำ

ค่า LD₅₀ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความไวต่อรังสีของพืช (Horn and Shimelis, 2013) และเป็นขั้นตอนแรกของการปรับปรุงพันธุ์พืช ค่า LD₅₀ คือ ปริมาณรังสีที่ทำให้พืชตายไป 50% การที่พืชมีค่า LD₅₀ สูงแสดงให้เห็นว่าพืชนั้นมีความไวต่อรังสีต่ำ (Roslim and Fiatin, 2015) จากการทดลองพบว่าถั่วเขียวแห้งและแช่น้ำจะมีค่า LD₅₀ คือ 225 และ 6.2 กิโลเรต ตามลำดับ จากการทดลองมีแนวโน้มว่าค่า LD₅₀ ในเมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการแช่น้ำจะมีค่า LD₅₀ ที่ต่ำกว่าค่า LD₅₀ ของเมล็ดถั่วเขียวแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chan (2009) โดยได้หาค่า LD₅₀ ในเมล็ดมะละกอชนิดแห้งและแช่น้ำพบว่าในเมล็ดมะละกอแห้งจะมีค่า LD₅₀ ที่สูงกว่าเมล็ดมะละกอที่แช่น้ำ (525 เกรย์ และ 42.5 เกรย์ ตามลำดับ) รวมทั้งการศึกษาของ Maamoun *et al.* (2014) ได้ฉายรังสีแกมมาในเมล็ดเทียนดำแห้งและแช่น้ำด้วยปริมาณรังสีที่เท่ากัน พบว่ารังสีแกมมาจะแสดงผลที่รุนแรงในเมล็ดที่แช่น้ำมากกว่าเมล็ดแห้ง โดยพบว่าเมล็ดที่แช่น้ำที่ได้รับการฉายรังสีจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดเพียงแค่ 0.03% ส่วนเมล็ดแห้งที่ได้รับการฉายรังสีจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 6.71% ค่า LD₅₀ ในเมล็ดที่แช่น้ำจะมีค่าที่ต่ำกว่าเนื่องจากรังสีแกมมาจะทำให้ปฏิกิริยากับน้ำในเมล็ดทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะไปจับกับโครงสร้างของดีเอ็นเอ ทำให้โครงสร้างของดีเอ็นเอเกิดการเปลี่ยนแปลง จนอาจจะทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและเกิดการตายของเซลล์ (Kovacs and Keresztes, 2002; Rashid *et al.*, 2013)

ลักษณะที่พบหลังจากการฉายรังสีแกมมา

เมื่อปลูกเมล็ดถั่วเขียวแห้งและแช่น้ำหลังจากฉายรังสีแกมมาที่ระยะเวลาต่างๆ เป็นระยะเวลา 14 วัน จะพบว่าใบมีรูปร่างที่ผิดปกติ โดยถั่วเขียวที่แช่น้ำจะพบลักษณะใบที่ผิดปกติ โดยใบจะมีลักษณะหงิกงอ ขนาดของใบเล็ก และแคบลง ต้นถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตจนกลายเป็นต้นแต่ไม่แข็งแรง ใบและต้นมีขนาดเล็ก ส่วนถั่วเขียวเมล็ดแห้งจะพบลักษณะใบที่ผิดปกติ และถั่วเขียวได้รับรังสีปริมาณสูงจะมีการงอกแต่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และตายในที่สุดหลัง 30 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shroni (2013) ที่ได้ศึกษาการฉายรังสีแกมมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของฟ้ายะลวยโจร โดยการนำเมล็ดฟ้ายะลวยโจรมาทำการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10-100 กิโลเรต พบว่าเมื่อฉายรังสีแกมมาที่สูงกว่า 70 กิโลเรตจะไม่พบการงอกของเมล็ดฟ้ายะลวยโจร ส่วนเมล็ดที่ฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 30-60 กิโลเรต เมล็ดฟ้ายะลวยโจรจะงอกแต่จะรอดชีวิตอยู่ได้เพียง 1-2 สัปดาห์ ดังนั้นรังสีแกมมาปริมาณ 20 กิโลเรต จึงเป็นปริมาณรังสีที่สูงที่สุดที่ทำให้ฟ้ายะลวยโจรสามารถรอดชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมาที่ 10 กิโลเรต ใบของฟ้ายะลวยโจรเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงเมื่อใบมีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ และยังพบรูปร่างของใบที่ผิดปกติจากการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10 และ 20 กิโลเรต ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Viveka *et al.* (2009) ที่ทดลองฉายรังสีแกมมาในเมล็ดดอกดาวเรือง ด้วยปริมาณ 100-400 เกรย์ หลังจากปลูกเป็นเวลา 30 วัน จะพบลักษณะที่ผิดปกติของใบดอกดาวเรือง เช่น พบใบที่มีลักษณะหงิกงอ ขนาดของใบแคบและเล็ก

จำนวนใบลดลง จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของรังสีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงและทำให้พบลักษณะที่ใบที่ผิดปกติมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีแกมมาสูงขึ้น จะส่งผลต่อการงอกและอัตราการรอดชีวิตของเมล็ดถั่วเขียว เมื่อปลูกเมล็ดถั่วเขียวแห้งและแบบแช่น้ำได้ระยะหนึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่ลดลง และพบลักษณะใบและการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ และค่า LD₅₀ ในเมล็ดถั่วเขียวแห้งและแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมงจะมีค่าเท่ากับ 225 และ 6.2 กิโลเรด ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. กิตติคุณ พระกระจ่าง สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในความเอื้อเฟื้อในการฉายรังสีแกมมา

เอกสารอ้างอิง

- Borzouei, A., M. Kafi, H. Khazaei, B. Naseriyan and A. Majdabadi. 2010. Effect of gamma radiation on germination and physiological aspect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. **Pakistan Journal of Botany**. 42(4): 2281-2290.
- Chan, Y.K. 2009. Radiation-Induce Mutation Breeding of Papaya. In Jain, M.S. and M.M. Spencer (eds): Induced Mutation In Tropical Fruit Tree. pp. 93-110. In **International Atomic Energy**. Vienna.
- Delia, M., D. Grigore, C. Constantin and C. Victoria. 2013. Gamma radiation effects on seed germination, growth and pigment content and ESR study of induced free radicals in maize (*Zea mays*). **Journal of Biological Physics**. 39(4): 625-634.
- Horn, L. and H. Shimelis. 2013. Radio-sensitivity of selected cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes to varying gamma irradiation dose. **Scientific Research and Essays**. 8(40): 1991-1997.
- Kovacs, E. and A. Keresztes. 2002. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. **Micron**. 33: 199-210.
- Maamoun, M.K.M., M.E.EL-Mahrouk, Y.H. Dewir and S.A. Omran. 2014. Effect of radiation and chemical mutagens on seeds germination of black cumin (*Nigella sativa* L). **Journal of Agricultural Technology**. 10(5): 1183-1199.

- Mashev, N., G. Vassilev and K. Ivanov. 1995. A study of N-allyl N-2 pyridyl thiourea and gamma radiation treatment on growth and quality of peas and wheat. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**. 21(4): 56-63.
- Rashid, K., D. Mohd, A.B. Nezhadahmadi, K.H. Zainnoldin, A. Azar and S. Efzuei. 2013. The effect of using gamma rays on morphological characteristics of ginger (*Zingiber officinate*) plants. **Life Science Journal**. 10(1): 1538-1544.
- Roslim D. I. and I. Fiatin. 2015. Lethal dose 50 (LD50) of mungbean (*Vigna radiate* L. Wilczek) cultivar Kampar. **Journal of breeding and Genetics**. 47(4): 510-516.
- Shroni, K.B. 2013. Effect of gamma radiation on morphological ad growth parameters of *Andrographis paniculata*. **Indian Journal of Applied Research**. 3(6): 55-57.
- Viveka, N.S., B.K. Banerji, A.K. Dwivedi and A.K. Verma. 2009. Effect of gamma irradiation on African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gainda. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 4(1): 36-40.

การสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาโดยวิธีสกัดเย็น
และการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ
Cold Pressed Hawm Gra Dang Nghah Rice Bran Oil Extraction
and Formulation of Oil-in-water Emulsion Skin Care Cream

ฮาลาห์ บิลสุลตัน

Hala BinSulthan

สาขาวิชาการแพทย์แผนตะวันออก คณะแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000

Master of Science Program in Oriental Medicine, Faculty of Oriental Medicine, Rangsit University Pathumthani, Thailand 12000

Corresponding author: halabst@gmail.com

บทคัดย่อ

น้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงามีคุณค่าทางโภชนาการ มีกลิ่นหอมคล้ายดอกกระดังงา และมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง การวิจัยนี้ดำเนินงานร่วมกับโรงงานสกัดน้ำมันรำข้าวโดยวิธีการสกัดเย็นขนาดเล็กในจังหวัดพัทลุง ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีสกัดเย็น สมบัติทางเคมี และกายภาพของน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวและยกระดับคุณภาพน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา โดยการทำให้น้ำมันรำข้าวมีความคงตัวด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150^oซ. เป็นเวลา 10 นาที และลดระยะเวลาในการกรองน้ำมันโดยการใช้อุปกรณ์กรองสุญญากาศ จากการศึกษาพบว่า วิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวดังกล่าวสามารถช่วยลดกรดไขมันอิสระ และเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาสกัดเย็นได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ และเพิ่มสารต้านออกซิเดชัน นำน้ำมันรำข้าวสกัดเย็นที่ได้มาตั้งตำรับครีมบำรุงผิว โดยเตรียมครีมสูตรพื้นฐานทั้งหมด 5 สูตร แล้วพัฒนาครีมสูตรพื้นฐานแต่ละสูตรให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และความคงตัวที่ดี โดยใช้วิธีการประเมินความคงตัวของครีมด้วยวิธี Freeze and Thaw cycle ทั้งหมด 6 cycles เลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการเตรียมตำรับครีมบำรุงผิวแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยใช้ น้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาเป็นส่วนผสมสำคัญ และนำมาประเมินความคงตัวอีกครั้ง พร้อมทั้งประเมินความรู้สึกในการใช้ครีม แล้วจึงนำมาทดสอบในอาสาสมัครที่มีอายุระหว่าง 50-55 ปี จำนวน 15 คน พบว่าครีมบำรุงผิวน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาอยู่ในระดับดี ไม่เหนียวเหนอะหนะ ทาง่าย ดูดซึมเร็ว แต่ต้องพัฒนากลิ่นให้หอมเหมือนครีมชั้นนำยี่ห้ออื่นๆ เพื่อให้เกิดความน่าใช้มากขึ้น

คำสำคัญ: น้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา น้ำมันรำข้าว ครีมบำรุงผิว เวชสำอาง

Abstract

Hawm Gra Dang Ngah rice bran oil has specific superfine properties. It has high nutrition and good smell as Cananga flower. It has the right features for using in the food industry, pharmaceutical industry and cosmetics. This research was co-operated with the small cold pressed rice bran oil extraction plant in Phatthalung province. The main purpose was to study the chemical and physical properties of rice bran oil cold pressed extraction to chemical and physical properties. The Hawm Gra Dang Ngah rice bran oil extraction method was improved in order to enhance the quality of oil by heating oil at 150 Celsius for 10 minutes and to reduce oil filtration time by using a vacuum filter. According to studies, it has been found that the rice bran oil extraction method can reduce free fatty acids and peroxide in Hawm Gra Dang Ngah rice bran oil. In addition, it also increased the amount of extracted oil and antioxidants. The development process of skin care cream recipe was prepared by using 5 base formula. Each formula was studied the physical and chemical properties. The stability of each formula was evaluated using freeze and thaw cycle stabilized evaluating method 6 cycles. The best base cream was prepared the skin care cream using oil in water emulsion and tested the feeling assessment by 15 volunteers. The results showed that this skin care cream was easy to absorb. However, it need to improve the smell.

Keywords: Hawm Gra Dang Ngah rice bran oil, rice bran oil, skin care lotion, cosmetic medicine

คำนำ

เกษตรกรชาวนาในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ยังคงนิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองมากถึงร้อยละ 75 (นิธิศ และคณะ (2555) โดยพันธุ์ข้าวยอดนิยม ได้แก่ ชิงกิ้นตัง (PTNC09001) และหอมกระดังงา (PTNC09002-59) จากการสำรวจความต้องการพันธุ์ข้าวเพื่อนำมาปลูกในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสของศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี พบว่าข้าวพันธุ์หอมกระดังงาเป็นพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกและมีความต้องการเมล็ดพันธุ์มากที่สุด โดยข้าวพันธุ์นี้มีการปลูกในจังหวัดนราธิวาสมาอย่างยาวนาน จุดเด่นของข้าวพันธุ์นี้นอกจากจะมีกลิ่นหอมเหมือนดอกกระดังงาซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะแล้ว ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่ามีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กสูง และมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจำนวนมากในข้าวกล้อง มีปริมาณไขมัน สังกะสี แคลเซียม สารกาบา (Gamma aminobutyric acid) และสารกลุ่มวิตามินอีมากในข้าวกล้องงอก ส่วนในข้าวสารพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมาก (นิธิศ และคณะ, 2555) ปัจจุบันรำข้าวที่เหลือจากการแปรรูปยังมีการนำไปใช้ประโยชน์น้อยมาก โดยส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารสัตว์ รำข้าวบางส่วนถูกนำไปสกัดน้ำมันรำข้าว ในรูปแบบอุตสาหกรรมขนาดเล็กของชุมชน ซึ่งโดยทั่วไปการสกัดน้ำมันรำข้าวมีด้วยกันสองวิธีหลักคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการสกัดด้วยกรรมวิธีเชิงกล ซึ่งการสกัดด้วยตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีเชิงกล แต่ตัวทำละลายเป็นสารเคมี และมีค่าใช้จ่ายในการกำจัด รวมทั้งเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้การสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายไม่เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ส่วนวิธีการสกัดด้วยวิธีเชิงกลนิยมใช้วิธีบีบอัดด้วยสกรู ซึ่งเป็นวิธีการบีบอัดแบบธรรมชาติ มักใช้กับพืชน้ำมันที่มีปริมาณมาก น้ำมันที่ได้จากวิธีบีบอัด

แบบสกรูจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของพืชน้ำมัน ปริมาณความชื้น และการทำความสะอาดของเมล็ดพืชน้ำมันก่อนการสกัด เนื่องจากเทคโนโลยีการสกัดน้ำมันแบบบีบอัดด้วยสกรูมีเทคโนโลยีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและซ่อมบำรุงต่ำ จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับการสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาสำหรับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

อย่างไรก็ดี การสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาตามกรรมวิธีการสกัดที่ใช้ในปัจจุบันยังมีคุณภาพการสกัดต่ำ และมีมูลค่าในทางเศรษฐกิจต่ำ เพื่อที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าวดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้ได้น้ำมันรำข้าวที่มีคุณภาพสูง และนำน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่น้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะแปรรูปน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาให้เป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา โดยได้รับการสนับสนุนพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาจากสถานีวิจัยการใช้น้ำชลประทานที่ 7 จังหวัดปัตตานีเพื่อให้ได้น้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาที่มีคุณภาพดี มีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการในพื้นที่ที่สามารถผลิตได้เอง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเพื่อตั้งตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาในรูปแบบครีมบำรุงผิวแบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา เพื่อเพิ่มมูลค่าของน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาที่ชุมชนผลิตได้ ซึ่งการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันรำข้าวพื้นเมืองของไทยสายพันธุ์อื่น ๆ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาโดยเลือกใช้วิธีสกัดเย็น โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา และนำน้ำมันรำข้าวที่ผลิตได้มาตั้งตำรับครีมบำรุงผิวโดยใช้เทคโนโลยีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำให้มีคุณสมบัติเหมาะสม และเป็นแนวทางให้สามารถผลิตจำหน่ายได้ ในการดำเนินการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. การสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การสกัดน้ำมัน ใน การสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา เลือกใช้วิธีสกัดเย็น โดยดำเนินการทดลองที่บริษัทบ้านไทยเฮิร์บ ตำบลโตนดด้วน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ได้แก่ นำรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาที่ผ่านการขัดสีใหม่ๆ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 รำข้าวไม่ผ่านการอบ ส่วนที่ 2 รำข้าวผ่านการอบ แต่ละส่วนนำรำข้าวมาสกัดเย็นด้วยเครื่องบีบอัด และกรองด้วยสภาวะต่างกัน ส่วนละ 5 กก.

ส่วนที่ 1 รำข้าวไม่ผ่านการอบ โดยนำรำข้าวไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดน้ำมัน โดยแบ่งรำข้าวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 5 กก. นำไปสกัดน้ำมันโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

T₁ คือ นำไปสกัดน้ำมันโดยด้วยการบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดชนิดเกลียว ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า (hp) นำน้ำมันที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 20-25 ไมโครเมตร ในสภาวะบรรยากาศ โดยใช้กระดาษกรองสองชั้น ทำการทดลอง 3 ครั้ง

T₂ คือ นำไปสกัดน้ำมันโดยด้วยการบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดชนิดเกลียว ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า (hp) นำน้ำมันที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 20-25 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรองสองชั้น ทำการทดลอง 3 ครั้ง

ส่วนที่ 2 รำข้าวผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150^oซ.เป็นเวลา 10 นาที ตั้งให้เย็น 2 ชั่วโมงหลังอบ ก่อนนำไปสกัดน้ำมัน โดยแบ่งรำข้าวออกเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 5 กก. นำไปสกัดน้ำมันโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

T₃ คือ นำไปสกัดน้ำมันโดยด้วยการบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดชนิดเกลียว ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า (hp) นำน้ำมันที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 20-25 ไมโครเมตร ในสภาวะบรรยากาศ โดยใช้กระดาษกรองสองชั้น ทำการทดลอง 3 ครั้ง

T₄ คือ นำไปสกัดน้ำมันโดยด้วยการบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดชนิดเกลียว ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า (hp) นำน้ำมันที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 20-25 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรองสองชั้น ทำการทดลอง 3 ครั้ง

1.2 การบันทึกข้อมูล ในระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยวิธีสกัดเย็น จะมีการเก็บข้อมูลต่างๆ คือ 1) เวลาในการสกัดน้ำมัน 2) เวลาที่ใช้ในการกรองน้ำมัน 3) อุณหภูมิของน้ำมันที่ได้ และ 4) ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

1.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันรำข้าว

1.3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี นำน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ที่คณะเภสัชกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย ค่ากรด (acid value) และปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) โดยวิธีของ AOCS (2004) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) ตามวิธีของ Lai *et al.* (อ้างใน กิตติมา และสาโรจน์ , 2556) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavanoid content) ตามวิธีของ Jia *et al.* (อ้างใน สุนันทา, 2554) และการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (Subharee *et al.*, 2009; Ullahet., 2009; สุนันทา, 2554)

1.3.2 การวิเคราะห์กรรมวิธีการสกัดน้ำมันที่เหมาะสม ตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้นำมาวิเคราะห์ค่าโอไรซานอลของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ในแต่ละกลุ่ม (T₁, T₂, T₃ และ T₄) ด้วยวิธีแกมมา โอไรซานอล (Gamma Oryzanol) โดยใช้เครื่อง HPLC รุ่น 1100 (HPLC1) ตามวิธีของ Xu and Godber (อ้างใน สุนันทา, 2554) ดำเนินการวิเคราะห์ที่คณะเภสัชกรรมศาสตร์ ปี 2016 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

2. การพัฒนาครีมบำรุงผิวน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา เป็นการตั้งตำรับครีมบำรุงผิวจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาโดยใช้เทคโนโลยีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 กำหนดสูตรครีมพื้น โดยตั้งตำรับครีมพื้น 5 สูตร ดังแสดงใน Table 1

Table 1 cream base formula

Ingredients in the formulation	Cream base formula (gram)				
	formula 1	formula 2	formula 3	formula 4	formula 5
NIKKOMULESE LC	5	5	5	5	5
Cetostearyl	2	4	4	8	10
Carpriictiglyceride	8	6	10	10	4
Disodium EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Carbopal 940	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Butylene glycol	5	5	5	5	5
Glycerin	2	2	2	2	2
Triethanolamine	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tocopherol Acetate	3	3	3	3	3
DMDM Hydrantoin	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DI Water (qs)	100	100	100	100	100

2.2 ประเมินคุณสมบัติของครีมพื้น โดยประเมินคุณสมบัติ 3 ด้าน คือ

2.2.1 การวิเคราะห์ทางเคมีเป็นการทดสอบความเป็นกรด-เบส โดยใช้ pH meter

2.2.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพโดยประเมินความคงตัวของครีมพื้น เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ และหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน โดยการสังเกตลักษณะเนื้อครีม สี กลิ่น การแยกชั้น ความหนืด และความรู้สึกเมื่อทาครีม

2.3 เลือกสูตรครีมพื้นที่เหมาะสม

2.4 การพัฒนาครีมบำรุงผิวน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา โดยเติมน้ำมันรำข้าวหอมกระดังงาลงในสูตรตำรับครีมพื้นที่ถูกคัดเลือก 5.0 % แล้วนำไปทดลองใช้ในกลุ่มอาสาสมัครอายุระหว่าง 50-55 ปี เพศหญิง จำนวน 15 คน ที่ไม่มีประวัติแพ้ยาไม่มีความผิดปกติของผิวหนัง ไม่มีโรคประจำตัว และทดสอบอาการแพ้ก่อนทดลอง เพื่อประเมินความรู้สึกของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยประเมินความรู้สึกเหนอะหนะ กลิ่น และความน่าใช้ของครีม

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ในช่วง 95%CI

ผลการวิจัย

1. ผลการสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา

จากการนำมารำข้าวที่ไม่ผ่านการอบ และที่ผ่านการอบ มากรองที่สภาวะอากาศที่ต่างกัน พบว่าวิธีการสกัดน้ำมันทั้ง 4 วิธี (T₁-T₄) ใช้เวลาในการสกัด และมีอุณหภูมิของน้ำมันที่สกัดได้ไม่แตกต่างกัน (Table 2) การอบยังเพิ่มและลดปริมาณสารต่าง ๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

Table 2 Comparison of rice bran oil extraction methods

method	Time Extraction (minute)	Time filter (minute)	temperature (°C)	moisture (%)	Oil content (%)	Color of oil		
						Brightness (L*)	Red value (a*)	Yellow value (b*)
T ₁	31.47±1.63	25.02±78.00	57.10±2.20	11.47±0.25	3.26±0.21	11.10±0.85	-2.59±0.07	11.27±1.32
T ₂	31.47±1.88	39.33±0.58	58.77±0.90	11.42±0.27	4.80±0.33	10.10±0.28	-1.56±0.51	10.60±1.05
T ₃	30.33±1.99	41.33±2.08	59.43±0.32	4.58±0.51	5.50±0.22	9.68±0.86	2.84±0.60	8.66±1.99
T ₄	29.80±2.43	39.67±2.08	59.10±0.75	4.08±0.05	5.30±0.14	9.35±0.60	1.84±0.60	7.66±0.38

Table 3 Comparison of chemical properties of rice bran oil extracted from various methods

method	phenolic compounds (mg FAE/100 g oil)	Flavonoid (mg CE/100 g oil)	antioxidant (DPPH Scavenging ability, %)	Acid (mg KOH/g oil)	free fatty acid (%)	peroxide (mg Eqv/kg oil)
	T ₁	8.03±1.44	8.24±1.78	15.98±1.69	26.64±2.01	13.39±1.01
T ₂	9.53±0.60	7.74±1.01a	15.11±0.60	34.97±1.08	17.57±0.54	35.66±1.51
T ₃	16.48±0.98	8.24±1.78	34.98±1.34	6.02±0.38	3.03±0.19	12.45±0.37
T ₄	16.48±3.56	8.54±1.49	33.64±0.19	6.96±0.27	3.50±0.14	13.72±0.70

จากผลการทดลอง การกรองน้ำมันในด้วยเครื่องสุญญากาศใช้เวลาในการกรองน้อยกว่าการกรองในสภาวะบรรยากาศ (39 นาที 33 วินาที 41 นาที 33 วินาที และ 25 นาที 02 วินาที ตามลำดับ) การให้ความร้อนแก่รำข้าวโดยการอบเป็นเวลา 10 นาทีส่งผลให้รำข้าวมีปริมาณความชื้นลดลง และทำให้สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ในปริมาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังสามารถลดค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลง แต่เพิ่มค่าสีแดงของน้ำมันรำข้าว (Table 2) การอบรำข้าวยังส่งผลให้ค่ากรด ค่ากรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน และเพิ่มสารประกอบฟีนอลของน้ำมันรำข้าวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

อมรรัตน์ ถนนวนแก้ว (2555) รายงานว่าการกรองโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศสามารถลดระยะเวลา ในกระบวนการผลิตน้ำมันลงอย่างมากประมาณ 62 เท่า เนื่องจากระยะเวลาการแปรรูปที่สั้นลงทำให้ลดระยะเวลา ที่สัมผัสกับแสงและอากาศ นอกจากนี้การกรองด้วยระบบสุญญากาศยังสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เนื่องจากแรงดันในการกรองที่สูงทำให้สามารถแยกน้ำมันออกจากตะกอนได้ดี รวมทั้งการกรองแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณสารต้านออกซิเดชันของน้ำมันรำข้าวได้ โดยความร้อนทำให้รำข้าวมีความคงตัว ซึ่งอาจจะมิผลในการ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในรำข้าว และยังคงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างจากน้ำมันรำข้าวสด

2. ผลการพัฒนาตำรับครีมพื้น

เมื่อได้น้ำมันรำข้าวที่สกัดเย็นแล้ว นำมาพัฒนาตำรับยาครีม โดยคัดเลือกครีมพื้นมาทดสอบ 5 ตำรับ โดยประเมินจากคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ลักษณะเนื้อครีม สี กลิ่น การไหลของครีม ความเป็นกรด-ด่าง การแยกชั้น และความรู้สึกเวลาทา โดยผลการทดลองเป็นไปตามตารางดังนี้ (Table 4)

Table 4 Physical and chemical properties of base cream

Evaluation	formula 1	formula 2	formula 3	formula 4	formula 5
Cream color	Smooth texture White	not smooth. White	Smooth White	Smooth White	Smooth texture White
smell	fragrant	fragrant	fragrant	fragrant	fragrant
centipoises	Very liquid	Very viscous	Very viscous	Very viscous	Quite viscous
PH	6	7	5	6	6
Stratification	not separate	not separate	not separate	not separate	not separate
The flow of cream	++++	+++	+	+	++
feel	Easy do. fast drying.	Can not penetrate.	Hard do and gooey	Hard do and gooey	Easy do. fast drying.not gooey

จากการผลการทดลอง (Table 4) พบว่า ครีมพื้นสูตรที่ 5 เนื้อครีมมีลักษณะเนียนละเอียดค่อนข้างหนืด ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของเนื้อครีม ทาง่าย แห้งเร็ว และไม่เหนอะหนะ มากกว่าสูตรอื่น ที่แห้งช้ากว่า จึงเป็นสูตรที่ได้รับคัดเลือกในการนำไปพัฒนาต่อไป

3. ผลการทดสอบครีมบำรุงผิวน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา

นำสูตรครีมพื้นที่ได้มาเติมน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาที่ได้ 5.0 % ทดสอบความคงตัวที่เวลาขณะเสร็จใหม่ๆและหกเดือนถัดมา (Table 5) และนำไปทดลองใช้ในกลุ่มอาสาสมัครอายุระหว่าง 50-55 ปี เพศหญิง เพื่อประเมินความรู้สึกของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยประเมินความรู้สึกเหนอะหนะ กลิ่น และความน่าใช้ของครีม (Table 6)

Table 5 Properties of Hawm Gra Dang Nghah rice bran oil cream

time	t = 0	t = 6
Cream	Smooth, viscous is good	Smooth, viscous is good
The flow of cream	++	+++
color	Yellow	Yellow
smell	fragrant	fragrant
PH	6	6
feel	Easy do. fast drying.	Easy do. fast drying.
Feel interest	++++	+++

จากผลการทดลอง พบว่า ความคงตัวในขณะที่เสร็จใหม่ๆและอีกหกเดือนถัดมา เนื้อครีม การไหลของครีม สี กลิ่น ความเป็นกรด-ด่าง ความรู้สึกเวลาทา และความน่าใช้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ

Table 6 Feelings of volunteers on the use skin care

Feeling in use	amount (N=15)				(\bar{X})	SD.
	excellent	good	moderate	modify		
Skin permeability	15	0	0	0	4.00	0.00
Gooley	8	7	0	0	3.53	0.52
smell	4	11	0	0	3.27	0.46
Feel interest	6	9	0	0	3.40	0.51

จากการทดสอบในอาสาสมัครทั้ง 15 คน พบว่า ร้อยละ 100 มีความพึงพอใจในความสามารถซึมผ่านผิวหนัง หรือแห้งเร็ว ร้อยละ 53.33 ทาแล้วไม่รู้สึกเหนอะหนะ ร้อยละ 46.66 ทาแล้วรู้สึกเหนอะหนะเล็กน้อย ร้อยละ 26.66 รู้สึกกลิ่นดีมาก ร้อยละ 73.33 รู้สึกกลิ่นดี ร้อยละ 40 รู้สึกครีมน่าใช้มากๆ และร้อยละ 60 รู้สึกครีมน่าใช้ ทำให้ผลของครีมน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ได้รับความพึงพอใจจากอาสาสมัครโดยรวมในระดับดี

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การให้ความร้อนแก่รำข้าวก่อนการสกัดน้ำมันสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ และทำให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มีคุณภาพที่ดีขึ้น และจากการพัฒนาครีมบำรุงผิวจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา พบว่า ครีมน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาเป็นครีมที่อยู่ในระดับดี สามารถพัฒนาเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่รำข้าวได้ และสามารถพัฒนาไปใช้กับรำข้าวชนิดอื่นๆ ได้ อย่างไรก็ตามก็ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องความสามารถในการย่อยและการดูดซึมในระบบผิวหนังของครีมบำรุงผิวน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงาให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคล หน่วยงาน และองค์กรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสาน ตั้งยีนยงวัฒนา และ ดร.สุพรรณิ วัฒนธัญ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณวิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณสถานีวิจัยการใช้น้ำชลประทานที่ 7 จังหวัดปัตตานีที่สนับสนุนข้าวพันธุ์หอมกระดังงาเพื่อใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณบริษัทบ้านไทยเฮิร์บ ตำบลโตนดด้วน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงที่ให้การช่วยเหลือในการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ขอขอบคุณคณะเภสัชกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ที่กรุณาให้การช่วยเหลือในการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของน้ำมันรำข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ตลอดจนขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านในการทดสอบการใช้ครีมที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2547. **คุณค่าทางโภชนาการข้าวพันธุ์หอมกระดังงา**. กรุงเทพฯ: กรมอนามัย.
- กิตติมา ไตรรัตน์ศิริชัย และสาโรจน์ รอดคีน. 2556. **สมบัติทางเคมี-กายภาพ ชีววิทยาและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากรำข้าวอินทรีย์**. 12 น.
- นิธิศ แสงอรุณ รชนิศ พานิชกิจ สมบูรณ์ สุวรรณโณ จำเียร เจียมสวัสดิ์ บุญนะ หนูคง กัญชากานต์ ปลอดปล้อง มาเรียม มูนะ จรูญ ศรีสุวรรณ ชุน พุฒสกุล สำเร็จ แซ่ตัน ขวัญใจ คชภักดี รุจิรา ปรีชา ขนสิริน กลิ่นมณี สุเทพ ฤทธิ์แสวง สายัณห์ หนูเอก วัฒนา โพธิ์ศิริ กัญญา เชื้อพันธุ์ สุนันทา วงศ์ปิยชน และเกรียงไกร พันธุ์วรรณ. 2555. **พันธุ์ข้าวยอดนิยมขายแดนใต้ ชีบก้นตั้ง (PTNC09001) หอมกระดังงา. (PTNC09002-59)**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://dspace.tarr.arda.or.th/handle/6622815955/9960>
- สุนันทา ทองทา. 2554. **คุณสมบัติของคัพภะ รำ และแป้งลูกเดือยเพื่ออาหารสุขภาพ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/handle/123456789/6210>
- อมรัตน์ ถนงแก้ว. 2555. **การสกัดน้ำมันรำข้าวสังข์หยดโดยวิธีเชิงกลและการประยุกต์ใช้ในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.tnrr.in.th/?page=result_search&record_id=203527
- AOCS. 2004. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. American Oil Chemists' Society, Champaign.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- คมสันต์ หุตะแพทย์. 2550. **เคล็ดลับการสกัดน้ำมันรำข้าวบีบเย็นด้วยเครื่องสกรูเพรส**. *เกษตรธรรมชาติ* 10(4): 37-39.
- ชูขวัญ ทองมี. 2550. **ยกระดับน้ำมันรำข้าวไทยด้วยการวิเคราะห์คุณค่าและขอมาตรฐาน**. *เกษตรธรรมชาติ* 10(4): 37-39.
- นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์. 2545. **น้ำมันรำข้าวทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย**. กรุงเทพฯ: โอเดียน-สโตร์.
- วรางคณา เลิศทรัพย์วิจิตร และวีรชัย ปัญญารพันธ์. 2537. **การพัฒนาสูตรตำรับ triamcinolone acetonide ชนิดโลชั่น**. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สิริพรบูรพาเดชะ. 2534. **รูปแบบยาทาผิวหนังกบับ 1**. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การพัฒนาโลชั่นจากหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม้อน และน้ำมันมะกรูด Development of Body Lotion from White Radish, Perilla Seed's Oil and Kaffir Lime Oil

ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์* นิสาชล จิตต์หมั่น ปวารณา โยปิ่นเตี้ย และนิรันุช ไชยรังษี

Rudeewan Tungpradit*, Nisachon Jitmun, Pavarana Yopantea and Neeranuch Chairungsi

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand 50300

*Corresponding author: rudeewan@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโลชั่นที่มีส่วนผสมของสารสกัดหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม้อน และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูด ได้ทำการเตรียมโลชั่นหัวไชเท้า ทั้งหมด 4 สูตร เพื่อเลือกโลชั่นที่ดีที่สุด โดยเลือกจากโลชั่นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวที่ดี ไม่ระคายเคืองผิว เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว มผช.551/2553 จากนั้นจึงได้นำโลชั่นสูตรที่ดีที่สุดไปทดสอบประสิทธิภาพการทำให้ผิวขาว ทดสอบการใช้โลชั่นสูตรที่มีและไม่มีสารสกัดหัวไชเท้าเป็นเวลา 9 สัปดาห์ และวัดค่าความสว่างของสีผิว (L) โดยเครื่องวัดสี MiniScan EZ 4500L พบว่าอาสาสมัครที่ใช้โลชั่นทั้งสองสูตรมีสีผิวขาวขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 9 สัปดาห์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสูตรที่มีสารสกัดหัวไชเท้าทำให้ผิวขาวขึ้นมากกว่าโลชั่นสูตรที่ไม่มีสารสกัด หัวไชเท้าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนความพึงพอใจโดยรวมของโลชั่นทั้งสองสูตรอยู่ในระดับพอใจมากเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นโลชั่นทาผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม้อน และน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ และสามารถทำให้ผิวขาวขึ้นได้

คำสำคัญ: โลชั่น หัวไชเท้า ผิวขาว น้ำมันงาขี้ม้อน น้ำมันมะกรูด

Abstract

This research aimed to develop white radish body lotion with perilla seed's oil, kaffir lime oil and white radish extract. The lotions were developed for 4 formulas, and selected the best one with good physical properties, stability and no skin irritation, based on Thai community produce standards; skin cares produce standard No.551/2553. Whitening effect of lotion with or without white radish extract was observed on 30 volunteers for 9 weeks by using L scale (a low number indicates dark and a high number indicates light) measured by MiniScan EZ 4500L. The result showed that both lotions significantly increased skin whitening ($p < 0.05$). Moreover, the lotion with white radish significantly increased mean L scale when compared with base lotion ($p < 0.01$). From the questionnaires, the volunteer's overall satisfaction toward both lotion showed the same positively satisfied level ($p < 0.05$).

Keywords: lotion, white radish, whitening, perilla seed's oil, kaffir lime oil

คำนำ

ในปัจจุบันมีสารสกัดจากธรรมชาติหลายชนิดที่มีสรรพคุณช่วยให้ผิวกระจ่างใส เช่น มะขามป้อม มะหาด ใบหม่อน ซึ่งมีงานวิจัยออกมารองรับ จึงเป็นแนวทางในการเลือกใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ช่วยให้ผิวกระจ่างใส จากงานวิจัยพบว่า หัวไชเท้ามีฤทธิ์ต่อต้านสารอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานิน (วรชมน, 2557) จากการศึกษาที่ผ่านมา สารสกัดจากหัวไชเท้าอาจจะไม่ใช่พืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากเป็นพืชที่หาได้ง่ายในไทย ปลูกง่าย และเป็นพืชที่คนไทยรู้จักดี สารสกัดจากหัวไชเท้าจึงเป็นพืชสมุนไพรที่น่าสนใจ ที่จะนำมาใช้พัฒนาเป็นส่วนประกอบในโลชั่นที่ช่วยให้ผิวกระจ่างใส และในส่วนประกอบของโลชั่นที่ขาดไม่ได้ อีกอย่างคือกลิ่นและน้ำมัน กลิ่นของโลชั่นที่เป็นส่วนหนึ่งที่ดึงดูดให้คนสนใจและตัดสินใจเลือกใช้โลชั่น โดยผู้วิจัยเลือกใช้กลิ่นจากน้ำมันหอมระเหยเปลือกมะกรูด เนื่องจากเป็นพืชที่หาง่ายปลูกตามท้องถนนที่พบมากในประเทศ และในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูดจะมีสารซิโทรเนลลาล (Citronellal) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยทั้งสองมีสรรพคุณช่วยในการทำให้สดชื่น ผ่อนคลาย แก้วเวียน คัดจมูก ลดอาการซึมเศร้า นอกจากนี้ยังใช้สำหรับป้องกันหรือไล่แมลงได้อีกด้วย ส่วนน้ำมันงาซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันเป็นชนิดโอเมก้า 3 ซึ่งโอเมก้า 3 นั้น ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถผลิตได้ นอกจากนั้นงามัน ยังช่วยบำรุงสมองชะลอความแก่ แก้อาการซึมเศร้า ลดริ้วรอยบนใบหน้า และบำรุงผิว (นวลศรี, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีความสนใจที่พัฒนาโลชั่นที่มีองค์ประกอบจากสารสกัดหัวไชเท้า น้ำมันงา และน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ประเมินผลการใช้โลชั่นต่อการทำให้ผิวขาวโดยอาสาสมัคร เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโลชั่นจากหัวไชเท้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาสูตรโลชั่น

1.1 การเตรียมสารสกัดหัวไชเท้า

จากงานวิจัยของจิตราพร (2559) พบว่าเมื่อเตรียมโลชั่นที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากหัวไชเท้าที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 0.4% w/w ไม่ทำให้อาสาสมัครที่ทดลองใช้โลชั่นนั้นเกิดอาการแพ้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้สารสกัดหัวไชเท้า 0.4% w/w เนื่องจากต้องการลดขั้นตอนในการเตรียมสารสกัดหัวไชเท้าแห้งจึงคำนวณย้อนกลับจากร้อยละผลผลิตที่ได้ (2.8416) เพื่อหาน้ำหนักของหัวไชเท้าสดที่จะนำมาสกัดได้เท่ากับ 14.1 กรัม ดังนั้นสารสกัดหัวไชเท้าจึงเตรียมได้โดยนำ หัวไชเท้ามาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งน้ำหนักให้ได้ 141 กรัม รวมกับน้ำกลั่น 60 กรัม นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น จากนั้นคั้นน้ำและกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบางแล้วปรับน้ำหนักเป็น 200 กรัมโดยใช้น้ำกลั่น แสดงว่าถ้านำตัวอย่างมา 20 กรัม จะมีสารสกัดหัวไชเท้า 14.1 กรัม เมื่อนำไปผสมกับโลชั่น ตามสูตรต่างๆ จะมีสารสกัดหัวไชเท้าเทียบเท่าสารสกัดหัวไชเท้าแห้ง 0.4% w/w

1.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูด

นำผลมะกรูดมาล้างให้สะอาด ผานเปลือกเอาแต่ส่วนที่เป็นสีเขียว แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งน้ำหนักเปลือกที่ได้เติมน้ำแล้วปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ชุดกลั่นด้วยน้ำ ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90-95°C. เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง แล้วเก็บน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้มาเติม Na_2SO_4 เพื่อแยก

นำออกจากน้ำมันหอมระเหยอีกครั้ง นำน้ำมันหอมระเหยที่ได้เก็บในตู้เย็น โดยขวดที่เก็บน้ำมันหอมระเหยนั้นจะต้องเป็นขวดที่มีฝาปิดมิดชิด และกันแสงเข้าไปทำปฏิกิริยา

1.3 น้ำมันงาขี้ม้อน

น้ำมันงาขี้ม้อนได้จากการสกัดเย็นโดยการใช้เครื่องบีบอัดเพื่อให้ได้น้ำมันออกมา โดยน้ำมันงาขี้ม้อนนี้ซื้อมาจาก หจก. เพื่อนพลังงาน

1.4 การเตรียมโลชั่น

ซึ่งสารต่างๆ ตาม Table 1 เพื่อเตรียมโลชั่นทั้ง 4 สูตร แบ่งส่วนประกอบของโลชั่นออกเป็น วัฏภาคน้ำ (water phase) และวัฏภาคน้ำมัน (oil phase) ละลายวัฏภาคทั้งสอง โดยอุ่นให้อุณหภูมิของ วัฏภาคน้ำประมาณ 73-78°C. และอุ่นวัฏภาคน้ำมันให้อุณหภูมิประมาณ 70-75°C. (ให้อุณหภูมิวัฏภาคน้ำสูงกว่าวัฏภาคน้ำมัน 2-3°C.) แล้วค่อยๆ เทวัฏภาคน้ำลงในวัฏภาคน้ำมัน พร้อมทั้งกวนด้วยเครื่อง Stirrer Vertical โดยกวนติดต่อกันตลอดเวลาที่ความเร็ว 400 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จนกระทั่งโลชั่นเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเติมน้ำมันหอมระเหย มะกรูดที่สกัดได้จากข้างต้น แล้วกวนต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่ส่วนผสมของโลชั่นในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้มีการดัดแปลงมาจากโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาโลชั่นจากน้ำมันงาขี้ม้อนและสารสกัดเปลือกมะละกอสุก (เยาวลักษณ์, 2559)

Table 1 Composition of the white radish lotion formulations

Ingredients	% w/w			
	F1	F2	F3	F4
Oil phase				
Perilla seed's oil	7.50	6.50	6.50	6.50
Stearic acid	7.00	6.00	6.00	6.00
Cetyl alcohol	5.00	3.00	5.00	5.00
kaffir lime oil	2.00	2.00	2.00	1.00
Water phase				
Water	44.70	53.70	51.70	52.40
White radish extract	20.00	20.00	20.00	20.00
Glycerrin 99%	10.00	5.00	5.00	5.20
Tween 80	3.00	3.00	3.00	3.00
Methyl paraben	0.10	0.10	0.10	0.15
Propyl paraben	0.10	0.10	0.10	0.15

2. การประเมินคุณสมบัติของโลชั่น

2.1 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของโลชั่น

การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของโลชั่นเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ โดยพิจารณาจากลักษณะเนื้อโลชั่นการแยกชั้น สี กลิ่น โดยการตรวจพินิจ และทดสอบความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว มผช.551/2553

2.2 การทดสอบการระคายเคือง

การทดสอบการระคายเคือง ทำโดยทาโลชันประมาณ 1 มล. ที่บริเวณท้องแขนของอาสาสมัครจำนวน 6 คน ขณะทำให้สังเกตเห็นผลที่เกิดขึ้นขณะใช้ หลังจากนั้นปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วตรวจการระคายเคือง โดยอาสาสมัคร 4 คน ต้องไม่รู้สึกระคายเคืองหรือต้องไม่มีผื่นแดงบริเวณผิวหนังที่ทดสอบ จึงจะถือว่าไม่เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง

2.3 การประเมินความคงตัว

การประเมินความคงตัวทำโดยการนำโลชันที่เตรียมได้ใส่ลงในขวด นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 45±5°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ โดยทำการเก็บที่ร้อน เย็น เป็นจำนวน 6 รอบ แล้วนำโลชันดังกล่าวมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเปรียบเทียบกับสภาพเดิมของผลิตภัณฑ์

3 การประเมินผลการใช้โลชันต่อผิวหนังของอาสาสมัคร และความพึงพอใจ

จากการทดลองข้างต้นจะได้โลชันสูตรที่ดีที่สุด เพื่อเปรียบเทียบผลของโลชันว่ามีผลต่อผิวหนังอย่างไร โดยเตรียมโลชัน 2 สูตร คือ โลชันที่มีสารสกัดหัวไชเท้า และโลชันที่ไม่มีสารสกัดหัวไชเท้า ทำการทดลองโดยใช้อาสาสมัคร 30 คน แจกเอกสารคำชี้แจงแก่อาสาสมัคร อธิบายและให้อาสาสมัครอ่านเอกสารที่แจกให้เข้าใจและลงนาม ให้อาสาสมัครล้างมือด้วยสบู่ให้สะอาด และเช็ดให้แห้งแล้วทำการวัดสีผิวบริเวณหลังมือด้านซ้ายของอาสาสมัครด้วยเครื่องวัดสี MiniScan EZ 4500L ให้อาสาสมัครสุ่มเลือกตัวอย่างโลชันคนละ 1 ตัวอย่าง โดยให้อาสาสมัครทาโลชันตัวอย่างที่ได้บริเวณหลังมือด้านซ้ายประมาณ 1 มล. ตอนเช้า และ กลางคืน ทุกวัน เป็นเวลา 9 สัปดาห์ วัดสีผิวอาสาสมัครบริเวณหลังมือด้านซ้าย สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเมื่อครบเวลา 9 สัปดาห์แล้ว ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินวัดความพึงพอใจต่อโลชันตัวอย่างที่ใช้

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ การระคายเคือง และความคงตัวของโลชัน

สูตรโลชันที่เตรียมได้มีทั้งหมด 4 สูตร เมื่อประเมินผลคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโลชัน 4 สูตร หลังจากเตรียมเสร็จ และหลังจากประเมินความคงตัว ผลการประเมินคุณสมบัติของโลชันแต่ละสูตรแสดงดัง Table 2 และ 3 ตามลำดับ

Table 2 Physicochemical properties of the lotions after preparing

properties	F1	F2	F3	F4
texture	smooth	smooth	smooth	smooth
phase separation	no	no	no	no
color (score)	white (3)	white (3)	white (3)	white (3)
odor (score)	nice smelling (3)	nice smelling (3)	nice smelling (3)	nice smelling (3)
immediate skin feel	moisturizing, greasy	moisturizing, not greasy	moisturizing, not greasy	moisturizing, not greasy
irritation	no	no	no	no
pH	6.264	6.587	6.936	7.342

Table 3 Physicochemical properties of the lotions after physical stability test

properties	F1	F2	F3	F4
texture	smooth	smooth	smooth	smooth
phase separation	separation	no	no	no
color (score)	white (2)	white (3)	white (3)	white (3)
odor (score)	off-flavor (1)	off-flavor (1)	of-flavor (1)	nice smelling (3)
immediate skin feel	moisturizing, greasy	moisturizing, not greasy	moisturizing, not greasy	moisturizing, not greasy
irritation	no	no	no	no
pH	5.957	6.334	6.524	7.235

การทดสอบความคงสภาพเป็นเวลา 12 วัน พบว่าในวันที่ 4 โลชันในสูตรที่ 1 เกิดการแยกชั้นระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน เนื่องจากปริมาณส่วนผสมของวัฏภาคน้ำมันที่ใช้ในสูตรที่ 1 คือ 21.5 %w/w ซึ่งมากกว่าสูตรอื่นทำให้ Tween 80 ที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ในโลชันมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำหน้าที่ประสานน้ำกับน้ำมันให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ นอกจากนี้โลชันสูตรที่ 1, 2 และ 3 เกิดการเหม็นบูด เนื่องจากปริมาณ Methyl paraben และ Propyl paraben ที่ใช้เป็นสารกันบูดโลชันในทั้ง 3 สูตรนี้เท่ากับ 0.20 %w/w ซึ่งน้อยกว่าสูตรที่ 4 ที่ใช้เท่ากับ 0.30 %w/w จึงส่งผลให้โลชันทั้ง 3 สูตรเกิดกลิ่นเหม็นบูด ในขณะที่โลชันสูตรที่ 4 ไม่เกิดการเหม็นบูด จึงถือว่าโลชันสูตรที่ 4 นี้เป็นสูตรโลชันที่มีความคงตัวได้ดี คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานจึงเลือกใช้โลชันสูตรที่ 4 ใช้ในการทดลองต่อไป

2 ผลการประเมินผลการใช้โลชันต่อผิวหนังของอาสาสมัคร และความพึงพอใจ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำให้ผิวขาวของโลชันและการประเมินพึงพอใจหลังจากการใช้โลชัน เริ่มต้นโดยวัดสีผิวที่หลังมือด้านซ้ายของอาสาสมัคร แล้วแบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยการสุ่ม กลุ่มที่

1 ให้ทาโลชั่นกัลลินมะกรูดที่มีสารสกัดหัวไชเท้า กลุ่มที่ 2 ให้ทาโลชั่นกัลลินมะกรูดที่ไม่มีสารสกัดหัวไชเท้า บริเวณหลังมือ ด้านซ้าย และวัดสีผิวทุกสัปดาห์เป็นเวลา 9 สัปดาห์ แล้วให้ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โลชั่นเป็นลำดับสุดท้าย

2.1 ผลการประเมินผลการใช้โลชั่นต่อสีผิวของอาสาสมัคร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำให้ผิวขาวของโลชั่นที่มีและไม่มีสารสกัดหัวไชเท้า โดยการวัดสีผิวแสดงดัง Table 4 โดยหน่วยการวัดสี Hunter Lab scale ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง ดังนั้นถ้ามีผิวขาวค่า L จะมีค่ามาก แต่ถ้ามีผิวคล้ำค่า L จะมีค่าที่น้อย ถ้าผิวของอาสาสมัครมีค่า L มากขึ้นแสดงว่า ผิวมีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นหรือมีผิวที่ขาวขึ้น ผลการทดลองแสดงดัง Table 4

Table 4 Whitening effect of white radish lotion and base lotion of 30 volunteers

Time (week)	White radish lotion		Base lotion	
	Average L	ΔL_0	Average L	ΔL_0
0	49.56	-	45.50	-
1	49.69	0.13	45.66	0.16
2	50.00	0.44	45.75	0.25
3	50.25	0.69	45.89	0.39
4	50.38	0.82	46.03	0.53
5	50.51	0.95	46.11	0.61
6	50.72	1.16	46.18	0.68
7	51.15	1.59	46.26	0.76
8	Not detect			
9	52.78	3.22	46.31	0.81

จากผลการวัดสีผิว เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของสีผิวที่สัปดาห์ที่ 0 (สัปดาห์เริ่มต้น) กับสัปดาห์ที่ 9 โดยใช้สถิติค่านวนการทดลองแบบจับคู่ (Paired sample t test) ได้ผลดังนี้

1. สมมุติฐานการทดสอบ: โลชั่นที่มีสารสกัดหัวไชเท้าทำให้ผิวของอาสาสมัครที่ไขขาวขึ้น

H_0 : ค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่มีสารสกัดหัวไชเท้าเท่ากับค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหัวไชเท้า ($\Delta L_1 = \Delta L_2$)

H_1 : ค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่มีสารสกัดหัวไชเท้ามีค่ามากกว่าค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหัวไชเท้า ($\Delta L_1 > \Delta L_2$)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 จะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 3.408

ผลการคำนวณได้ค่า t = 4.666 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.408 จึงถือว่า ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0

2. สมมุติฐานการทดสอบ: โลชั่นที่มีสารสกัดหัวไชเท้าทำให้ผิวของอาสาสมัครขาวขึ้น

H_0 : ค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่สัปดาห์ที่ 9 เท่ากับค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครสัปดาห์ที่ 0 ($L_9 - L_0 = 0$)

H_1 : ค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่สัปดาห์ที่ 9 มากกว่าค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครสัปดาห์ที่ 0 ($L_9 - L_0 > 0$)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 2.997

ค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 7.031 จึงถือว่า ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0

3. สมมติฐานการทดสอบ: โลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหิวเท้าทำให้ผิวของอาสาสมัครขาวขึ้น

H_0 : ค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่สัปดาห์ที่ 9 เท่ากับค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครสัปดาห์ที่ 0 ($L_9 - L_0 = 0$)

H_1 : ค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่สัปดาห์ที่ 9 มากกว่าค่าความสว่างของสีผิวอาสาสมัครสัปดาห์ที่ 0 ($L_9 - L_0 > 0$)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 2.997

ค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 3.482 จึงถือว่า ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0

จากการคำนวณทางสถิติพบว่าค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่มีสารสกัดหิวเท้ามีค่ามากกว่าค่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหิวเท้า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหิวเท้าที่เติมลงไปโลชั่นสามารถทำให้ผิวขาวขึ้น นอกจากนี้สีผิวของอาสาสมัครที่ทาโลชั่นทั้งสองสูตรคือโลชั่นที่มีสารสกัดหิวเท้าและไม่มีสารสกัดหิวเท้ามีค่าความสว่างเพิ่มมากกว่าตอนเริ่มต้นที่ยังไม่ได้ทาโลชั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 โลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหิวเท้าสามารถทำให้ผิวมีความสว่างเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะว่าส่วนประกอบของโลชั่นมีน้ำมันงาซึ่งมีส่วนช่วยในการให้ความชุ่มชื้น ปกป้องไม่ให้ผิวแห้งกร้าน ลดการอักเสบจากการสัมผัสรังสียูวี (Homer and Lesley, 2006) และน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดมีสารคูมาริน ชื่อ Bergamottin ที่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ และยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ที่ช่วยสร้างเม็ดสีผิว (สุชาติรัตน์, 2554)

2.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โลชั่น

เมื่ออาสาสมัครทดลองทาโลชั่นเป็นเวลา 9 สัปดาห์แล้ว จึงอาสาสมัครทำการประเมินความพึงพอใจต่อโลชั่นที่อาสาสมัครได้รับไปทดลองใช้ โดยมีระดับคะแนนผลการประเมินดังนี้ 1-1.67 คะแนน เท่ากับ พอใจน้อย 1.68-2.34 คะแนน เท่ากับ ปานกลาง และ 2.35-3.00 พอใจมาก ผลการประเมินแสดงดัง Table 5 เมื่อนำมาคำนวณหาความแตกต่างจากคะแนนความชอบโดยรวมของอาสาสมัครที่ใช้โลชั่นทั้งสองสูตร โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่สัมพันธ์กัน (t-test) โดยกำหนดสมมติฐานการทดสอบ คือ ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมของโลชั่นที่มีส่วนผสมของหิวเท้ามากกว่าโลชั่นที่ไม่มีส่วนผสมของหิวเท้า

H_0 : ความพึงพอใจโลชั่นที่มีส่วนผสมของหิวเท้าเท่ากับความพึงพอใจโลชั่นที่ไม่มีส่วนผสมของหิวเท้า ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ความพึงพอใจโลชั่นที่มีส่วนผสมของหิวเท้ามากกว่าความพึงพอใจโลชั่นที่ไม่มีส่วนผสมของหิวเท้า ($\mu_1 > \mu_2$)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1.701

ค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 1.701 จึงถือว่า ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าความพึงพอใจต่อโลชั่นที่มีส่วนผสมของหิวเท้า เท่ากับความพึงพอใจต่อโลชั่นที่ไม่มีส่วนผสมของหิวเท้าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Table 5 Satisfaction after feel the lotions for 9 weeks of the volunteers using 3-point scale

Content	White radish lotion		Base lotion	
	score	satisfaction	score	satisfaction
1. Container				
1.1 size	2.67	very good	2.53	very good
1.2 appearance	2.73	very good	2.33	good
2. Physical characteristic				
2.1 thickness	2.67	very good	2.73	very good
2.1 color	2.93	very good	2.93	very good
2.3 odor	2.60	very good	2.40	very good
2.4 oiliness	2.60	very good	2.60	very good
3. after feel				
3.1 whitening effect	2.67	very good	2.20	good
3.2 moistness	2.73	very good	2.47	very good
3.3 greasiness	2.40	very good	2.53	very good
3.4 overall preference	2.67	very good	2.47	very good

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการพัฒนาโลชั่นที่มีส่วนผสมของสารสกัดหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม้อน และน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด ทั้งหมด 4 สูตร พบว่าโลชั่นสูตรที่ 4 มีเนื้อเนียนละเอียด ความหนืดพอดีโลชั่นซึมเข้าสู่ผิวดี ไม่เหนียวเหนอะหนะ มี pH เป็นกลาง มีความคงตัวไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ในอาสาสมัครที่ทดลองใช้ โดยสูตรโลชั่นนี้ประกอบด้วย สารสกัดหัวไชเท้า (จากหัวไชเท้าสด 141 g คั้นน้ำและปรับน้ำหนักให้ได้ 200 g ด้วยน้ำ) 20% น้ำมันงาขี้ม้อน 6.5%, น้ำมันหอมระเหย กลิ่นมะกรูด 1%, Stearic acid 6%, Cetyl alcohol 5%, Tween 80 3%, Glycerine 5.2%, Methyl paraben 0.15%, Propyl paraben 0.15%, และ น้ำ 52.4%(w/w) จากการประเมินประสิทธิภาพการทำให้ผิวขาวของโลชั่น โดยให้อาสาสมัครทดลองทาโลชั่นที่หลังมือเป็นเวลา 9 สัปดาห์ และวัดสีผิวของอาสาสมัครทุกสัปดาห์ พบว่าสีผิวของอาสาสมัครที่ทาโลชั่นทั้งสองสูตรที่สัปดาห์ที่ 9 มีความสว่างมากกว่าสัปดาห์ที่ 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 และผลต่าง ความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่มีสารสกัดหัวไชเท้ามีค่ามากกว่าผลต่างความสว่างของสีผิวอาสาสมัครที่ทาโลชั่นที่ไม่มีสารสกัดหัวไชเท้าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 จากการประเมินความพึงพอใจต่อโลชั่นโดยอาสาสมัครพบว่าระดับความพึงพอใจโดยรวมต่อโลชั่นทั้งสองสูตรอยู่ในระดับพอใจมากเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถเตรียมโลชั่นที่มีส่วนผสมของสารสกัดหัวไชเท้า น้ำมันงาขี้ม้อน และสารสกัดจากผิวมะกรูดได้ และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์แก่ผู้สนใจได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- จิตราพร วรรณอุบล. 2559. การพัฒนาโลชั่นที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะกอกและสารสกัดจากหัวไชเท้า. 68 น. ใน รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- นวลศรี โชตินันท์. 2554. งาขี้ม้อน โอเมก้า 3 แห่งขุนเขา. *จดหมายข่าวผลิใบ* 13(12): ปกหลัง.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2553. *ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว มผช.551/2553*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://tcps.tisi.go.th/pub%5Ctcps551_53.pdf (27 มีนาคม 2561).
- เยาวลักษณ์ ศรีจันทร์. 2560. การพัฒนาโลชั่นจากน้ำมันงาขี้ม้อนและ สารสกัดเปลือกมะละกอสุก. 76 น. ใน รายงานผลการวิจัย. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- วรรณมน สุขโชคพานิช. 2557. ประสิทธิภาพครีมทำให้ผิวขาวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากหัวไชเท้า. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 73 น.
- สุดารัตน์ หอมนวล. 2554. *ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=99> (11 พฤศจิกายน 2560).
- Homer, S.B. and E.R. Lesley. 2006. The potential of omega-3 fatty acids in the prevention of non-melanoma skin cancer. *Cancer Detection and Prevention* 30: 224-232.

ประสิทธิผลและความปลอดภัยของการรักษาด้วยการอบสมุนไพรสำหรับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง
Efficacy and Safety of Herbal Steam Therapy
for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)

นุรีซัน ยูโซะ^{1*}, จินดาพร ภูริพัฒนางษ์², กฤษณ์ พงศ์พิรุฬห์³, ประสาน ตั้งยืนยงวัฒนา¹ และมณฑกา ธีรชัยสกุล⁴
Nurison Yusoh^{1*}, Jindaporn Puripattanavong², Krit Pongpirul³
Prasan Tangyuenyongwatana¹ and Monthaka Teerachaisakul⁴

¹สาขาวิชาการแพทย์แผนตะวันออก คณะแพทยแผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000

²คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

³คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

⁴สถาบันวิจัยการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก นนทบุรี 11000

¹Program in Oriental Medicine, Faculty of Oriental Medicine, Rangsit University, Pathum Thani, Thailand 12000

²Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

³Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330

⁴Thai Traditional Medicine Research Institute, Department of Thai Traditional Medicine and Alternative Medicine
Nonthaburi, Thailand 11000

*Corresponding author: sun-tno@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล การอบสมุนไพรในศาสตร์การแพทย์แผนไทยได้รับการพิสูจน์ว่ามีประสิทธิผลในการรักษาโรคหอบหืด ซึ่งอาจช่วยในโรคทางเดินหายใจอื่นได้ด้วย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลและความปลอดภัยของการอบสมุนไพรในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) **วิธีการศึกษา** เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Study) ในผู้ป่วย COPD กลุ่มทดลอง 30 คน ได้รับการอบสมุนไพรตำรับ (เหง้าไพล เหง้าขมิ้นชัน ต้นตะไคร้ ใบหนาด ผิวมะกรูด ใบมะกรูด ใบมะขาม ใบส้มป่อย ใบหนุमानประสานกาย ดอกปีบ ใบคนที่สอ การบูร) เป็นเวลา 30 นาที/วัน สัปดาห์ละ 3 ครั้ง จำนวน 12 ครั้ง และกลุ่มควบคุม 30 คน โดยทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการดูแลปกติจากแพทย์ วัดผลการอุดกั้นด้วย Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) และคุณภาพชีวิตด้วย COPD Assessment Test (CAT) score ก่อนและหลังการอบแต่ละครั้ง (ก่อนครั้งที่ 1 กับ หลังครั้งที่ 3, 6, 9 และ 12) รวมทั้งอาการไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยสถิติเชิงพรรณนา เปรียบเทียบค่า PEFR และ CAT score ก่อนและหลังด้วย Paired t-test และเปรียบเทียบค่าที่เปลี่ยนแปลงระหว่างสองกลุ่ม (Difference-in-difference analysis) ด้วย Unpaired t-test และงานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนของโรงพยาบาลปัตตานีแล้ว (IRB No. 004/2560) **ผลการศึกษา** กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 75 ปี ร้อยละ 71 เป็นเพศชาย กลุ่มทดลองมีค่า PEFR เพิ่มขึ้นจาก 198.33 เป็น 259.67 ลิตร/นาที ($p < 0.01$) และค่า CAT Score ลดลงจาก 11.53 เป็น 6.33 คะแนน ($p < 0.01$) ในขณะที่ค่า PEFR และ CAT Score ของกลุ่มควบคุม ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (PEFR ลดลง 5.67 ลิตร/นาที, $p > 0.05$; CAT Score ลดลง 0.17 คะแนน $p > 0.05$) ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (PEFR 67.00, $p < 0.01$;

CAT Score 5.03, $p < 0.01$) อาการไม่พึงประสงค์ที่พบ คือ หายใจไม่อิ่ม จำนวน 2 ราย **สรุปผล** การอบสมุนไพรช่วยลดการอุดกั้น และเพิ่มคุณภาพชีวิตในผู้ป่วย COPD ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง

คำสำคัญ: โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง การอบสมุนไพร ค่า PEFr ค่า CAT score อาการไม่พึงประสงค์

Abstract

Rationale: Herbal Steam Therapy (HST) in Thai traditional medicine have been shown to be effective in treating asthma. This may help with other respiratory diseases. The purpose of this study was to investigate the effectiveness and the safety of Herbal Steam Therapy for Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD. **Method:** A quasi-experimental was conducted in 30 patients with COPD. This group received HST for 30 minute/day, 3 times/week, 12 times (Formulary of HST: rhizome of *Zingiber cassumunar* and *Curcuma longa*; arial part of *Cymbopogon citratus*; leaf of *Blumea balsamifera*, *Tamarindus indica*, *Acacia concinna*, *Schefflera leucantha*, *Vitex trifolia*; Leaf and fruit shell of *Citrus hystrix*; flower of *Millingtonia hortensis*; and Camphor) and 30 control patients. Both groups treated regular care from physicians. Measurement of Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) and COPD Assessment Test (CAT) score before and after treatment (before 1st and 3rd, 6th, 9th and 12th after) as well as adverse reactions. Data were analyzed by descriptive statistics, compare with PEFR and CAT score before and after with paired t-test and the difference-in-difference analysis with unpaired t-test were compared. Furthermore, this project has been approved by the Human Research Ethics Committee of Pattani Hospital (IRB No. 004/2560). **Results:** The samples were 75 years old in average, (71% male). The PEFR increased from 198.33 to 259.67 liters/minute ($p < 0.01$) and CAT score decreased from 11.53 to 6.33 score ($p < 0.01$), while the PEFR and CAT score of the control group (PEFR decreased by 5.67 $p > 0.05$; CAT score decreased by 0.17 $p > 0.05$). There were significant differences between the two groups (PEFR 67.00, $p < 0.01$; CAT Score 5.03, $p < 0.01$). Only two short of breath patients were found as the adverse reaction. **Summarize:** Herbal Steam Therapy (HST) can be decreased obstruction of the respiratory tract and increased quality of life in COPD patients with no serious complications.

Keywords: COPD, herbal steam therapy, PEFR, CAT score, adverse reaction

คำนำ

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นโรคเรื้อรังทางระบบทางเดินหายใจที่สร้างความทุกข์ทรมานแก่ผู้ป่วย เกิดจากการระคายเคืองเรื้อรังต่อปอดจากฝุ่นและก๊าซพิษ ที่สำคัญที่สุดได้แก่ คาร์บอนบุหรี่ ทำให้มีการตีบแคบของทางเดินหายใจ และมีการสูญเสียความยืดหยุ่นของปอด (คณะทำงานพัฒนาแนวปฏิบัติบริการสาธารณสุข, 2553) เมื่อการดำเนินของโรค

มากขึ้น ผู้ป่วยจะมีสมรรถภาพปอดลดลง มีอาการหอบเหนื่อย หายใจลำบาก ไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ เกิดการสูญเสียทางสุขภาพ สุขภาวะและค่าใช้จ่ายของระบบสุขภาพจำนวนมาก ปัจจุบันโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตสูงเป็นอันดับ 4 ของโลก และอันดับ 5 ของประเทศไทย (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข, 2552)

จากการทบทวนวรรณกรรมของกัญจน์พร (2557) และกฤษณา (2559) พบว่า การอบสมุนไพรในศาสตร์แพทย์แผนไทย มีประสิทธิภาพในการรักษาโรคหอบหืด คือ หลังการอบสมุนไพรผู้ป่วยมีค่าสมรรถภาพปอดดีขึ้น อาการหอบลดลง ซึ่งโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) มีความใกล้เคียงกับโรคหอบหืดแต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการอบสมุนไพรในผู้ป่วย COPD เพื่อให้ผู้ป่วย มีทางเลือกในการรักษา และได้รับบริการที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน นำมาสู่การพัฒนางานด้านการบริการผู้ป่วยต่อไป โดยงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้สูตรการรมไอน้ำสมุนไพรสำหรับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังผสมผสานกับสูตรไอน้ำสมุนไพรในแนวทางเวชปฏิบัติ (คณะทำงานพัฒนาวิชาการโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย, 2558) ของกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกซึ่งได้เลือกใช้สมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการรักษาโรคทางเดินหายใจเป็นหลัก ได้แก่ กลุ่มยาบำรุงปอดรักษาอาการหอบ กลุ่มยารสร้อน สรรพคุณ กระจายเลือดลม ขับลม กลุ่มยาระบายเสมหะ ขับเสมหะ ชำระล้างเมือกมัน และกลุ่มยาแต่งกลิ่น สรรพคุณ แก้ลมวิงเวียน ระงับประสาท

อุปกรณ์และวิธีการ

1. รูปแบบการวิจัย: วิจัยแบบกึ่งทดลอง ชนิด 2 กลุ่ม วัดก่อนและหลังการทดลอง
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - ประชากรที่ใช้ศึกษา คือ ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ที่มารับบริการ ณ คลินิก COPD โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสายบุรี
 - กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง และสมัครใจเข้าร่วมศึกษาจำนวน 60 คน โดยกลุ่มทดลอง 30 คน ได้รับการดูแลตามปกติร่วมกับการอบสมุนไพร ส่วนกลุ่มควบคุม 30 คน ได้รับการดูแลตามปกติเพียงอย่างเดียว สุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)
 - คำนวณขนาดตัวอย่าง : ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการอบสมุนไพรสำหรับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้รับการอบสมุนไพร จากการทบทวนวรรณกรรมของกัญจน์พร (2557) พบว่าค่าเฉลี่ย PFR ในผู้ป่วย asthma หลังได้รับการอบสมุนไพร เท่ากับ 391.6 (SD = 97.49 และ n = 25) และ ค่าเฉลี่ยของ PFR ในผู้ป่วย asthma ที่ไม่ได้รับการอบสมุนไพรเท่ากับ 310.8 (SD = 78.152 และ n = 25) ดังนั้นสูตรคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม คือ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างประชากร 2 กลุ่ม แบบอิสระต่อกัน (Compare mean of independence two groups) (Huck *et al.* 1974) โดยกำหนดค่ามาตรฐาน (Standard Normal) เท่ากับ 1.96 เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 5% และอำนาจการทดสอบ ($1 - \beta$) เท่ากับ 90% และกำหนดให้ขนาดตัวอย่างของกลุ่มผู้ป่วย asthma ที่ได้รับการอบสมุนไพรต่อกลุ่มที่ไม่ได้รับการอบสมุนไพรเท่ากับ 1 : 1 ดังนั้นคำนวณขนาดตัวอย่างดังต่อไปนี้

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(25 - 1)(97.49^2) + (25 - 1)(78.152^2)}{25 + 25 - 2} = 228,103.2024$$

$$n / \text{group} = \frac{2\sigma^2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$n / \text{group} = \frac{2(228,103.2024)(1.96 + 1.28)^2}{(391.6 - 310.80)^2}$$

$$n / \text{group} = 25$$

จากการคำนวณพบว่า ในการศึกษาครั้งใช้ขนาดตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 คนต่อกลุ่ม แต่เพิ่มขนาดตัวอย่างเพื่อความครบถ้วนของข้อมูล โดยเพิ่มขนาดตัวอย่างคิดเป็น 20% ของขนาดตัวอย่างต่อกลุ่ม เท่ากับกลุ่มละ 30 คน รวมเป็น 60 คนต่อกลุ่ม

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า

1. ได้รับการวินิจฉัยจากการแพทย์แผนปัจจุบันว่าเป็นโรค COPD ระดับความรุนแรง 1-3
 - 1 รู้สึกเหนื่อยเฉพาะเมื่อต้องเดินเร็วๆ หรือเดินขึ้นที่สูงเล็กน้อยเท่านั้น
 - 2 เดินได้ช้ากว่าคนที่อายุใกล้เคียงกันเนื่อง หรือต้องหยุดเดินเพื่อพักหายใจ เมื่อเดินอยู่ในบ้าน
 - 3 ต้องพักหายใจหลังเดินได้ระยะทาง 90 เมตร หรือหลังเดินราบได้เพียง 2-3 นาที
2. อายุ 40-90 ปี ทั้งเพศชายและหญิง
3. ยินยอมเข้าร่วมวิจัย และมีความสมัครใจในการรักษาและรับการรักษาต่อเนื่อง

เกณฑ์การคัดเลือกออก

1. ผู้ป่วยมีระดับความรุนแรง 4 (เหนื่อยเกินกว่าที่จะออกจากบ้านได้ หรือ เหนื่อยเมื่อต้องใส่เสื้อ หรือ ถอดเสื้อ) และ มีภาวะพร่องออกซิเจนในเลือด($O_2\text{sat} \leq$ ร้อยละ 90)
2. มีภาวะแทรกซ้อนจากการติดเชื้อทางเดินหายใจรุนแรง หรือโรคอื่นๆ ที่แพทย์ได้ประเมินแล้วว่ายังไม่สามารถควบคุมอาการได้ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง 180/110 มิลลิเมตรปรอท โรคหัวใจระยะสุดท้าย มะเร็งที่อยู่ในระหว่างรักษาเป็นหลอดเลือดสมองที่เพิ่งเกิดขึ้นในระยะเวลา 3 เดือน เป็นต้น
3. ผู้ป่วยมีอาการแพ้ยาสมุนไพรอย่างรุนแรง

3. เครื่องมือ

สมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ เหง้าไพล 60 กรัม เหง้าขมิ้นชัน 60 กรัม ต้นตะไคร้ 60 กรัม ใบหนาด 30 กรัม ผิวมะกรูด 60 กรัม ใบมะกรูด 30 กรัม ใบมะขาม 30 กรัม ใบส้มป่อย 30 กรัม ใบหนุমানประสานกาย 30 กรัม ดอกปีป 30 กรัม ใบคนทีสอ 30 กรัม การบูร 15 กรัม

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล: แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป, แบบบันทึกอาการไม่พึงประสงค์จากการอบสมุนไพร และแบบประเมิน COPD Assessment test

เครื่องมือในการทดลอง: เครื่อง Peak flow meter

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ โรงพยาบาลปัตตานี (เลขที่ 004/2560)

2. ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสายบุรี จังหวัดปัตตานี และเข้าพบแพทย์เฉพาะทางและพยาบาลที่ดูแลผู้ป่วยที่คลินิก COPD เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียดการวิจัย และดำเนินการเก็บรวบรวม

3. ทำการคัดกรองผู้ป่วย ณ คลินิก CPOD หลังจากได้กลุ่มตัวอย่างแล้ว ทำการประเมินก่อนการทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการดูแลปกติจากแพทย์แผนปัจจุบัน รับประทานและกลับบ้าน นัดหมายกลุ่มทดลองทำการอบสมุนไพรและนัดหมายกลุ่มควบคุมตามการนัดหมายของแพทย์โดยไม่มีการอบสมุนไพร

4. กลุ่มทดลองเข้ารับการอบสมุนไพรก่อนการอบสมุนไพร เข้าอบทั้งหมด 2 รอบ รอบละ 15 นาทีพักระหว่างรอบเป็นเวลา 5 นาที ระหว่างพักจะมีน้ำไว้ให้ดื่ม อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 38-40°C. น้ดการรักษา สัปดาห์ละ 3 ครั้ง จนครบ 12 ครั้ง ทำการวัดแบบประเมินก่อนและหลังการอบสมุนไพรทุกสัปดาห์

5. ในระหว่างการอบสมุนไพรทำการบันทึกเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่พบจากการสังเกตของผู้วิจัย และจากการแจ้งของผู้ป่วย

6. ผู้วิจัยจะเข้าพบกลุ่มควบคุม ณ คลินิก COPD ในวันที่มีการตรวจตามนัด ทำการวัดประเมินผลหลังการทดลอง สิ้นสุดการวิจัย

5. ระยะเวลา: เดือนเมษายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561

6. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์โดยใช้คอมพิวเตอร์ SPSS

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป โดยใช้สถิติการแจกแจง ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบค่า PEFr และ CAT score ก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองและควบคุมใช้สถิติ Pair t-test

3. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มใช้สถิติ Unpair t-test

ผลการวิจัย

จาก Table 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

เพศ กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 60 ราย โดยกลุ่มควบคุมมีจำนวน 30 ราย เป็นเพศชาย จำนวน 21 ราย คิดเป็นร้อยละ 70.0 เป็นเพศหญิง จำนวน 9 ราย คิดเป็นร้อยละ 30 ส่วนกลุ่มทดลองมีจำนวน 30 ราย เป็นเพศชาย จำนวน 22 ราย คิดเป็นร้อยละ 73.3 เป็นเพศหญิงจำนวน 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 26.7 จะเห็นได้ว่าเพศของทั้งสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกันโดยมีสัดส่วนของเพศชายสูงกว่าเพศหญิง

อายุเฉลี่ย กลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 76.9±9.9 ปี ส่วนกลุ่มทดลอง มีอายุเฉลี่ย 73.3±7.98 ปี

ประวัติการสูบบุหรี่ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่แล้ว โดยกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่แล้ว 29 ราย คิดเป็นร้อยละ 96.7 ส่วนที่ไม่เคยสูบบุหรี่เลยมีจำนวน 3 ราย คิดเป็นร้อยละ 3.3 ส่วนกลุ่มทดลอง ส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่แล้ว จำนวน 27 ราย คิดเป็นร้อยละ 90 มีเพียง 1 รายเท่านั้นที่ยังสูบบุหรี่อยู่ คิดเป็นร้อยละ 1.7 ส่วนที่ไม่เคยสูบบุหรี่เลยมีจำนวน 2 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.7

Table 1 Comparing the number, percentage, mean and standard deviation of sex, average age and smoking history

Data	Sample (n=60) Number (%)	Control (n=30) Number (%)	study (n=30) Number (%)
1. SEX			
Man	43 (71.1)	21 (70.0)	22 (73.3)
woman	17 (28.9)	9 (30)	8 (26.7)
2. Average age (±SD)			
	M = 75.1±9.08	M = 76.9±9.9	M = 73.3±7.98
3. Smoking history			
Smoke	1 (1.7)	0 (0.0)	1 (3.3)
Ever smoked	56 (93.3)	29 (96.7)	27 (90.0)
Not smoking	3 (5.0)	1 (3.3)	2 (6.7)

จาก Table 2 พบว่า ค่า PEFR ของกลุ่มทดลอง หลังการอบสมุนไพรเพิ่มขึ้นจาก 198.33 เป็น 259.67 ลิตร/นาที (เพิ่มขึ้น 61.33 ลิตร/นาที, $p < 0.001$) ส่วนกลุ่มควบคุม หลังการทดลองลดลงจาก 205.67 เป็น 200.00 ลิตร/นาที (ลดลง 5.67 ลิตร/นาที, $p > 0.05$) ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (PEFR 67.00, $p < 0.001$) ส่วนค่า CAT Score ของกลุ่มทดลอง หลังการอบสมุนไพรลดลงจาก 11.53 เป็น 6.33 คะแนน (ลดลง 5.20 คะแนน, $p < 0.001$) ส่วนกลุ่มควบคุม หลังการทดลองลดลงจาก 10.77 เป็น 10.60 คะแนน (ลดลง 0.17 คะแนน, $p > 0.05$) ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (CAT Score 5.03, $p < 0.001$)

Table 2 Comparing the PEFR and CAT at score before treatment 1st and after treatment 12th of study group (n=30) and control group (n=30)

Treatment	Before	After	After – Before	p value
PEFR				
Study	198.33	259.67	61.33	0.000
Control	205.67	200.00	-5.67	0.472
Difference-in-Difference			67	0.001
CAT score				
Study	11.53	6.33	5.2	0.000
Control	10.77	10.60	0.17	0.850
Difference-in-Difference			5.03	0.001

จาก Figure 1 พบว่า ค่า PEFR ของกลุ่มทดลอง ก่อนการอบสมุนไพรครั้งที่ 1 เทียบกับหลังการอบสมุนไพรครั้งที่ 3, 6, 9 และ 12 มีค่าดังนี้ 48.33, 50.33, 54 และ 61.33 ลิตร/นาที ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่า PEFR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนค่า CAT Score มีค่าดังนี้ 2.5, 2.46, 4.7 และ 5.2 คะแนน จะเห็นว่าค่า CAT Score แนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน

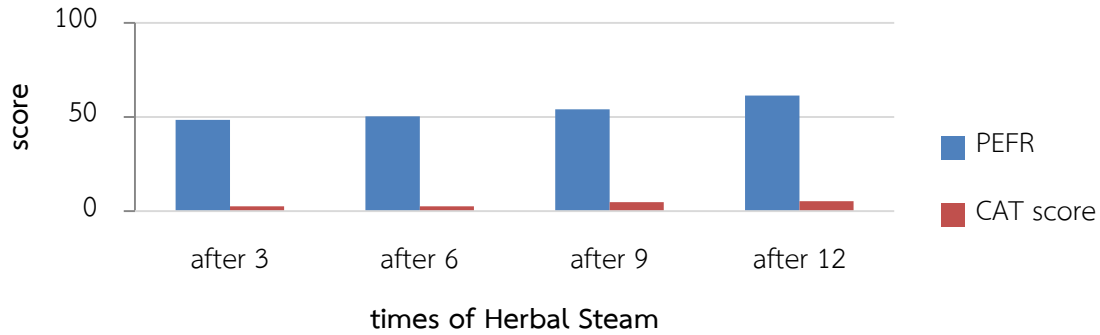


Figure 1 Comparing the PEFR and CAT at score at score before treatment 1st and after treatment 3rd, 6th, 9th and 12th of study group (n=30)

จาก Table 3 พบว่า อาการไม่พึงประสงค์จากการอบสมุนไพร มีเพียงผู้ป่วยแจ้งว่าหายใจไม่อิ่ม (มีอาการหายใจไม่สะดวก หายใจสั้นๆ ถี่ๆ) จำนวน 2 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.7 เนื่องจากไม่เคยอบมาก่อนจึงเกิดความกลัว ซึ่งไม่รุนแรง ผู้ป่วยสามารถเข้าอบสมุนไพรได้ต่อจนครบ 12 ครั้ง

Table 3 Adverse reaction of Herbal Steam

Adverse reaction	Study (n=30)
	Number (%)
Shortness of Breath	2 (6.7)

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลและความปลอดภัยของการอบสมุนไพรต่อค่า PEFR (การอุดกั้น) และค่า CAT score (คุณภาพชีวิต) ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ระดับความรุนแรงของโรค 1-3 จำนวน 60 ราย แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับการอบสมุนไพรพร้อมกับการดูแลปกติจากแพทย์ 30 ราย และกลุ่มที่ได้รับการดูแลปกติจากแพทย์เพียงอย่างเดียว 30 ราย ผลการศึกษาหลังการทดลองทั้งสองกลุ่มพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า PEFR และ ค่า CAT score ของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนของกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่พบภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงจากการอบสมุนไพร

การอบสมุนไพรทำให้ค่า PEFR ของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ หลังการอบสมุนไพรเพิ่มขึ้นจาก 198.33 เป็น 259.67 ลิตร/นาที (เพิ่มขึ้น 61.33 ลิตร/นาที $p < 0.001$) และทำให้ค่า CAT score ซึ่งประกอบด้วย อาการไอ มีเสมหะในปอด อาการแน่นหน้าอก รู้สึกเหนื่อยเมื่อทำกิจกรรม รู้สึกความมั่นใจนอนหลับสนิท และรู้สึกกระชับกระเฉง ของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ หลังการอบสมุนไพรลดลงจาก 11.53 เป็น 6.33 คะแนน (ลดลง 5.20 คะแนน $p < 0.001$) เนื่องจากการอบสมุนไพร (คือ การ

นำเอายาสมุนไพรมาต้มให้เดือด ใ้ไอน้ำพาด้วยยาสมุนไพร และน้ำมันหอมระเหย มาอบตัว) จะทำให้ด้วยยาสมุนไพร ที่มากับไอน้ำออกฤทธิ์ต่อร่างกายได้ โดย สามารถออกฤทธิ์ต่อร่างกายได้หลายระบบพร้อมๆกัน ดังนี้

ระบบหายใจ ทำให้การหายใจดีขึ้น อากาศเข้าออกได้มากขึ้น ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนมากขึ้น ทำให้ เสมหะอ่อนตัว และขับออกมาได้สะดวก ช่วยให้ปอดสะอาด และช่วยฆ่าเชื้อโรคในปอด ทำให้หายใจโล่ง (บรรจบ, 2551) ซึ่งการศึกษานี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เหง้าโพล ต้นตะไคร้ เหง้าขมิ้นชัน ใบมะขาม ใบส้มป่อย ใบมะกรูด และผิวมะกรูด ที่มีน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ และ ไบคนทีสอ ไบหนุมานประสานกาย ดอกปีป ใบหนาด ที่มีน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ขยายหลอดลม ซึ่งเป็นฤทธิ์เดียวกับยาแผนปัจจุบันที่หมอใช้ในการรักษาโรคผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (บรรจบ, 2551) ทำให้ผู้ป่วยมีค่า PEFr เพิ่มขึ้นการอุดกั้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกัญจนพร (2557) ที่ทำการศึกษารอบสมุนไพรในโรคหอบหืด พบว่า หลังอบสมุนไพรค่าเฉลี่ยสมรรถภาพปอด (PEFR) เพิ่มขึ้นจาก 302.00 เป็น 391.60 ลิตร/นาที (เพิ่มขึ้น 89.6 ลิตร/นาที $p < 0.001$) ซึ่งมากกว่าการศึกษานี้ 28.27 ลิตร/นาที และจากฤทธิ์ดังกล่าวยังส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการไอลดลง เสมหะในปอดลดลง รู้สึกมั่นใจมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกัญจนพร (2557) ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพการอบสมุนไพรในโรคหอบหืด พบว่า หลังการอบสมุนไพรผู้ป่วย หายใจสะดวกมากขึ้น อาการหอบลดลง คิดเป็นร้อยละ 84 อาการกำเริบลดลง คิดเป็นร้อยละ 80 และยังคงสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณา (2559) ที่ทำการศึกษามลการอบสมุนไพรในโรคหอบหืดพบว่า หลังอบสมุนไพร ผู้ป่วยไม่มีอาการหอบตอนกลางวันเพิ่มขึ้น จาก 12 ราย คิดเป็นร้อยละ 57.14 เป็น 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 71.42 และ ผู้ป่วยไม่มีอาการหอบตอนกลางคืนเพิ่มขึ้น จาก 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 23.80 เป็น 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 38.06

ระบบประสาท การอบด้วยความร้อนอุ่นๆ (33-37°C) ในระยะเวลาที่พอเหมาะ (ประมาณ 10-15 นาที) ช่วยลดความเจ็บปวด คลายเครียด ร่างกายผ่อนคลาย ทำให้อ่อนหลับได้ดี (บรรจบ, 2551) ซึ่งการศึกษานี้ใช้การอบรอบละ 15 นาที และยังใช้การบูร ซึ่งมีฤทธิ์ระงับประสาท ทำให้ผู้ป่วยนอนหลับสนิทขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนิวัติ (2559) ที่ได้ทำการศึกษานอนไม่หลับในกลุ่มสตรีวัยทอง 3 กลุ่ม พบว่าการอบไอน้ำที่มีสมุนไพรด้วยนั้นช่วยให้ นอนหลับดีที่สุด รองลงมาคือ อบไอน้ำอย่างเดียว

ระบบการไหลเวียนเลือด ความร้อน จะทำให้หลอดเลือดขยายตัว ทำให้เลือดมาเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ได้มากขึ้น ของเสียในร่างกายจะถูกกระแสเลือดพาไป แล้วขับออกทางผิวหนังได้สะดวกขึ้น น้ำเหลืองเพิ่มขึ้น ทำให้การซ่อมสร้าง ส่วนที่สึกหรอของร่างกายเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว (บรรจบ, 2551) ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกกระชับกระเฉง กระปรี้กระเปร่า ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญจนพร (2557) ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพการอบสมุนไพรในโรคหอบหืด พบว่า หลังการอบสมุนไพรผู้ป่วย รู้สึกสบายตัว สดชื่น กระปรี้กระเปร่ามากขึ้น

ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก บรรเทาอาการปวดเมื่อย คลายการเกร็งของกล้ามเนื้อ (บรรจบ, 2551) ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเบาตัว อาการปวดเมื่อยลดลง รู้สึกกระชับกระเฉง กระปรี้กระเปร่า นอนหลับดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิรินทิพย์ (2558) ที่ได้ทำการศึกษามลของการอบไอน้ำสมุนไพรไทยและการอบไอน้ำธรรมดาต่อความยืดหยุ่นของร่างกาย พบว่า กลุ่มที่ได้รับการอบไอน้ำสมุนไพรไทยมีความยืดหยุ่นของหลังและขาเพิ่มขึ้นกว่าก่อนการอบสมุนไพร และมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของเพชรน้อย (2542) ที่ได้ ทำการศึกษาผลการอบไอน้ำด้วยสมุนไพรต่ออาการบรรเทาความเจ็บปวด พบว่า คะแนนความเจ็บปวดก่อนและหลังการ ทดลองมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การอบสมุนไพร มีความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เนื่องจากการอบสมุนไพรเป็นหัตถการ ที่ให้บริการในสถานบริการสาธารณสุขทุกแห่ง ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานตั้งแต่สถานที่ ด้วยยาสมุนไพร ขั้นตอนการอบ

สมุนไพรรักษา หืด และข้อควรระวัง และผู้วิจัยก็ใช้ความระมัดระวังในการให้บริการดังกล่าวเป็นอย่างมาก โดยมีการเฝ้าระวังผู้ป่วยทุกระยะ จึงทำให้การอบสมุนไพรรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีความปลอดภัย

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีการสูบบุหรี่เกือบทั้งหมดและไม่มีการเปรียบเทียบกับ การอบรูปแบบอื่น ดังนั้นในอนาคตจึงควรศึกษาวิจัยในกลุ่มที่ไม่มีการสูบบุหรี่ร่วมด้วย และควรศึกษาผลของการอบ สมุนไพรในผู้ป่วย COPD เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการอบไอน้ำธรรมดาหรือเทียบกับสูตรอื่นๆ เพื่อผลที่ชัดเจน ยิ่งขึ้นของสมุนไพรที่ใช้ในการอบในการรักษาผู้ป่วย COPD ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้การอบสมุนไพรเป็นอีกหนึ่ง ทางเลือกในการรักษาที่สามารถช่วยลดการอุดกั้น และเพิ่มคุณภาพชีวิตในผู้ป่วย COPD ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่พบ ภาวะแทรกซ้อนที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสายบุรีและทีมงาน ตลอดจนผู้ป่วยทุกท่าน สำนักงาน สาธารณสุขจังหวัดปัตตานี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดาพร ฐิพัฒน์วณิช คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลา นครินทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสาน ตั้งยืนยงวัฒนา วิทยาลัยแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต สถาบันวิจัยการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- กาญจน์พร วงศ์พนารัตน์. 2557. การศึกษาประสิทธิผลการอบสมุนไพรบำบัดโรคหอบหืด ระดับ 1 และ 2 โรงพยาบาลท่าอุเทน จังหวัดเลย. 41 น.
- กฤษณา ผาใต้. 2559. ผลการอบสมุนไพรของผู้ป่วยโรคหืด โรงพยาบาลโพนาแก้ว อำเภอโพนาแก้ว จังหวัดสกลนคร. สกลนคร: การพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสกลนคร. 9 น.
- คณะทำงานพัฒนาแนวปฏิบัติบริการสาธารณสุข. 2553. แนวปฏิบัติบริการสาธารณสุข โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2553. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ บริษัทยูเนี่ยนอุลตราไวโอเล็ต จำกัด กรุงเทพฯ. 106 น.
- คณะทำงานพัฒนาวิชาการโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย. 2558. แนวทางเวชปฏิบัติการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคปอดอักเสบจากการ(ปอดอุดกั้นเรื้อรัง). 2558. การประชุม “แนวทางเวชปฏิบัติการดูแลรักษาผู้ป่วยด้านการแพทย์แผนไทย” ณ กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย วันที่ 13-14 มีนาคม 2558. 17 น.
- ดวงกมล ศรีสังข์ รัชนก น้อยสกุล ทศนีย์ ขุนชัย ประไพภัทร์ สารีภา และอรอนงค์ อินตะมา. 2558. การเปรียบเทียบผลของการอบไอน้ำสมุนไพรไทยและการอบไอน้ำธรรมดา ต่อความยืดหยุ่นของร่างกาย. ศรีนครินทร์เวชสาร 30(6): 592-597.
- นิธิวดี นุ่นสังข์. 2559. การเปรียบเทียบประสิทธิผลของการอบไอน้ำสมุนไพรกับการอบไอน้ำ ต่อคุณภาพการนอนหลับของสตรีวัยทองที่มีปัญหาอนไม่หลับ. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 14(2): 165-176.

- บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล. 2551. ตำราวิชาการ: การใช้น้ำเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: กองการแพทย์ทางเลือก
กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. 476 น.
- เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย. 2542. รายงานวิจัยต้นทุนและผลการอบไอน้ำด้วยสมุนไพรต่อการบรรเทาความเจ็บปวด
ผู้ป่วยเอดส์ที่รับการรักษาในวัดแห่งหนึ่งในภาคใต้. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
61 น.
- ศิรินทิพย์ คำฟู พนิดา หาญพิทักษ์พงศ์ ใหม่ทิพย์ สิทธิตัน พลากร อุดมกิจปกรณ ญัฐพล วงศ์คำแดง
สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. 2551. สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2551.
กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. 224 น.
- Huck, S.W., W.H. Cormier and W.G. Bounds, JR. 1974. **Reading Statistics and Research.**
New York: Harper & Row, Publishers, Inc.

ปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ จังหวัดสงขลา

Quantity and Characteristics of Solid Waste in Chalatat Beach, Songkhla Province

มณิสรา เลื่อนนวก วรธรรมล ฤทธิไพโรจน์ และขวัญกมล ขุนพิทักษ์*

Manissara Lernnok, Vassamon Rittipairot and Khwankamon Khoonpitak*

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: khwankamon.kh@skru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์จังหวัดสงขลา เก็บตัวอย่างมูลฝอย 2 ครั้ง โดยแบ่งวันในการเก็บมูลฝอยเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) เลือก 2 วัน และ ช่วงวันหยุดราชการ (เสาร์-อาทิตย์) เลือก 1 วัน เก็บตัวอย่างมูลฝอยในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งประกอบกิจกรรมหลักของนักท่องเที่ยว (บริเวณบ้านเก้าเส้ง บริเวณลานวัฒนธรรม บริเวณหาดชลาทัศน์ บริเวณเก้าอี้ดำ และบริเวณวงเวียนหาดชลาทัศน์) โดยเก็บมูลฝอยที่เกิดจากนักท่องเที่ยว หลังจากเก็บตัวอย่างทำการชั่งปริมาณมูลฝอยทั้งหมดโดยคิดเป็นน้ำหนักสด และสุ่มตัวอย่างมูลฝอยเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่น ผลการศึกษาพบว่า ในหาดชลาทัศน์มีถังรองรับมูลฝอยปริมาตร 240 ลิตรทั้งหมด 47 ถัง มีปริมาณมูลฝอยระหว่าง 1,580-2,650 กก./วัน มีค่าเฉลี่ยของปริมาณมูลฝอยเท่ากับ 2,025 กก./วัน ในช่วงวันหยุดจะมีปริมาณมูลฝอยมากกว่าวันธรรมดา ความหนาแน่นของมูลฝอยเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 0.05 กก./ลิตร หรือ 50 กก./ลบ.ม. มีอัตราการเกิดมูลฝอยของนักท่องเที่ยวเท่ากับ 1.43 กก./คน/วัน มูลฝอยส่วนใหญ่เป็นประเภทเศษอาหาร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 55.44 รองลงมา คือ พลาสติก (ร้อยละ 11.29) ไม้และไปไม้ (ร้อยละ 10.30) แก้ว (ร้อยละ 8.55) โฟม (ร้อยละ 3.31) โลหะ (ร้อยละ 3.16) ขวดพลาสติก (ร้อยละ 2.72) กระดาษ (ร้อยละ 2.26) หนังสือและยาง (ร้อยละ 1.75) มูลฝอยอันตราย (ร้อยละ 1.07) และผ้า (ร้อยละ 0.15) ตามลำดับในการจัดแบ่งประเภทมูลฝอย มีมูลฝอยอินทรีย์มากที่สุด ได้แก่ เศษอาหารและเศษไปไม้ คิดเป็นร้อยละ 65.75 รองลงมา คือ มูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ ขวดพลาสติก แก้วโลหะ ผ้า หนังสือและยาง คิดเป็นร้อยละ 18.58

คำสำคัญ: มูลฝอย องค์ประกอบมูลฝอย อัตราการเกิดมูลฝอย ความหนาแน่น หาดชลาทัศน์

Abstract

This research aimed to study the quantity and characteristics of solid wastes on Chalatat beach, Songkhla province. Two batches of solid waste were sampled. In each batch, the solid waste was collected for two periods including the weekday (Monday – Friday: two days were chosen) and the weekend (Saturday and Sunday: one day was chosen). Solid wastes were sampled from tourism areas (Ban Kaosang, cultural site, Chalatat beach, black-chairs site and Chalatat round about) that was generated from tourists. After sampling, solid wastes were measured in wet weight and the

bulk density was analysed. The result found that there were 47 bins of 240-litre size in Chalatat beach and solid waste was generated 1,580-2,650 kilograms/day. The average quantity of solid waste was 2,025 kilograms per day. The weekend presented higher quantity of solid waste than weekday. Average bulk density was 0.05 kilograms/liter or 50 kilograms/cubic meter. Rate of tourist generated solid waste was 1.43 kilograms/person/day. The largest proportion of solid waste was food waste (55.44%), followed by plastic waste (11.29%), branches and leaves (10.30%), glasses (8.55%), foams (3.31%), metals (3.16%), plastic bottles (2.72%), papers (2.26%), leathers and rubbers (1.75%), hazardous waste (1.07%) and fibers (0.15%), respectively. In consideration of types of solid waste, organic waste (food waste and leaves) was 65.75%, followed by recycle waste (papers, plastic bottles, glasses, metals, fibers, leathers and rubbers) with 18.58%.

Keywords: solid waste, characteristics of solid waste, rate of solid waste, bulk density, chalatat beach

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องมูลฝอยนับว่าเป็นปัญหาสำคัญทั้งในระดับชุมชนและระดับประเทศ สาเหตุเนื่องมาจากประชากรในประเทศมีจำนวนมากขึ้น ชุมชนก็เพิ่มขึ้น สถานประกอบการต่างๆ มีมากขึ้น และสิ่งที่ตามมาอย่างเลี่ยงไม่ได้ก็คือ มูลฝอยย่อมมีจำนวนมากขึ้นตามไปด้วย จนกระทั่งการกำจัดมูลฝอยไม่สมดุลกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนมูลฝอย ในแต่ละวันจะมีมูลฝอยเพิ่มขึ้น ปริมาณ 73,560 ตัน/วัน แต่เราสามารถกำจัดมูลฝอยได้ถูกต้องมีเพียง 7.2% และจัดการไม่ถูกต้อง 14.3% เท่านั้น จึงมีมูลฝอยที่เล็ดลอดค้างรอการกำจัดอยู่เป็นจำนวนมาก แม้รัฐบาลจะมีพื้นที่ที่จัดไว้เพื่อรองรับมูลฝอยแต่ก็ไม่เพียงพอกับปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สร้างปัญหาเป็นอย่างมากทั้งทางด้านทัศนวิสัย กลิ่น ความสะอาด ฯลฯ เกิดเป็นปัญหามูลฝอยล้นเมือง ถึงแม้ว่าในปีหนึ่งๆ ประเทศจะต้องเสียงบประมาณเป็นจำนวนมากไปกับการจัดการและแก้ไขปัญหาด้านมูลฝอย แต่ผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากรัฐบาลยังมีการบริหารการจัดการมูลฝอยยังไม่ดีเท่าที่ควร ประกอบกับประชาชนในประเทศเองก็ยังไม่เข้าใจความสำคัญในการทิ้งมูลฝอยให้เป็นที่การคัดแยกมูลฝอยก่อนทิ้ง รวมทั้งขาดความรู้เกี่ยวกับการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ เพราะได้ยินคำว่า “มูลฝอย” หลายคนก็ไม่สนใจ ละเลยและไม่เห็นคุณค่า ทั้งที่มูลฝอยเหล่านั้น หากนำมาคัดแยกอย่างถูกวิธีแล้วจะสามารถสร้างประโยชน์ได้ และยังสามารถนำกลับมาหมุนเวียนเข้ากระบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง ซึ่งเป็นการประหยัดทรัพยากรและเงินงบประมาณแผ่นดินได้เป็นจำนวนมาก รวมทั้งปริมาณมูลฝอยก็จะมีจำนวนลดลงได้มาก ซึ่งจะส่งผลดีทั้งต่อสิ่งแวดล้อม ต่อประชากร และต่อประเทศชาติต่อไป

คนไทยนิยมประกอบกิจกรรมการท่องเที่ยวมากขึ้น โดยเฉพาะการท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีความสวยงาม เดินทางได้สะดวก จะมีนักท่องเที่ยวนิยมไปเยือนเป็นจำนวนมากจนเกิดผลกระทบต่อพื้นที่ ทั้งในด้านชีวภาพ สัตว์ เศรษฐกิจและวัฒนธรรมปัญหาผลกระทบต่อพื้นที่สำคัญ และพบเห็นอยู่ทั่วไปในแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ คือ ปัญหาเรื่องมูลฝอย ทั้งนี้ มูลฝอยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากกลุ่มคนที่เข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ของรัฐ นักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการท่องเที่ยว นักศึกษา และชาวบ้านชุมชนในท้องถิ่น ซึ่งส่วนมากมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่พักผ่อน ร้านอาหาร ซึ่งส่งผลให้พื้นที่นั้นเกิดความเสื่อมโทรมและลดความสวยงามของธรรมชาติลง หาดชลาทัศน์ เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของชาวจังหวัดสงขลาและจังหวัดใกล้เคียงด้วยมีชายหาด

ที่ทอดยาว ทรายขาวสะอาด มีกิจกรรมทางน้ำที่สนุกสนาน ด้วยเหตุนี้เองทำให้ในแต่ละวันมีนักท่องเที่ยว ทั้งชาวไทย และต่างประเทศเข้ามาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ด้วยสาเหตุนี้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ เพื่อสามารถนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางประยุกต์ในการจัดการมูลฝอย ในบริเวณหาดชลาทัศน์และในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัย จำแนกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยทำการศึกษา สํารวจ และรวบรวมข้อมูลสภาพทั่วไปและข้อมูลการจัดการมูลฝอยของหาดชลาทัศน์และสภาพพื้นที่บริเวณเขตบริการและเขตนันทนาการหลักในหาดชลาทัศน์ ได้แก่ บริเวณบ้านเก้าเส้ง บริเวณลานวัฒนธรรม บริเวณหาดชลาทัศน์ บริเวณแก้อีดำ และบริเวณวงเวียนหาดชลาทัศน์ ทำการศึกษาเกี่ยวกับมูลฝอย สภาพทั่วไปของบริเวณเขตบริการ และเขตนันทนาการหลักในหาดชลาทัศน์ จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนผู้ประกอบการค้าขาย

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการเก็บข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ ในแต่ละช่วงแบ่งวันในการเก็บมูลฝอยเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) ช่วงวันหยุดราชการ (เสาร์-อาทิตย์) ทำการเก็บสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในบริเวณหาดชลาทัศน์ที่เป็นแหล่งประกอบกิจกรรมหลักของนักท่องเที่ยว โดยเก็บมูลฝอยที่เกิดจากนักท่องเที่ยว ทำการชั่งปริมาณมูลฝอยทั้งหมด โดยคิดเป็นน้ำหนักสดและคิดเป็นสัดส่วน ตามลำดับ ทำการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยเพื่อหาความหนาแน่น และคัดแยกองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพ พร้อมทั้งน้ำหนักและคิดสัดส่วน

การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive analysis) ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) อธิบายชนิด ปริมาณมูลฝอยและอัตราการเกิดมูลฝอย ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับการประกอบกิจกรรมในหาดชลาทัศน์

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ โดยการสอบถามข้อมูลจากทางเทศบาลนครสงขลา พบว่า ทางเทศบาลนครสงขลาไม่มีข้อมูลปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากมูลฝอยจะถูกเก็บรวบรวมกับมูลฝอยจากแหล่งอื่น ทำให้ไม่สามารถทราบปริมาณของมูลฝอยที่เกิดขึ้นได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาปริมาณและชนิดของมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ ในช่วงเดือนตุลาคม 2559 เป็นเวลา 6 วัน โดยครอบคลุมทั้งวันปกติและวันหยุด โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณมูลฝอยเวลา 6:00 น. เนื่องจากเทศบาลจะมาเก็บมูลฝอย วันละ 1 ครั้ง ในเวลา 9:00 น. ผู้วิจัยศึกษาปริมาณมูลฝอยจากการสังเกตปริมาณมูลฝอยจากถังรองรับมูลฝอยที่ตั้งในหาดชลาทัศน์

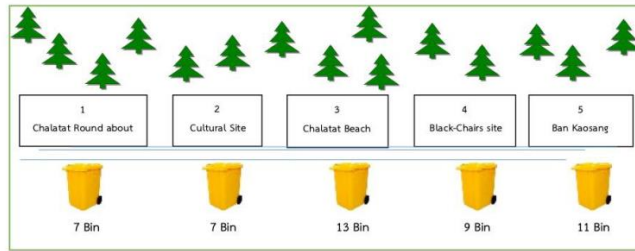


Figure 1 Sampling Site

ปริมาณมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ พบว่า มีมูลฝอยปริมาณ 1,580-2,650 กก. ต่อวัน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2,025 กก.ต่อวัน ซึ่งในช่วงวันหยุดจะมีปริมาณมูลฝอยมากกว่าวันธรรมดา และมีบางจุดที่มีถุงดำไม่เพียงพอกับปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ควรจะมีการเพิ่มถังรองรับมูลฝอยในบางจุด ได้แก่ จุดที่ 2 ลานวัฒนธรรม จุดที่ 4 เก้าอี้ดำ และจุดที่ 5 วงเวียนหาดชลาทัศน์ อัตราการเกิดมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ พบว่า จำนวนประชากรของนักท่องเที่ยวหาดชลาทัศน์ ในหนึ่งปีมีจำนวน 518,392 คน/ปี ดังนั้นในหนึ่งวันจึงมีนักท่องเที่ยว 1,420 คน/วัน (จิดา, 2550) อัตราการเกิดมูลฝอยของนักท่องเที่ยวในบริเวณหาดชลาทัศน์เท่ากับ 1.43 กก./คน/วัน

Table 1 Quantity of Solid Waste in Chalatat Beach

Sample	Date						Mean
	Sunday	Monday	Wednesday	Saturday	Tuesday	Friday	
	2/10/59	3/10/59	5/10/59	8/10/59	11/10/59	14/10/59	
Solid Waste	2,650 kg.	1,690 kg.	1,580 kg.	2,490 kg.	1,760 kg.	1,980 kg.	2,025 kg.



Figure 2 Quantity of Solid Waste in Chalatat Beach

ค่าความหนาแน่นของมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ พบว่า วันหยุดเสาร์-อาทิตย์ มีความหนาแน่นของมูลฝอยมากกว่าวันธรรมดา และความหนาแน่นของมูลฝอยเฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 0.05 กก./ลิตร หรือ 50 กก./ลบ.ม. การหาความหนาแน่นของมูลฝอยมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกกระบวนการจัดการมูลฝอย กล่าวคือ หากค่าความ

หนาแน่นของมูลฝอยสูง แสดงว่ามูลฝอยมีองค์ประกอบของมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ เป็นต้น หากค่าความหนาแน่นของมูลฝอยต่ำ แสดงว่าองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นมูลฝอยทั่วไป เช่น เศษกระดาษ เป็นต้น ดังนั้น การทราบถึงค่าความหนาแน่น จึงมีความสำคัญและสะดวกต่อการหาแนวทางการจัดการมูลฝอยต่อไปต่อไป เช่น หากเป็นมูลฝอยอินทรีย์ สามารถนำไปหมักทำปุ๋ยได้ เป็นต้น

Table 2 Bulk Density of Solid Waste in Chalatat Beach

Date	Weight of Solid Waste and Bin (kg.)	Weight of Bin (kg.)	Weight of Solid Waste (kg.)	Volume of Bin (Litre)	Bulk Density (kg./m ³)
Sunday 2/10/59	5.40	2.00	3.40	70	0.05
Monday 3/10/59	5.00	2.00	3.00	70	0.04
Wednesday 5/10/59	4.40	2.00	2.40	70	0.03
Saturday 8/10/59	5.90	2.00	3.90	70	0.06
Tuesday 11/10/59	5.20	2.00	3.20	70	0.05
Friday 14/10/59	4.50	2.00	2.50	70	0.04
Mean	5.07	2.00	3.07	70	0.05

การวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ พบว่ามูลฝอยส่วนใหญ่เป็นประเภทเศษอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 25.30 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 55.44 รองลงมาได้แก่ พลาสติก 5.15 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 11.29, ไม้และใบไม้ 4.70 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 10.30, แก้ว 3.90 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 8.55, โลหะ 1.44 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 3.16 โฟม 1.51 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 3.31 ขวดพลาสติก 1.24 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 2.72 กระดาษ 1.03 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 2.26, หนัง/ยาง 0.80 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.75 มูลฝอยที่เป็นอันตราย 0.49 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.07 และผ้า 0.07 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 0.15 ตามลำดับ

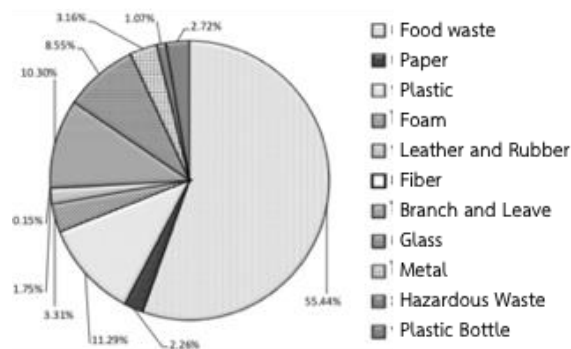


Figure 3 Characteristics of Solid Waste in Chalatat Beach

Table 3 Characteristics of Solid Waste in Chalatat Beach

Characteristics of Solid Waste	Quantity of Solid Waste (measured in wet weight)(kg.)						Mean (kg.)	Percentage
	Date							
	2/10/59	3/10/59	5/10/59	8/10/59	11/10/59	14/10/59		
Food waste	26.80	24.10	24.50	28.05	24.50	23.85	25.30	55.44
Papers	1.00	1.35	0.60	1.20	0.90	1.10	1.03	2.26
Plastic	5.50	4.00	4.80	6.00	5.40	5.20	5.15	11.29
Foams	1.50	1.32	1.80	2.27	1.10	1.08	1.51	3.31
Leathers and Rubbers	0.90	0.70	1.50	-	0.90	0.80	0.80	1.75
Fibers	-	-	-	-	0.40	-	0.07	0.15
Branches and Leaves	4.06	5.50	5.37	3.85	5.00	4.42	4.70	10.30
Glasses	4.53	3.34	2.80	5.00	3.43	4.26	3.90	8.55
Metals	1.52	1.00	1.80	1.00	1.30	2.00	1.44	3.16
Hazardous Waste	0.80	0.53	-	0.55	-	1.03	0.49	1.07
Plastic Bottles	1.23	0.80	1.00	1.20	1.47	1.73	1.24	2.72
Total	47.84	42.64	44.17	49.12	44.40	45.47	45.63	100

การจัดแบ่งประเภทมูลฝอยตามการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่า มูลฝอยอินทรีย์ ได้แก่ เศษอาหาร เศษใบไม้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.00 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 65.75, มูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ ขวดพลาสติก แก้ว โลหะ ผ้า หนังสือและยาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.48 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 18.58, มูลฝอยทั่วไป ได้แก่ พลาสติก โฟม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.66 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 14.60 และมูลฝอยอันตราย ได้แก่ ขวดบรรจุน้ำยาเคลือบเงา ขวดโรลออน กระจ่างสเปรย์ ถ้วยไฟฉาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.49 กก. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.07

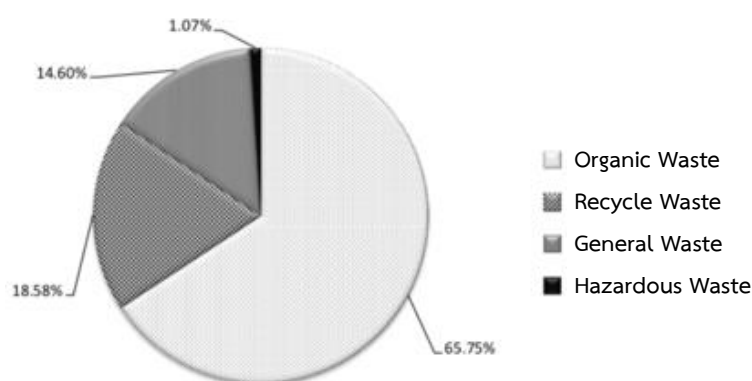


Figure 4 Characteristics of Solid Waste for Utilization

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ในหาดชลาทัศน์ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีปริมาณมูลฝอยเฉลี่ย 2,025 กก./วัน มีอัตราการเกิดมูลฝอยของนักท่องเที่ยวในหาดชลาทัศน์ เท่ากับ 1.43 กก./คน/วัน เมื่อเทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานตัวชี้วัด (ดี<0.9 กก./คน/วัน ปกติ 0.9-1.1กก./คน/วัน, สูงเกินปกติ > 1.1 กก./คน/วัน) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) ซึ่งพบว่าอัตราการเกิดมากกว่า 1.1 กก./คน/วัน แสดงว่าปริมาณมูลฝอยสูงเกินปกติ จึงสรุปได้ว่ามีปริมาณมูลฝอยในพื้นที่ดังกล่าวเกิดขึ้นมาก ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นของมูลฝอย พบว่ามีความหนาแน่น 0.05 กก./ลิตร พบว่ามูลฝอยส่วนใหญ่เป็นประเภทเศษอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 55.44 พลาสติก ร้อยละ 11.29 จากการศึกษาการจัดแบ่งประเภทมูลฝอยองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เปลือกผลไม้ เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 65.75 รองลงมามูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ ขวดพลาสติก แก้ว โลหะ เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 18.58 มูลฝอยส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารสอดคล้องกับเรื่อง ชนิด ปริมาณขยะและพฤติกรรมกาทิ้งขยะของนักท่องเที่ยวและผู้ประกอบการอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (ปราณี, 2547) ที่กล่าวว่า ได้มีการสำรวจ ฤดูฝน ฤดูหนาว ฤดูร้อน พบว่าทั้ง 3 ฤดู มีเศษอาหารมากที่สุด โดยเฉลี่ย 50.41, 46.04 และ 35.06 ตามลำดับ และวิจัยเรื่องแนวทางการจัดการขยะมูลฝอย สำหรับร้านอาหารในพื้นที่ท่องเที่ยวหาดเจ้าหลาว-แหลมเสด็จ อำเภอท่าใหญ่ จังหวัดจันทบุรี (เฉลิมพล, 2553) กล่าวว่า ประเภทมูลฝอยที่พบเป็นขยะเปียกมากที่สุดเฉลี่ย 51.52 อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยเรื่องประเภทและแหล่งที่มาของทะเลตามฤดูกาล บริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี (นวลพรรณ, 2555) ที่ศึกษาประเภทขยะทะเลบริเวณริมฝั่งพื้นที่ทรายมีความแตกต่างกันในเรื่องขยะพลาสติก และโฟม ที่มีจำนวนมากที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นที่นิยม หาได้ง่าย ราคาถูก

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย เทศบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรจัดให้มีการตั้งถังรองรับมูลฝอยแบบแยกประเภท เพื่อนำมูลฝอยแต่ละชนิดไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากภาชนะที่รองรับมูลฝอยในหาดชลาทัศน์ที่จัดเตรียมไว้ให้ไม่ได้ทำการแยกประเภทมูลฝอย ผู้ประกอบการร้านอาหารที่ขายเป็นรถขายของเคลื่อนที่ ควรมีการจัดสรรสถานที่สำหรับจุดจอดรถขายของหรือจัดพื้นที่ในการขายอาหารให้เป็นสัดส่วน และหลีกเลี่ยงการใช้โฟม หรือวัสดุที่ย่อยสลายยาก ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยหรือจัดให้มีกิจกรรมจูงใจให้เกิดความร่วมมือในการรักษาความสะอาดให้มากยิ่งขึ้น เช่น การประกวดอุปกรณ์รีไซเคิล การประกวดร้านค้าดีเด่นด้านการรักษาความสะอาด ควรมีการสำรวจจำนวนนักท่องเที่ยวในหาดชลาทัศน์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์มูลฝอย และเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการมูลฝอยในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเทศบาลนครสงขลาที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2547. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการด้านที่พักอาศัย บริการชุมชน. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สผ.).
- เฉลิมพล อินทอง. 2553. แนวทางการจัดการขยะมูลฝอย สำหรับร้านอาหารในพื้นที่ท่องเที่ยวหาดเจ้าหลาว-แหลมเสด็จ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธิดา ชูทวี. 2550. ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีต่อแหล่งท่องเที่ยวชายหาดสมิหลา จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นवलพรรณ คณานุรักษ์. 2555. ประเภทและแหล่งที่มาของทะเลตามฤดูกาลบริเวณชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราณี ไพบูลย์สมบัติ. 2546. ชนิด ปริมาณขยะ และพฤติกรรมการทิ้งขยะของนักท่องเที่ยว และผู้ประกอบการในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- พัฒนา อนุรักษ์พงษ์ธร. 2547. การจัดการขยะ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมเกียรติ อยู่รอด. 2545. ปริมาณขยะของนักท่องเที่ยวไทยในอุทยานแห่งชาติตาตอดน จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก บนเครือข่าย Mathematical Models of Hand-foot-mouth Disease on Networks

ประพรณพร รัตน์¹ และอดิศักดิ์ เต็มเพ็ชรหนอง^{2*}
Prapanporn Rattana¹ and Adisak Denphetnong^{2*}

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) ราชบุรี 70150

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

¹Mathematics Module, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Ratchaburi), Ratchaburi, Thailand 70150

²Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: adisak.de@skru.ac.th

บทคัดย่อ

โรคมือ เท้า ปาก เป็นโรคที่เกิดขึ้นในเด็ก ซึ่งเป็นสาเหตุการตายจำนวนมากในหลายประเทศโดยเฉพาะเด็กที่อายุต่ำกว่า 10 ขวบ และการกักกันผู้ติดเชื้อเป็นขั้นตอนหนึ่งในการควบคุมการแพร่กระจายของโรค งานวิจัยในครั้งนี้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก เมื่อมีการกักกันประชากรที่ติดเชื้อเพื่อป้องกันการแพร่ระบาด โดยประชากรถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อ กลุ่มติดเชื้อ และกลุ่มที่ได้รับการกักกัน จากการศึกษาผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองแบบ Compartmental Model และ Stochastic Simulation Model มีความสอดคล้องกัน และเมื่อพิจารณาผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองแบบ Stochastic Simulation Model จะได้ว่า การลดอัตราเครือข่ายการเชื่อมโยงของผู้ที่ติดเชื้อมีผลต่อการลดจำนวนผู้ติดเชื้อ นอกจากนี้ผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองยังแสดงถึงจำนวนผู้ติดเชื้อ และช่วงเวลาของการระบาด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการควบคุมการแพร่ระบาดของโรค หากนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับเครือข่ายจริง

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เครือข่าย โรคมือ เท้า ปาก ผลเฉลยเชิงตัวเลข

Abstract

Hand, foot and mouth disease is a disease that occurs in children. Many under the age of 10 are died because of this disease in many countries. Quarantined people strategy is one step in controlling the spread of the disease. This research aimed to study the mathematical models for hand, foot and mouth disease when the infected population was quarantined. The population was divided into 3 groups: susceptible, infected and quarantined. Compartmental model and stochastic simulation model were derived. The numerical solutions showed the excellent agreement between these models. Moreover, stochastic simulation model was employed to explore the epidemic on networks. The results showed the influence of the network structure and quarantined rate on the dynamics and size of the infected epidemic. This information would be very useful in controlling the spread of the disease when the model was applied to the real-network.

Keywords: mathematical model, network, hand foot and mouth disease, numerical solution

คำนำ

โรคมือ เท้า ปาก (Hand , foot and mouth disease) เป็นโรคที่เกิดขึ้นในเด็ก โดยมีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัสคอกแซกกี (Coxsackie virus) ซึ่งอยู่ในกลุ่มของเอนเทอโรไวรัส (Enterovirus) โดยเฉพาะเป็นไวรัสชนิด เอ 5 เอ 10 และ เอ16 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบบ่อยว่าเป็นสาเหตุในการระบาด ในบางครั้งการระบาดที่เกิดจากเชื้อไวรัสสายพันธุ์ที่รุนแรง เช่น เอนเทอโรไวรัส 71 (Enterovirus 71) จะก่อให้เกิดอันตรายที่รุนแรงถึงขั้นทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ (Yang *et al.*, 2013) โรคมือ เท้า ปาก พบครั้งแรกที่ประเทศนิวซีแลนด์ในปี ค.ศ. 1975 และโรคนี้มีการพบการระบาดทั่วโลก อาทิปี ค.ศ. 2008 ประเทศจีนมีผู้ป่วยจากโรคมือ เท้า ปาก จำนวน 488, 955 ราย และมีอัตราการตายจากโรคนี้ 0.26/1000 และในปี ค.ศ. 2009 พบผู้ติดเชื้อจากโรคนี้ 1,155,525 ราย จากการระบาดที่รุนแรง ส่งผลให้ประเทศจีนมีการเฝ้าระวังโรคดังกล่าวตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 (Zhu *et al.*, 2011)

การแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก ส่วนหนึ่งมาจากการสัมผัสผู้ที่ติดเชื้อส่งผลให้โรคที่แพร่ออกไปเป็นวงกว้าง ซึ่งการเดินทางของประชากรที่ติดเชื้อเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการแพร่ระบาดของโรค การควบคุมการระบาดของโรคโดยวิธีการคัดแยก (Quarantine) เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดจำนวนผู้ติดเชื้อโดยการแยกผู้ป่วยหรือผู้ที่มีการปนเปื้อนไว้ในบริเวณที่กำหนด ซึ่งวิธีการแยกกักประชากรที่ติดเชื้อจะส่งผลกระทบต่อในด้านสังคม เศรษฐกิจ การท่องเที่ยว และอื่นๆ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และประเมินผลในการระบาด ซึ่งช่วยในการวางแผน และสร้างมาตรการในการ ควบคุมโรค เพื่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก อย่างต่อเนื่อง McMinn *et al.* (2001); Chang *et al.* (2002); Chen *et al.* (2007) ได้นำ phylogenetic analysis มาศึกษาวิวัฒนาการของ human enterovirus (HEV71) ที่มีผลการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก ในออสเตรเลียตะวันตก สิงคโปร์ และมาเลเซีย ในขณะที่ Chan *et al.* (2003) และ Chong *et al.* (2003) ได้นำวิธีการของ McMinn *et al.* (2001) ทำการศึกษาโรคมือ เท้า ปาก Chang *et al.* (2002) และ Chen *et al.* (2007) ศึกษาการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปากในประเทศสิงคโปร์ ในปี ค.ศ. 2017 Chungqing (2017) ได้ศึกษาแบบจำลองการระบาดของโรคมือ เท้า ปาก บนอัตราการอุบัติการณ์แบบพื้นฐาน (Standard Incidence Rate) ในขณะเดียวกัน งานวิจัยทางด้านโรคระบาดวิทยาสำหรับเครือข่ายก็ได้มีผู้ศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่น Kiss *et al.* (2006) ได้ศึกษาการระบาดของโรคเท้า ปาก ที่เกิดขึ้นในเกาะ โดยใช้สมมติฐานเครือข่ายแบบต่างๆ Natele *et al.* (2009) ได้จำลองสถานการณ์การระบาดของโรคในวัวที่เกิดขึ้นที่ประเทศอิตาลี โดยวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายในรูปแบบการเคลื่อนย้ายวัวที่ส่งผลต่อการระบาดของโรค และ BiSong *et al.* (2013) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของโรค SARS จากเครือข่ายใน ปักกิ่ง และมณฑลกว่างตุงของประเทศจีน

Tiing and Labadin (2008) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสำหรับโรคมือ เท้า ปาก สำหรับวิเคราะห์การระบาดในเมืองซาราวัก ประเทศมาเลเซีย ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองดังกล่าวมีเงื่อนไขภายใต้สมมติฐานคือ การระบาดไม่ได้ขึ้นกับโครงสร้างการติดต่อกันของประชากร ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการแพร่ระบาดของโรค งานวิจัยในครั้งนี้นี้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมือ เท้า ปาก ภายใต้สมมติฐานโครงสร้างของเครือข่ายมีผลต่อการระบาดของโรคและการคัดแยกประชากรที่ติดเชื้อเมื่อเกิดการระบาด เพื่อวิเคราะห์ผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองในการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อและระยะเวลาในการแพร่ระบาด

อุปกรณ์และวิธีการ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่ง ที่ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมการระบาดของโรค ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก ซึ่งมีการแบ่งประชากรออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่ม S แทนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (Susceptible) กลุ่ม I แทนประชากรที่ติดเชื้อ (Infected) และ กลุ่ม Q แทนประชากรที่ติดเชื้อและได้รับการคัดแยกออกเพื่อการรักษาหรือรอการหายจากโรค(Quarantined) และสมมติฐานของแบบจำลองมีดังนี้

- ประชากรที่ติดเชื้อไม่ติดเชื้อมีตั้งแต่แรกเกิด
- ประชากรที่ติดเชื้อแล้วสามารถแพร่เชื้อไปสู่ผู้อื่นได้ทันที
- ประชากรที่ติดเชื้อและได้รับการคัดแยกออกและไม่สามารถแพร่เชื้อไปสู่ผู้อื่นได้
- อายุและเพศไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการติดเชื้อของโรค
- อัตราการตายตามธรรมชาติ เท่ากันทุกกลุ่มประชากร
- พารามิเตอร์และอัตราต่าง ๆ ไม่เป็นจำนวนลบ

การเปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มประชากรแสดงใน Figure 1 พารามิเตอร์และความหมายของแต่ละตัวแปรจะไว้ใน Table 1

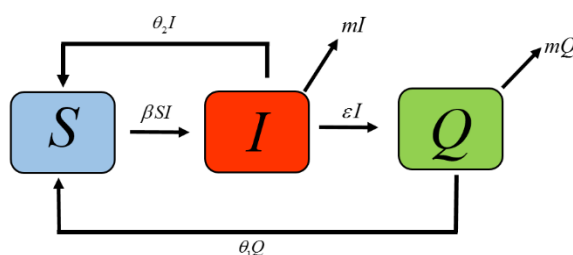


Figure 1 Schematic diagram of Mathematical Model of Hand - foot – Mouth Disease.

Table 1 Parameter definitions and values

Parameter	Definition	Values (week ⁻¹)
β	Transmission rate	0.00015
ϵ	Quarantine rate	0.8235
θ_1	Recovery rate of Q	0.07
θ_2	Recovery rate of I	0
m	Disease mortality rate	1.731×10^{-5}

การแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก สาเหตุหลักมาจากการติดต่อโดยตรงจากการสัมผัสผู้ป่วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการระบาดบนเครือข่าย จะแสดงถึงโอกาสของการแพร่เชื้อของจากประชากร I ไปยังประชากร S ดังแสดงใน Figure 2 จะเห็นได้ว่า หากประชากร I มีการเชื่อมต่อกับประชากร S เป็นจำนวนมาก

โอกาสของการระบาดของโรคก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการป้องกันการระบาดโดยการตัดแยกผู้ป่วยหรือลดการสัมผัสกับผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้อาจจะช่วยลดการแพร่ระบาดของโรค

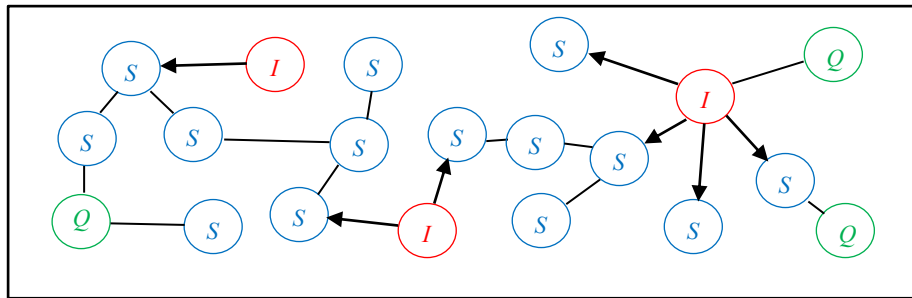


Figure 2 An example of SIQ model in the network.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1. Compartmental Model

แบบจำลอง Compartmental Model เป็นแบบจำลองที่มีเงื่อนไขของประชากรในระบบว่า ประชากรแต่ละคนมีการติดต่อกับประชากรคนอื่นทุกคน กล่าวคือ ถ้าจำนวนประชากรเท่ากับ N จะได้ว่าประชากรหนึ่งคนจะติดต่อกับประชากร $N-1$ คน แบบจำลองจะสามารถเขียนได้ด้วยความสัมพันธ์ของสมการเชิงอนุพันธ์ตั้งระบบสมการที่ 1

จาก Figure 1 เราสามารถเขียนให้อยู่ในระบบสมการเชิงอนุพันธ์ที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา ใช้แทนการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่ม โดยอัตราที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประชากรจะมีเครื่องหมายเป็นบวก และในทางกลับกันหากอัตราใดที่ทำให้ประชากรลดลงมีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงได้ตั้งระบบสมการที่ 1

$$\left. \begin{aligned} \dot{S} &= -\beta SI + \theta_2 I + \theta_1 Q \\ \dot{I} &= \beta SI - (\theta_2 + \varepsilon + m) I \\ \dot{Q} &= \varepsilon I - (\theta_1 + m) Q \end{aligned} \right\} \text{---- (1)}$$

เมื่อ $N = S + I + Q$

2. Stochastic Simulation Model

แบบจำลอง stochastic simulation สำหรับ SIQ ในงานวิจัยนี้ ถูกพัฒนามาจาก Gillespie method (Gillespie, 1976, 1977) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยแบบจำลองสามารถวิเคราะห์บนเครือข่ายลักษณะต่างๆ ได้ กล่าวคือ ประชากรในเครือข่ายมีการติดต่อกับประชากรคนอื่นได้ด้วยจำนวนการเชื่อมต่อตามจริง ดังนั้น ประชากรคนที่ i จะมีการเชื่อมต่อกับประชากรอื่นด้วยค่า k_i ซึ่งทำให้แบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรคได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น

จากที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้นว่า พลวัตของโรคระบาดถูกกำหนดด้วยอัตราการแพร่เชื้อ และอัตราการฟื้นจากโรค การได้รับเชื้อโรคของประชากรที่ปกติจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับประชากรที่ป่วยด้วยโรค โดยโอกาสของการแพร่เชื้อโรคจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่เชื้อของโรค β และจำนวนของประชากรที่ป่วยที่มีการเชื่อมต่อกับคน

เวลานั้นๆ สำหรับการหายจากโรคของประชากรที่ป่วยจะขึ้นอยู่กับอัตราการฟื้นจากโรค θ และอิสระจากจำนวนของประชากรที่เชื่อมต่อ ณ เวลานั้นๆ กระบวนการจำลองการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในระบบ จะเกิดขึ้นด้วยการแจกแจงแบบ exponential ด้วยอัตราเท่ากับผลรวมของอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในระบบ โดยในแต่ละหนึ่งช่วงเวลาที่กำหนด จะเกิดเหตุการณ์เพียงหนึ่งเหตุการณ์เท่านั้นและใช้กระบวนการสุ่มแบบอิสระสำหรับเลือกประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เป็นสัดส่วนกับความสัมพันธ์ของอัตราของแต่ละประชากร

ผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ จะแสดงผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองทั้ง 2 แบบด้วยสมมติฐานเดียวกันโดยเปรียบเทียบผลเฉลยเชิงตัวเลขทั้ง 2 แบบจำลอง เพื่อแสดงถึงความถูกต้องแม่นยำของผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลอง และจะใช้เพียงแบบจำลอง Stochastic simulation model สำหรับการพิจารณาผลเฉลยของการระบาดของโรคบนเครือข่าย ซึ่งจะเป็นการคาดเดาจำนวนผู้ติดเชื้อภายใต้เงื่อนไขของเครือข่ายต่างๆ ที่ใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น

การทดลองเริ่มจากการหาผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลอง Compartmental Model เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาได้มีความถูกต้องโดยนำไปเปรียบเทียบกับผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองการระบาดของโรคมือเท้าปาก ในเมืองซาราวัด (Tiing and Labadin, 2008) โดยค่าพารามิเตอร์ดัง Table 1 และเงื่อนไขค่าเริ่มต้นคือ $S(0)=10000, I(0)=4, Q(0)=0$ ผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลอง Compartmental Model แสดงดัง Figure 3 จะเห็นได้ว่า ในสัปดาห์ที่ 8-12 มีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อและได้รับการคัดแยกออกสูงมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนประชากรทั้งหมด จำนวนประชากรที่ติดเชื้อจะแปรผกผันกับจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ และหลังจากสัปดาห์ที่ 20 จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมีค่าลดลง ลักษณะการเพิ่มหรือลดลงของแต่ละกลุ่มประชากรจะมีลักษณะดังกล่าวข้างต้นจนมีค่าเข้าสู่จุดสมดุล แบบจำลอง Compartmental Model ที่ได้พัฒนาในครั้ง นี้ มีผลเฉลยเชิงตัวเลขเทียบเท่าและลักษณะพลวัตรในการระบาดเป็นไปในแบบเดียวกันกับแบบจำลองของ ทิง (Tiing and Labadin, 2008) เมื่อได้มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในความหมายเดียวกันและค่าที่เท่ากัน

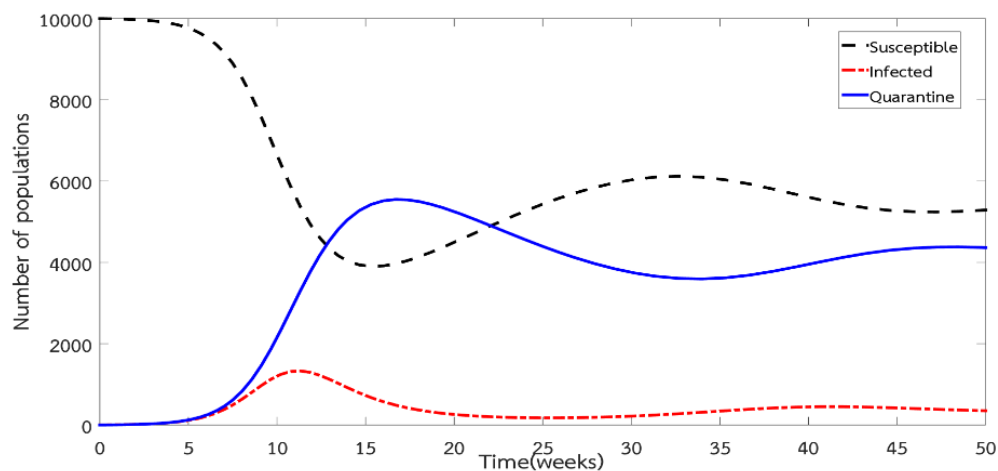


Figure 3 The solutions of compartmental model

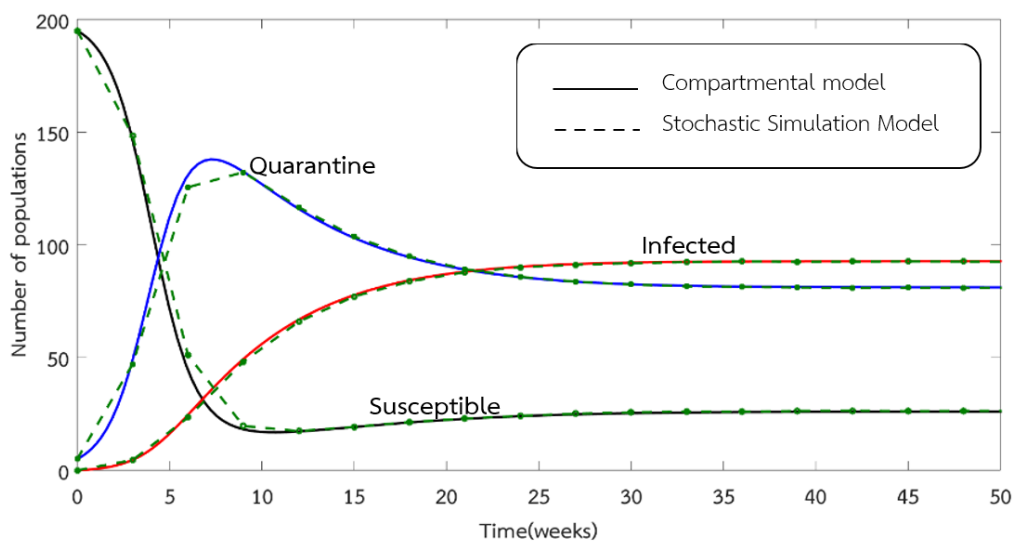


Figure 4 Comparison the solution of two model between compartmental model and stochastic simulation model

Figure 4 แสดงผลเฉลยของแบบจำลองทั้ง 2 แบบคือ Compartmental model (เส้นกราฟ —) และ Stochastic Simulation Model (เส้นกราฟ ----) โดยทั้งสองแบบจำลองแสดงจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่ม กำหนดให้ค่าเริ่มต้น คือ $N = 200$, $S(0) = 195$, $I(0) = 5$, $Q(0) = 0$, $\beta = 0.005$, $\theta_1 = 0.07$, $\theta_2 = 0.05$ และ $m_1 = m_2 = 0.00001731$ ทั้งนี้โครงสร้างของเครือข่ายจะเป็นไปตามเงื่อนไขของแบบจำลอง Compartmental Model กล่าวคือ ประชากรหนึ่งคนจะติดต่อกับประชากร $N-1$ คน หรือเครือข่ายจะมีโครงสร้างแบบทุกโหนดมีการเชื่อมต่อกันด้วย $k = N-1$

จาก Figure 4 จะพบว่าผลเฉลยเชิงตัวเลขทั้ง 2 แบบจำลองมีค่าสอดคล้องกันที่ดีมาก แบบจำลอง Stochastic simulation model สามารถให้ผลเฉลยเชิงตัวเลขได้ตรงตามสมมติฐานและเป็นไปตามสมการที่ 1 ดังนั้นในการพิจารณาลำดับถัดไป แบบจำลอง Stochastic simulation model จะถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์พลวัตของการระบาดของโรคที่เป็นผลมาจากโครงสร้างของเครือข่ายในแบบต่างๆ ตามสมมติฐาน Figure 2 และปัจจัยของอัตราการคัดแยกประชากรที่ติดเชื่อตามสมมติฐาน Figure 1 โดยการพิจารณาดังกล่าวจะใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงของการระบาดของโรคมือ เท้า ปาก

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การระบาดของโรคมือ เท้า ปาก จะเกิดขึ้นได้ง่ายกับเด็ก และแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว เมื่อมีเด็กป่วยเกิดขึ้นในโรงเรียน ดังนั้นการพิจารณาโครงสร้างเครือข่ายสำหรับแบบจำลอง Stochastic simulation model จะสมมติให้ประชากรที่ศึกษาแทนด้วยจำนวนนักเรียนในโรงเรียน เพื่อการวิเคราะห์และคาดเดาจำนวนนักเรียนที่จะติดเชื่อเมื่อมีการแพร่ระบาดของโรค โดยกำหนดให้โรงเรียนมีนักเรียนทั้งหมด N คน และสมมติให้จำนวนนักเรียนในแต่ละชั้นเรียนแสดงถึงการเชื่อมต่อของประชากรบนเครือข่าย กล่าวคือ หากห้องเรียนหนึ่งมีจำนวนนักเรียน m คน นั้นหมายความว่าเครือข่ายจะมี $k = m-1$ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ พิจารณาเครือข่ายแบบ homogeneous network (Mieghem et al., 2009) ดังนั้น $k_i = k$, $i = 1, 2, 3, \dots, N$ โดยกำหนดค่าเริ่มต้น $N = 200$, $S(0) = 195$, $I(0) = 5$, $Q(0) = 0$ และอัตราอื่นกำหนดเป็น $\beta = 0.05$, $\theta_1 = 0.07$, $\theta_2 = 0.05$, $m_1 = m_2 = 0.00001731$

จาก Figure 5 จะเห็นว่าจำนวนผู้ที่ติดเชื้อจะแปรผันตรงกับอัตราค่า k ในทางกลับกันจำนวนผู้ที่ติดเชื้อจะแปรผกผันกับอัตราค่า ε ดังแสดงใน Figure 6 กล่าวคือ เครือข่ายที่ประชากรมีการติดต่อกัน (k) เป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเครือข่ายที่มีการเชื่อมต่อของประชากรที่น้อยกว่า และเมื่อเพิ่มอัตราการคัดแยกผู้ที่ติดเชื้อ พบว่าสามารถลดจำนวนผู้ที่ติดเชื้อได้ นั่นคือหากมีการระบาดเกิดขึ้น การคัดแยกผู้ที่ติดเชื้อออกจากเครือข่ายด้วยความรวดเร็ว จะสามารถเป็นมาตรการอย่างหนึ่งในการป้องกันการระบาดของโรคได้

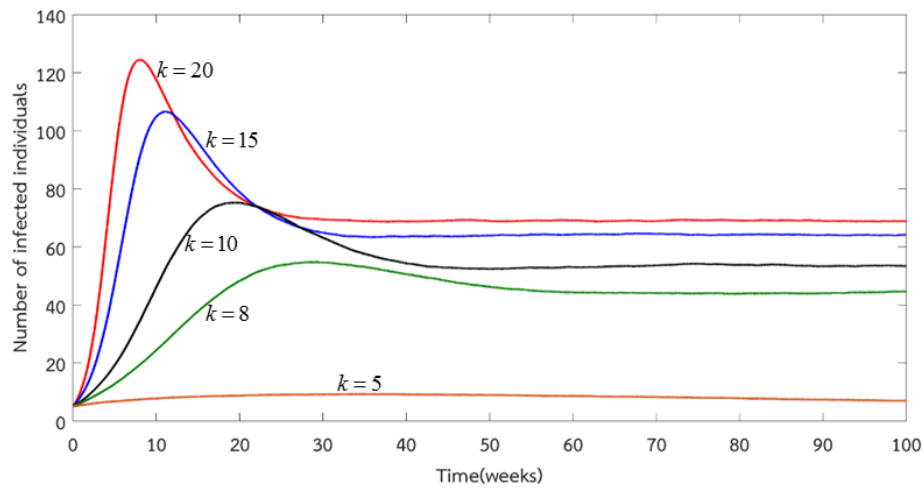


Figure 5 The trajectory of infected individuals of Stochastic simulation model with fix $\varepsilon = 0.1$ and varying k values. From top to bottom, $k = 20, 15, 10, 8$ and 5 (red, blue, black, green and orange lines), respectively

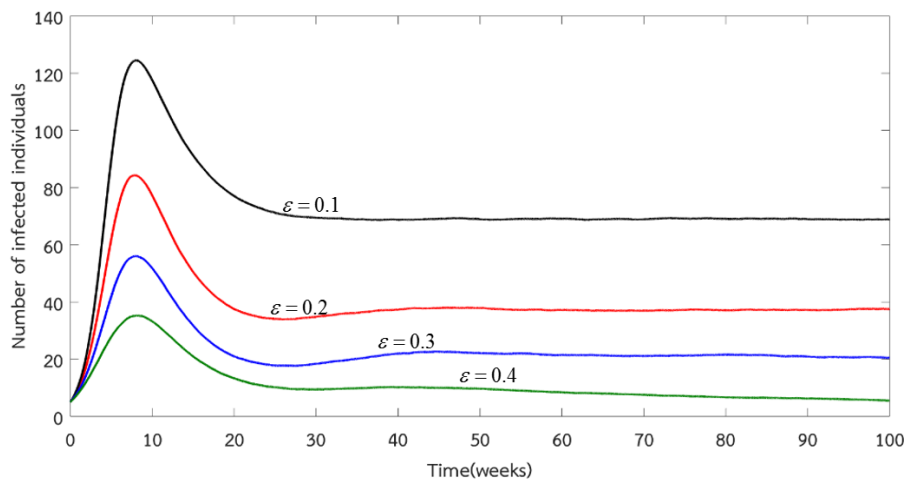


Figure 6 The trajectory of infected individuals of Stochastic simulation model with fix $k = 20$ and varying ε values. From top to bottom, $\varepsilon = 0.1, 0.2, 0.3,$ and 0.4 (black, red, blue, and green lines), respectively

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้พัฒนาแบบจำลองการระบาดเมื่อมีการคัดแยกประชากรที่ติดเชื้อบนเครือข่าย โดยแบบจำลองอยู่ในรูปแบบ *SIQ* ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาได้มีความสอดคล้องกันทั้งในแบบ Compartmental model และ Stochastic simulation model อีกทั้งเมื่อพิจารณาแบบจำลอง Stochastic simulation model จะพบว่าเมื่อมีการลดการเชื่อมต่อของเครือข่ายและเพิ่มอัตราการคัดแยกประชากรที่ติดเชื้อจะส่งผลให้จำนวนผู้ที่ติดเชื้อลดลง โดยผลเฉลยเชิงตัวเลขของแบบจำลองจะแสดงจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและช่วงเวลาของการระบาด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปกป้องและสร้างมาตรการในการเฝ้าระวังการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งช่วยในการศึกษาการแพร่ระบาดของโรค ซึ่งสามารถพยากรณ์จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและช่วงเวลาของการแพร่ระบาด เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมและป้องกันโรคมียุทธศาสตร์การป้องกันการระบาดให้ทันทั่วถึง และเพื่อการสร้างวัคซีนป้องกันโรคให้เพียงพอต่อการระบาด งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาขยายขอบเขตสมมติฐานของเครือข่ายได้อีกหลายแบบ เช่น เครือข่ายแบบ heterogeneous และถ้าสามารถเก็บข้อมูลและสร้างเครือข่ายจริงได้ เช่น เครือข่ายของโรงเรียน หรือเครือข่ายของจังหวัดใดๆ จะยิ่งทำให้การพยากรณ์การแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้จริง อย่างไรก็ตาม ในการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับโรคที่เกิดขึ้นจริง ค่าพารามิเตอร์และปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องควรมีการศึกษาและให้คำจำกัดความ รวมถึงอาจสามารถปรับเปลี่ยนพัฒนาตัวแบบจำลองเพื่อความเหมาะสม เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นแบบจำลองที่อยู่ภายใต้สมมติฐานซึ่งหลายๆตัวแปรอาจจะไม่มีข้อมูล หรือเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ของการระบาดของโรค ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการแปลผล และนำผลการศึกษาไปใช้งานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ สนับสนุนโดยทุนนักวิจัยใหม่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

- BiSong, H., G. JianHua, S. Jun and Z. liePing. 2013. Exploring the epidemic transmission network of SARS in-out flow in mainland China. *Chinese Science Bulletin* 58(15): 1818-1831.
- Chan, K.P., K.T. Goh, C.Y. Chong, E.S.Teo, G. Lau and A.E. Ling. 2003. Epidemic hand, foot and mouth disease caused by human enterovirus 71. *Singapore Emerging Infectious Diseases* 78-85.

- Chang, L.Y., C.C. King, K.H. Hsu, H.C. Ning, K.C. Tsao, C.C. Li, Y.C. Huang, S.R. Shih, S.T. Chiou, P.Y. Chen, H.J. Chang and T.Y. Lin. 2002. Risk factors of enterovirus 71 infection and Associated hand, foot, and mouth disease/herpangina in children during an epidemic in Taiwan. **Pediatrics** 109(6) : 88-94
- Chen, K.T., H.L. Chang, S.T. Wang, Y.T. Chang and J.Y. Yang. 2007. Epidemiologic features of hand-foot-mouth disease and herpangina caused by enterovirus 71 in Taiwan, 1998-2005. **Pediatrics** 120(2): 244-252
- Chong, C.Y., K.P. Chan, W.Y.M. Ng, G. Lua, T.E.S. Teo, S.H. Lai and A.E. Ling. 2003. Hand, foot and mouth disease in Singapore: a comparison of fatal and nonfatal cases. **Acta Paediatr.** 92(10): 1163-1169.
- Chunqing, W. 2017. Analysis of a hand-foot-mouth disease model with standard incidence rate and estimation for basic reproduction number. **Math. Comput. Appl.** 22(29): 1-10.
- Gillespie, D.T. 1976. A general method for numerically simulating the stochastic time evolution of coupled chemical reactions. **J. Comput. Phys.** 81: 2340-2361.
- Gillespie, D.T. 1977. Exact stochastic simulation of coupled chemical reactions. **J. Phys. Chem.** 81: 2340-2361.
- Kiss, I.Z., D.M. Green and R.R. Kao. 2006. The network of sheep movements within Great Britain: network properties and their implications for infectious disease spread. **J. R. Soc. Interface** 3: 669-677.
- McMinn, P.K.L., D. Perera, H.M. Chan, K.P. Chan and M.J. Cardoso. 2001. Phylogenetic Analysis of Enterovirus 71 Strains Isolated during Linked Epidemics in Malaysia, Singapore and Western Australia. 7732-7738.
- Mieghem. P.V., J. Omix. and R. Kooij. 2009. Virus Spread in Networks. **IEEE/ACM.** 17: 1-14
- Natele, F., A. Giovannini, L. Savini, D. Palma L. Possenti, G. Fiore. and P. Calistri. 2009. Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. **Preventive Veterinary Medicine** 92: 341-350.
- Tiing, F.C.S. and J. Labadin. 2008. A Simple Deterministic Model for the Spread of Hand, Foot and Mouth Disease (HFMD) in Sarawak. pp. 947-952. *In* **Second Asia International Conference on Modelling & Simulation.**
- Yang, J.Y., Y.M. Chen and F.Q. Zhang. 2013. Stability analysis and optimal control of a hand-foot-mouth disease (HFMD) model. **J. Appl. Math. Comput.** 41: 99-117.
- Zhu, Q., Y.T. Hao, J.Q. Ma, S.C. Yu and Y. Wang. 2011. Surveillance of hand, foot, mouth disease in Mainland China (2008–2009). **Biomed. Environ. Sci.** 24: 349-356.

เทคโนโลยีเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจสอบการทำงานของพัดลมในระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย

Sensor Technologies for Monitoring Cooling Fan Operation in Evaporative Cooling System

วัชรินทร์ สารระชัย ภารต รัตนปิณฑะ* และพิชชยานิดา คำวิชัย

Watcharin Sarachai, Parot Ratnapinda* and Pitchayanida Khumwichai

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Information Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: parotr@gmail.com

บทคัดย่อ

ฟาร์มปศุสัตว์ในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่โดยเฉพาะฟาร์มไก่ เป็นรูปแบบโรงเรือนปิดด้วยระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในและการถ่ายเทอากาศให้เหมาะสม ซึ่งระบบพัดลมเป็นหนึ่งในส่วนประกอบหลักในการทำงานของระบบ โดยหนึ่งในปัญหาที่สร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เป็นอย่างมากคือ ระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหยเกิดความขัดข้อง โดยเฉพาะในส่วนของพัดลมที่อาจเกิดการหยุดทำงานเนื่องจากไฟฟ้าดับหรือพัดลมขัดข้อง งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์มาใช้ในการตรวจสอบการทำงานของพัดลมในระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย โดยใช้เซ็นเซอร์การตรวจจับหมุนของพัดลมโดยตรง และได้ทำการทดลองใช้งานจากเซ็นเซอร์สามรูปแบบ คือ อินฟราเรด ตรวจจับการเคลื่อนไหว และรูปแบบเสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก มาใช้ในการตรวจสอบการทำงานของพัดลม ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า เซ็นเซอร์รูปแบบเสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีความแม่นยำถึง 99% โดยรองลงมา คือ เซ็นเซอร์อินฟราเรด ซึ่งมีความแม่นยำ 97% และเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว มีความแม่นยำเพียง 48% เท่านั้น

คำสำคัญ: ระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย เซ็นเซอร์อินฟราเรด เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

Abstract

Majority of livestock farms in Thailand, especially poultry farms, use evaporative cooling system for controlling temperature and air flow. This system has fans as one of the main components. One of the biggest problem in poultry farms is malfunction of evaporative cooling system especially in the fan operations due to power outage or fan mechanism. We studied the use of sensor technologies for monitoring cooling fan operation in evaporative cooling system by detecting the fan movement directly. We conducted our experiments using three types of sensors: infrared, motion detection, and ultrasonic for monitoring fan operations. The laboratory results showed that ultrasonic had highest accuracy of 99 percent, infrared sensor achieves 97 percent accuracy, and motion detection sensor only reaches 48 percent accuracy.

Keywords: evaporative cooling system, infrared sensor, ultrasonic sensor, motion detector sensor

คำนำ

ฟาร์มปศุสัตว์โดยทั่วไปนั้น เช่น ฟาร์มไก่ จะใช้คนเป็นหลักในการสังเกต ควบคุม และดูแล ความเป็นอยู่ของไก่ โดยวิธีการนี้มีต้นทุนที่สูง ใช้เวลามาก และอาจไม่สามารถทำได้ตลอดช่วงอายุของไก่ (Berckmans, 2004) การทำเกษตรอัจฉริยะ สำหรับฟาร์มไก่จึงเป็นการนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ มาใช้ในการสังเกต ควบคุม และดูแล ความเป็นอยู่ของไก่ แทนคน โดยเซ็นเซอร์สามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ (temperature), ความชื้น (humidity), แอมโมเนีย (NH₃), ฝน (rain) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นต้น (Wan *et al.*, 2008; Murad *et al.*, 2009; Corkery *et al.*, 2013; So-In *et al.*, 2013; Jindarat and Wuttidittachotti, 2015; Handigolkar *et al.*, 2016; Mahale and Sonavane, 2016) โดยอาจจะมีการวัดค่าอื่นๆ เพิ่มเติมตามลักษณะเฉพาะของแต่ละฟาร์มไก่ เช่น ความเร็วในการหมุนเวียนอากาศ (air velocity) ความกดอากาศ (pressure) แสง (light) (Bustamante *et al.*, 2012; Corkery *et al.*, 2013; Ammad-uddin *et al.*, 2014; Jindarat and Wuttidittachotti, 2015) ระดับน้ำ (water level) (Goud and Sudharson, 2015) และตรวจสอบการเคลื่อนไหวที่ตัวไก่ (movement) (Santoshkumar *et al.*, 2013; Ammad-uddin *et al.*, 2014; Okada *et al.*, 2014)

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของฟาร์มไก่มากเป็นอันดับแรก คือ อุณหภูมิและความชื้น (Murad *et al.*, 2009; Ammad-uddin *et al.*, 2014) ส่งผลโดยตรงกับความเครียดที่เกิดจากความร้อน (heat stress) ซึ่งส่งผลกระทบต่อทำให้ ภูมิคุ้มกันของไก่ ปริมาณการกินอาหารของไก่ คุณภาพและปริมาณของไข่ไก่ และอาจถึงขั้นทำให้ไก่เสียชีวิตจากการเป็นลมแดด (heat stroke) (Ayo *et al.*, 2011; Corkery *et al.*, 2013) อีกทั้งธรรมชาติของไก่นั้น เป็นสัตว์ที่มีความรู้สึกไว (sensitive) ทำให้ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างง่ายตาย โดยเฉพาะเสียงการทำงานของพัดลมที่หากมีการเปิด ปิด อย่างกะทันหันจะทำให้ไก่ตกใจกลัวได้ (Wan *et al.*, 2008) ดังนั้นการควบคุม ดูแล การทำงานของพัดลมจึงมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อระบบฟาร์มไก่ที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย (Evaporative Cooling System) เพื่อการรักษาสภาพอากาศภายในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงไก่ (Bustamante *et al.*, 2012) โดยรูปแบบของเซ็นเซอร์ที่น่าจะนำมาใช้ได้การตรวจสอบการทำงานของพัดลมมีสามรูปแบบคือ อินฟราเรด จับการเคลื่อนไหว และรูปแบบเสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ศึกษาของการวิจัย

ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่าง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ โดยได้ทำการสำรวจลงพื้นที่ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงมกราคม พ.ศ. 2560 ณ วิจิตรฟาร์ม ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการสำรวจลักษณะของโรงเรือนโดยละเอียด โดยเน้นไปการวิเคราะห์การทำงานของพัดลมในระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย จากการสำรวจพบว่าโรงเรือนมีไก่ประมาณ 10,000 ตัว มีการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหย โดยมีพัดลมติดตั้งอยู่ที่ท้ายโรงเรือนจำนวน 6 ตัว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

หลังจากได้ทำความเข้าใจถึงลักษณะรูปแบบการทำงานของพัดลม ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ รวมถึงข้อดี ข้อเสีย ในการนำเซ็นเซอร์รูปแบบต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบการทำงานของพัดลม โดย

ทางคณะวิจัยเห็นว่า ควรใช้การนับรอบหมุนของพัลลวมมาตรวจสอบสถานะของการทำงาน ซึ่งมีเซ็นเซอร์อยู่ 3 รูปแบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ คือ

1. เซ็นเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor) ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุ ตัวโมดูลต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 2.7 โวลต์ ถึง 6.2 โวลต์ กินกระแสไฟเฉลี่ย 5 มิลลิแอมป์ ระยะตรวจจับวัตถุ ได้ตั้งแต่ 2 ซม. ถึง 10.25 ซม. (0.8 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว) สัญญาณขาออกเป็นแบบดิจิตอลเวลาตอบสนองในสถานการณ์ทำงานปกติ คือ 2.56 มิลลิวินาที (มากที่สุด คือ 3.77 มิลลิวินาที) ดังรูป (Figure 1)

2. เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหว (Motion detector sensor) สามารถตรวจจับได้โดยมีโมดูลตรวจจับโค้งเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมกว้าง 120 องศา รัศมีไกล 6 เมตร เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาสัญญาณทำงานคล้ายกับเป็นสวิตช์ ในสถานะที่ไม่มีการตรวจจับจะให้สัญญาณขาออกเป็นแรงดัน 0 โวลต์ (LOW) และเมื่อตรวจจับได้จะให้แรงดันขาออกตามแรงดันที่จ่ายเข้าไปคือ 3.3 หรือ 5 โวลต์ (HIGH) เหมาะกับการนำไปตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุ ดังรูป (Figure 2)

3. เซ็นเซอร์เสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) วัดระยะได้ตั้งแต่ 3 ซม. ถึง 4 เมตร ต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้แรงดัน 5 โวลต์ ส่งสัญญาณกระตุ้นออกไปจากนั้นจะรอรับสัญญาณตอบสนองสะท้อนกลับเข้ามา ดังรูป (Figure 3)

โดยในการเชื่อมต่อตัวเซ็นเซอร์ต่างๆ จะทำผ่านอุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ NodeMCU ซึ่งเป็นโมดูลที่ประกอบด้วย ESP8266-12 E มีเสาอากาศแบบ PCB Antenna โดยได้ทำเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B ซึ่งใช้ CPU Broadcom BCM2837 64-bit Quad-Core ARM Cortex-A53 ARMv8 ความเร็ว 1.2 GHz มีหน่วยความจำ LPDDR 2 SDRAM ขนาด 1 GB

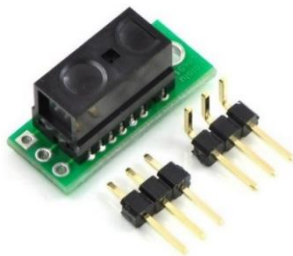


Figure1 The infrared sensor (Pololu)



Figure2 The motion detector sensor (Seedstudio)



Figure3 The ultrasonic sensor (Seedstudio)

ผลการวิจัย

การทดลองของระบบตรวจจับสถานะของการทำงานพัลลวม จะทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์การทำงาน ของพัลลวมแต่ละแบบ ซึ่งจะตรวจจับการหมุนของใบพัดของพัลลวมและส่งสัญญาณไปให้ระบบตรวจจับสถานะของการทำงานพัลลวมเพื่อประมวลผล ดังรูป (Figure4) ซึ่งการติดตั้งเซ็นเซอร์นั้นจะติดตั้งห่างจากพัลลวมเป็นระยะช่วง 3-5 ซม. ตั้งฉาก 90 องศากับตัวใบพัดที่ต้องการวัดสถานะ โดยได้ผลของการทดลอง ดังนี้

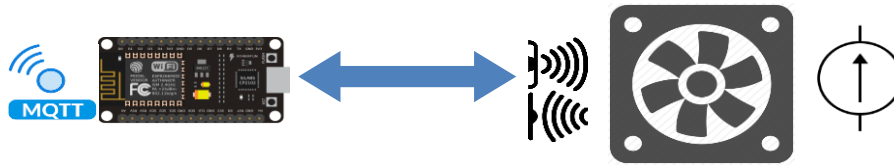


Figure 4 The diagram of the experiments shown that the sensors are monitoring the status of the fans and send the signal via NodeMCU modules.

1. การทดสอบตัวตรวจจับอินฟราเรด Infrared sensor

การทำงานของเซ็นเซอร์ Infrared เริ่มจากการส่งลำแสงอินฟราเรด ออกไปกระทบกับใบพัดของพัดลม จากนั้นลำแสงจะสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณอีกตัวที่วางไว้คู่กัน ดังนั้นเมื่อพัดลมกำลังทำงานใบพัดจะหมุนทำให้ลำแสงที่สะท้อนกลับจะเป็นช่วงๆ ตามความเร็วของการหมุนของใบพัดของพัดลม จากรูปจำนวนลูกคลื่นที่ได้ในหนึ่งวินาทีเรียกว่าความถี่ ซึ่งสามารถคำนวณค่าความถี่นี้ได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$f = \frac{f_{input}}{N}$$

โดย f คือ ค่าความถี่จากจำนวนรอบของพัดลม (Hz), รอบ/วินาที
 f_{input} คือ ค่าความถี่ที่ได้รับจากตัวตรวจจับ (Hz), รอบ/วินาที
 N คือ จำนวนใบพัดของพัดลม

โดยเมื่อติดตั้งตัวเซ็นเซอร์ Infrared แล้วทดสอบการทำงานของพัดลม ตัวเซ็นเซอร์ Infrared จะส่งสัญญาณให้กับระบบตรวจจับสถานะของการทำงานพัดลมซึ่งสามารถบันทึกค่า แสดงได้ดัง (Table 1)

Table 1 The records of the an frequency are detected by Infrared sensor

Fan Speed (Step)	Round/Second								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7	8	8	7	6	7	7	8	7
2	12	11	12	13	14	14	14	14	13
3	25	24	25	25	25	25	25	25	25

2. การทดสอบตัวตรวจจับแบบตรวจจับการเคลื่อนไหว Motion detector sensor

เซ็นเซอร์ Motion detector เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการตรวจจับความเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น Passive infrared sensors (PIR) เป็นเซ็นเซอร์ที่รับความร้อนจากร่างกายสิ่งมีชีวิตเช่นมนุษย์ ซึ่งการทำงานของเซ็นเซอร์จะไม่มีการปล่อยพลังงานออกมาจากเซ็นเซอร์ โดย PIR เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการ ความร้อนวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากวัตถุเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ จึงทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณลจิกที่เปลี่ยนแปลงที่ขาเอาต์พุตได้ ระบบตรวจจับสถานะของการทำงานพัดลมซึ่งสามารถบันทึกค่า แสดงได้ดัง (Table 2) โดยจากผลการทดสอบพบว่า เซ็นเซอร์ชนิดนี้จึงไม่เหมาะกับการนำไปตรวจจับการทำงานของพัดลม เนื่องจากพัดลมไม่ปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา

Table 2 The records of the fan frequency are detected by Motion detector sensor (PIR Motion Sensor)

Fan Speed (Step)	Round/Second								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3. การทดสอบตัวตรวจจับรูปแบบเสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก Ultrasonic sensor

เซ็นเซอร์ Ultrasonic จะเริ่มจากการส่งผ่านคลื่นพัลส์ (Pulse) เสียงที่ช่วงเวลาสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นความถี่ต่อเนื่องในการเดินทางของความเร็วเสียง โดยคลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะกระทบกับใบพัดของพัดลมและสะท้อนกลับมายังเซ็นเซอร์ตัวรับ ดังนั้นการตรวจจับการหมุนของใบพัดของพัดลมของตัวเซ็นเซอร์จะคำนวณจากเวลาทั้งหมดที่คลื่นเดินทางจากตัวส่งสัญญาณไปกระทบกับใบพัดและสะท้อนกลับมายังตัวรับ ซึ่งจะใช้เวลามากขึ้นอยู่กับระยะการติดตั้งของตัวตรวจจับกับตัวใบพัดของพัดลม ในกรณีที่ตัวส่งสัญญาณส่งสัญญาณไประหว่างช่องของใบพัดของพัดลม ในกรณีนี้เซ็นเซอร์ตัวรับจะไม่ได้รับสัญญาณสะท้อนกลับซึ่งค่าที่อ่านได้จากตัวเซ็นเซอร์จะมีค่าเวลาที่สูงมาก ๆ ดังนั้นเราจึงสามารถอาศัยหลักการนี้มาตรวจจับการทำงานของพัดลมได้โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างเวลาที่คลื่นใช้เดินทางไปกลับ โดยกำหนดให้ค่าความแตกต่างนี้เกิดขึ้นเท่ากับคลื่นที่สะท้อนจากใบพัดของพัดลมเป็นค่าความถี่ f ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$G(T_{t+1}, T_t) = \begin{cases} 1, & \text{if } (T_{t+1} - T_t) \geq \varepsilon \\ 0, & \text{if } (T_{t+1} - T_t) < \varepsilon \end{cases} \quad \text{และ} \quad f = \sum_{t=0}^T G(T_{t+1}, T_t)$$

โดย T_t คือ เวลาเริ่มส่งสัญญาณคลื่น Ultrasonic (วินาที)

T_{t+1} คือ เวลาที่คลื่นสะท้อนกลับ (วินาที)

- ε คือ ค่าความต่างของเวลาที่ยอมรับระหว่างเวลาคลื่นสะท้อนใบพัดและกรณีที่ไม่สะท้อน (วินาที)
- t คือ เวลาที่มีค่าเป็น 1/1000 วินาที (มิลลิวินาที)
- T คือ เวลา 1 วินาที
- f คือ ค่าความถี่ (รอบ/วินาที)

$G(T_{t+1}, T_t)$ คือ ฟังก์ชันที่คืนค่า 1 ในกรณีที่คลื่นสะท้อนกลับและ 0 ในกรณีที่คลื่นไม่สะท้อนกลับ แสดงผลการบันทึกค่าของระบบตรวจจับสถานะของการทำงานพัดลมด้วย Ultrasonic sensor ได้ดัง (Table 3) ซึ่งสำหรับตัวเลขตัวหนานั้น บ่งบอกถึงสัญญาณรบกวนภายนอกที่เกิดขึ้น ทำให้ค่าที่อ่านมีค่าสูงกว่าปกติ

Table 3 The records of the fan frequency are detected by Ultrasonic sensor

Fan Speed (Step)	Round/Second								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	0	400	23	11	0	0	10	5
1	7	418	8	200	6	7	122	8	10
2	12	100	12	13	83	14	14	14	13
3	25	44	25	25	25	51	25	120	25

นอกจากผลที่ได้ข้างต้นแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ทำทดสอบเซ็นเซอร์ ทั้ง 3 รูปแบบโดยการจำลองสถานการณ์ โดยทำการสุ่ม การเปิด ปิดพัดลมพร้อมกับบันทึกผลการทำงาน รูปแบบละ 100 ครั้ง โดยผลที่ได้แสดงดังรูป (Figure5) โดยเซ็นเซอร์ Infrared นั้นจะวัดค่าเวลาการสะท้อนกลับของแสงในช่วงระยะเวลา 5 วินาที เซ็นเซอร์ Motion Detector วัดการเปลี่ยนแปลงค่าสถานการณ์เคลื่อนไหวของใบพัดลม และเซ็นเซอร์ Ultrasonic วัดค่าความแตกต่างระหว่างการตัดแสงของใบพัดลม เทียบกับค่า Threshold เพื่อระบุสถานะการของพัดลม

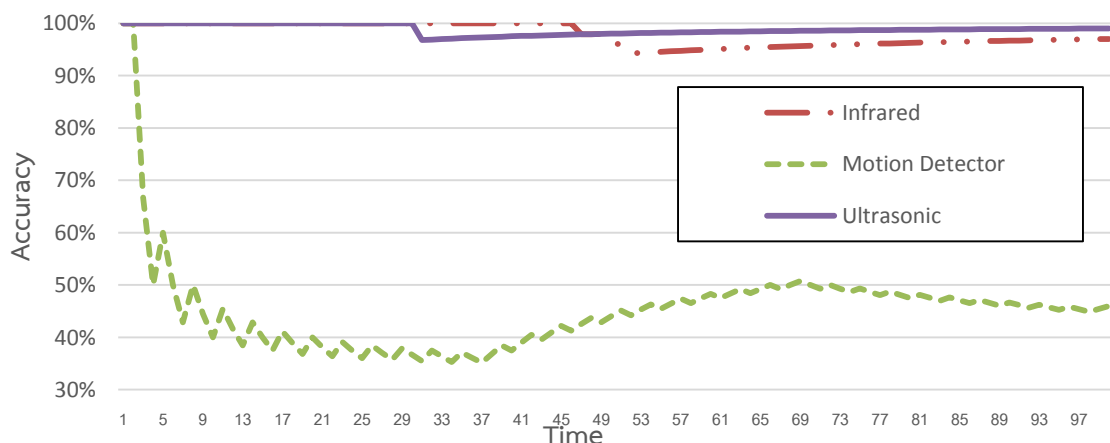


Figure5 The graph shows percent of accuracy as a function of the number of test cases for each types of sensor.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าจากสมมติฐานในการเลือกใช้ตัวตรวจสอบการทำงานของพัดลมของเซ็นเซอร์ทั้งสามรูปแบบ คือ Infrared sensor, Motion detector sensor, และ Ultrasonic sensor นั้น Ultrasonic sensor มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาคือ Infrared sensor และในส่วนของ Motion detector sensor นั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้ โดยในการนำไปติดตั้งใช้งานจริงนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ Infrared sensor แทนที่ Ultrasonic sensor เนื่องจาก Ultrasonic sensor นั้นไม่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่มีการรบกวนสูงในฟาร์มไก่ การนำเซ็นเซอร์รูปแบบอื่นๆ มาใช้งาน เช่น Hall effect sensor ที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าสนามแม่เหล็กที่ตัวมอเตอร์นั้น อาจจะตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของพัดลมไม่ได้ ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าทำงานปกติ แต่พัดลมมีความขัดข้อง โดยงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นในการตรวจสอบสถานการณ์เปิด ปิด ของพัดลมเท่านั้น จึงสามารถนำค่าความถี่วัดได้จากใบพัดลม มาเทียบกับค่า Threshold ที่ตั้งเอาไว้ เพื่อระบุสถานะของพัดลม การที่จะวัดความเร็วของพัดลม นั้น จึงไม่มีความจำเป็นในขอบเขตงานวิจัยนี้

สรุปผลการวิจัย

ระบบการทำฟาร์มปลุสตัวรูปแบบโรงเรือนปิดด้วยระบบระบายความร้อนด้วยเครื่องระเหยนั้น ระบบพัดลมมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของระบบ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ทดลอง การนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์จำนวน 3 รูปแบบ มาใช้สำหรับการตรวจสอบการทำงานของพัดลม โดยผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ จำนวน 100 ครั้ง ต่อชนิดเซ็นเซอร์ พบว่าเซ็นเซอร์รูปแบบเสียงด้วยคลื่นอัลตราโซนิก มีประสิทธิภาพมากที่สุด 99 เปอร์เซ็นต์ ลำดับต่อมาคือ เซ็นเซอร์อินฟราเรด 97 เปอร์เซ็นต์ และเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหว 48 เปอร์เซ็นต์ โดยในการนำมาประยุกต์ใช้งานในพื้นที่จริงนั้น ต้องมีความสะดวกต่อการใช้งานกับเกษตรกร ไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง และมีต้นทุนของระบบที่ไม่สูงจนเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประเภทมุ่งเป้า ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 รหัสโครงการวิจัย มจ.1-60-99 และขอขอบคุณทุกๆ หน่วยงานที่มีส่วนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี ได้แก่ สำนักงานและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ วิจิตรฟาร์ม ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้ในการดำเนินการวิจัย จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ammad-uddin, M., M. Ayaz, E.H. Aggoune and M. Sajjad. 2014. Wireless sensor network: A complete solution for poultry farming. pp. 321-325. *In Telecommunication Technologies (ISTT), 2014 IEEE 2nd International Symposium IEEE:*
- Ayo, J.O., J.A. Obidi. and P.I. Rekwot. 2011. Effects of heat stress on the well-being, fertility, and hatchability of chickens in the Northern Guinea Savannah zone of Nigeria: a review. *ISRN veterinary science*
- Berckmans, D. 2004. Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. Pp. 27-31. *In Proceedings of the ISAH Conference on Animal Production in Europe: The Way Forward in a Changing World.* Saint-Malo, France
- Bustamante, E., E. Gujjarro, F.J. García-Diego, S. Balasch, A. Hospitaler and A.G. Torres. 2012. Multisensor system for isotemporal measurements to assess indoor climatic conditions in poultry farms. *Sensors* 12(5): 5752-5774.
- Corkery, G., S. Ward, C. Kenny and P. Hemmingway. 2013. Incorporating smart sensing technologies into the poultry industry. *Journal of World's Poultry Research* 3(4): 106-128.
- Goud, K.S. and A. Sudharson. 2015. Internet based Smart Poultry Farm. *Indian Journal of Science and Technology* 8(19).
- Handigolkar, L.S., M.L. Kavya. and P.D. Veena. 2016. **Lot Based Smart Poultry Farming using Commodity**
- Jindarat, S. and P. Wuttidittachotti. 2015. Smart farm monitoring using raspberry pi and arduino. pp. 284-288. *In Computer, Communications, and Control Technology (I4CT), 2015 International Conference on.*
- Mahale, R.B. and S.S. Sonavane. 2016. Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science* 7(3).
- Murad, M., K.M. Yahya and G.M. Hassan. 2009. Web based poultry farm monitoring system using wireless sensor network. *In Proceedings of the 7th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT '09).* ACM, New York, USA. Article 7.
- Okada, H., K. Suzuki, T. Kenji and T. Itoh. 2014. Applicability of Wireless activity sensor network to avian influenza monitoring system in poultry farms. *Journal of Sensor Technology* 4: 18-23.
- Santoshkumar, K.C. and S. Chavhan. 2013. Development of wireless sensor node to monitor poultry farm. *Mobile Communication and Power Engineering* 296: 27-32.
- So-In, C., S. Poolsanguan, C. Poonriboon, K. Rujirakul, Y. Phasuk and T. Haitook. 2013. Smart mobile poultry farming systems in Tmote sky WSNs. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications* 7(9): 508-518.

Wan, Y., S. Yu, J. Huang, J. Yang and C. Tsai. 2008. Automation Integration for Taiwan Country Chicken Farm Management Using Field Server. pp. 143-151 **Proceedings of the IAALD AFITA WCCA.**

การศึกษาความต้องการของชุมชนเพื่อนำมาพัฒนาระบบต้นแบบ
ที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร
ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

A Study on Community Needs for the Prototype Development
Using Information Technology and Social Media for Promoting Agritourism
Pong Yeang Sub-district, Mae Rim District, Chiang Mai

พิชชยานิดา คำวิชัย ปรต รัตน์ปิ่นตะ* และวัชรินทร์ สารไชย

Pitchayanida Khumwichai, Parot Ratnapinda* and Watcharin Sarachai

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Program in Information Technology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: parotr@gmail.com

บทคัดย่อ

ผู้ประกอบการและชุมชนด้านการท่องเที่ยวต้องปรับตัวและเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำธุรกิจ เพื่อตอบสนองต่อความคาดหวังและสร้างประสบการณ์ที่น่าจดจำกับนักท่องเที่ยว โดยบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์ งานวิจัยนี้ได้สำรวจและศึกษาถึงความต้องการของผู้ประกอบการและชุมชนโป่งแยง ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลด้านความต้องการและปัญหาด้านการท่องเที่ยว พบว่าในชุมชนโป่งแยงมีความต้องการอย่างเร่งด่วนด้านระบบเว็บไซต์ที่เป็นศูนย์รวมให้กับชุมชน (Web Service Center) ที่สามารถให้ผู้ใช้มีส่วนได้ ส่วนเสีย จัดการและส่งเสริมการท่องเที่ยวในชุมชนอย่างเท่าเทียมกัน มีการออกแบบระบบต้นแบบด้วยหลักการของยูเอ็มแอล (UML) และหลักทฤษฎีกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เอจาล์ มีกลุ่มผู้ใช้งาน 3 ประเภท คือ กลุ่มนักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการ และผู้ดูแลระบบ มีการออกแบบระบบต้นแบบที่คำนึงถึงการสร้างประสบการณ์การใช้งานที่ดีให้กับผู้ใช้ (UX/UI) และมีความสามารถในการแสดงผล (Responsive design) ใช้งานได้ทุกอุปกรณ์ (Any Devices) ได้ผลลัพธ์เป็นระบบต้นแบบในรูปแบบของ Website Wireframe มีการทำงานหลักทั้งหมด 42 ยูสเคส คือ กลุ่มนักท่องเที่ยว 16 ยูสเคส กลุ่มผู้ประกอบการ 11 ยูสเคสหลัก และผู้ดูแลระบบ 15 ยูสเคสหลัก หลังจากได้ต้นแบบ (Prototype) ได้ทำการทดสอบด้วยระบบมือกับกลุ่มเป้าหมาย (Manual acceptance test) พบว่ามีการยอมรับผลการทดสอบ Mockup Wireframe ต้นแบบดังกล่าวร้อยละ 90

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบต้นแบบ สื่อสังคมออนไลน์ การท่องเที่ยวเชิงเกษตร

Abstract

Entrepreneurs and tourism communities need to adapt and change their business process to meet the expectations and create a memorable experience with tourists. By integrating with information technology and social media, this research explored the needs of entrepreneurs and the Pong Yeang community. We studied and analyzed data on tourism demands and problems. We found that in the Pong Yeang community, there was an urgent need for a Web Service Center that allow stakeholders to manage and promote tourism in the community equally. We designed a website prototype by applying Used Unified Modeling Language (UML) and Agile Methodology. We divided the user into 3 groups: tourists, owner, and administrators. We followed the good user experience and user interface design practice. Hence, our website used responsive design which could be used on any devices. The results were the prototype documents in the form of Website Wireframes. There were 42 main functionality of the website among three group of users; travelers 16 use cases; owns 11 use cases, and administrators 15 use cases. We validated our prototype design by Manual Acceptance Test with the stakeholders. The results showed that the Mockup Wireframe prototype achieved 90% of acceptance rate.

Keywords: prototype development, social media, agritourism

คำนำ

นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่มีแนวโน้มที่จะใช้ข้อมูลท่องเที่ยวผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้น วางแผน ทริปท่องเที่ยวมากขึ้น ส่งผลต่อพฤติกรรมและการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว (Buhalis, 1998; Parra-López *et al.*, 2011; Xiang *et al.*, 2015) ซึ่งนักท่องเที่ยวนั้นจะมีความคาดหวังจากผู้ประกอบการมากขึ้น ทั้งความต้องการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการติดต่อผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Buhalis and Law 2008; Ho *et al.*, 2012; Hays *et al.*, 2013; Munar and Jacobsen, 2014; Zeng and Gerritsen, 2014) แต่สำหรับการท่องเที่ยวของประเทศไทยในรูปแบบเฉพาะ เช่น การท่องเที่ยวเชิงเกษตร การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในระดับท้องถิ่น (เกษตร, 2556) ยังไม่สามารถตอบโจทย์ปัญหาจากกลุ่มนักท่องเที่ยวสมัยใหม่ได้ เนื่องจากยังคงเน้นรูปแบบการท่องเที่ยวประเภทกลุ่มทัวร์และการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวสำเร็จรูป และยังมีเครื่องมือในการบริหารจัดการข้อมูลศูนย์กลางรวมของชุมชนที่สามารถจัดการส่งเสริมและพัฒนาการท่องเที่ยวได้ ดังนั้นหากต้องมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาใช้งานนั้น ต้องมีการศึกษาถึงความต้องการของชุมชนในการพัฒนาระบบต้นแบบ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนร่วมกับหน่วยงานของรัฐ

ระบบต้นแบบจะสามารถจัดการข้อมูลด้านการท่องเที่ยวเชิงเกษตรและด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ข้อมูล และส่งเสริมการท่องเที่ยวในท้องถิ่นแก่นักท่องเที่ยว โดยการออกแบบระบบต้นแบบนั้น จะออกมาในรูปแบบของโครงร่างรูปแบบของเว็บไซต์ที่เป็นศูนย์รวมข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว และร้านค้าต่างๆ โดยเชื่อมโยงกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

โดยวิธีการนี้ ได้มีตัวอย่างการนำมาใช้กับแหล่งท่องเที่ยวในประเทศนิวซีแลนด์ (Pavlovich 2003) นอกจากนั้น ยังได้มีการเชื่อมโยงกับสื่อสังคมออนไลน์รูปแบบต่าง ๆ เช่น Facebook ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์ท่องเที่ยวให้เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ (Milano *et al.*, 2011) (Királ'ová and Pavličeka 2015) พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่มีการค้นหาข้อมูลออนไลน์เพิ่มขึ้น โดยจากงานวิจัยของ Xiang and Gretzel (2010) พบว่า ผลลัพธ์ในการค้นหาของ Search Engine นั้นจะเชื่อมโยงไปยังสื่อสังคมออนไลน์เป็นส่วนใหญ่ การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในระดับท้องถิ่น ให้เป็นวงกว้างมากยิ่งขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการของชุมชน เพื่อการพัฒนาแบบต้นแบบ (Prototype) ในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ซึ่งผลที่ได้จะเป็นเครื่องมือ ในการนำมาพัฒนาต่อยอดในรูปแบบของเว็บไซต์ หรือ แอปพลิเคชัน โดยสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรและรูปแบบอื่นๆ ในท้องถิ่นได้ งานวิจัยนี้ได้เลือกวิจัยในพื้นที่ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประกอบไปด้วยประเภทการท่องเที่ยวที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น การท่องเที่ยวเชิงเกษตร การท่องเที่ยวธรรมชาติ และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เป็นต้น อีกทั้งได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากหลายหน่วยงานในทำงานด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยวทั้งภาครัฐและเอกชน

อุปกรณ์และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างและประชากรที่ศึกษาของการวิจัย

เก็บข้อมูลแบบเจาะจง จากกลุ่มประชากร ประกอบไปด้วย สถานประกอบการท่องเที่ยว เกษตรกร ผู้ประกอบการที่พัก โรงแรม ร้านค้า ร้านอาหาร ร้านกาแฟ และกลุ่มนักท่องเที่ยวชาวไทย หรือผู้ที่สนใจเข้าเยี่ยมชมเรียนรู้ ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง

วิธีการเก็บข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบข้อมูลชุดแบบสอบถาม และเก็บข้อมูล โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างจากนักท่องเที่ยวในแหล่งสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง ช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 170 ชุด และเก็บข้อมูลด้านสถานที่ท่องเที่ยวแบบเจาะจง 4 ประเภท คือ 1. ผู้ประกอบการ ที่พัก ร้านอาหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการท่องเที่ยว จำนวน 10 แห่ง 2. สถานที่ท่องเที่ยวเกี่ยวกับด้านการเกษตร จำนวน 10 แห่ง 3. แหล่งสถานที่ท่องเที่ยวรูปแบบอื่นๆ จำนวน 50 แห่ง 4. เว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์ด้านการท่องเที่ยวทั้งในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 80 แห่ง และได้มีการสัมภาษณ์กลุ่มแบบเจาะจง (Focus Group) กับกลุ่มผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการท่องเที่ยวในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลชุดแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการท่องเที่ยวในพื้นที่ตำบลโป่งแยง ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการรับรู้ข้อมูล เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลโป่งแยง ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง ส่วนที่ 5 ข้อมูลสอบถามสัมภาษณ์ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และ

แนวทางความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาช่วยสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

การสัมภาษณ์กลุ่มแบบเจาะจง (Focus Group) สอบถามถึงความต้องการและแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรร่วมกับกลุ่มพัฒนาการท่องเที่ยวตำบลโป่งแยง โดยมีประเด็นการสอบถาม หรืออภิปรายกลุ่ม ประกอบด้วย 1) แนวทางและความต้องการในการพัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวในตำบลโป่งแยง 2) ความต้องการด้านองค์ความรู้ในการใช้งานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลโป่งแยง 3) ข้อมูลโครงข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ต 4) การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือสื่อสังคมออนไลน์ 5) การสนับสนุนต่อเนื่องด้านบุคลากรและงบประมาณ

ในกระบวนการออกแบบนั้นทั้งนี้อาศัยหลักทฤษฎีกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เอจายล์ (Agile Methodology) เป็นสำคัญ และออกแบบระบบต้นแบบด้วยหลักการของ UML (Unified Modeling Language) (Pressman and Maxim 2015) ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ 1) ออกแบบแนวคิดเกี่ยวกับธุรกิจด้วย Flow Chart Business Concept 2) กำหนดคำนิยามขอบเขตระบบตามกลุ่มประเภทผู้ใช้งานด้วย Definition Actor 3) วิเคราะห์และออกแบบข้อมูล ส่วนการเชื่อมต่อการใช้งาน (User Interface) ประสบการณ์การใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Experience) เพื่อมาใช้ออกแบบระบบต้นแบบ ได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของ website wireframe และทำการทดสอบด้วยระบบมือกับกลุ่มเป้าหมาย (Manual Acceptance Test)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลจากแบบสอบถามจำนวน 170 ชุด ด้านการรับรู้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลโป่งแยง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการใช้งานสมาร์ทโฟน บนระบบปฏิบัติการทั้ง iOS และ Android ในสัดส่วนใกล้เคียงกัน และใช้งานโครงข่ายโทรศัพท์มือถือทั้ง 3 ค่าหลักคือ AIS, DTAC และ TRUE ในสัดส่วนใกล้เคียงกัน โดย 3 ใน 4 คน รับข้อมูลต่างๆ ทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ อินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ต่างๆ และสื่อสังคมออนไลน์ รวมถึงมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตโดยเฉลี่ยมากกว่าวันละ 3 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่าง 8 ใน 10 คน มีการค้นหาข้อมูลด้านการท่องเที่ยวผ่านทาง เว็บไซต์ Google และสื่อสังคมออนไลน์ Facebook รวมถึงมีการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ คือ Facebook และ Line เป็นหลัก

ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่าง 2 ใน 3 คน มีความเข้าใจว่าการท่องเที่ยวเชิงเกษตรหมายถึง การท่องเที่ยวตามแหล่งธรรมชาติ โดยสิ่งที่ดึงดูดใจให้มาท่องเที่ยวในพื้นที่ตำบลโป่งแยง คือ โครงการหลวงแม่สาและหนองหอย และกว่า 9 ใน 10 คนรู้จักแหล่งท่องเที่ยว ม่อนแจ่ม และสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์

ผลจากการทำแบบสอบถามสำหรับกลุ่มสัมภาษณ์กลุ่มแบบเจาะจง พบว่าทางผู้ประกอบการมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดี ถึงการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ และสื่อสังคมออนไลน์ของนักท่องเที่ยวเป็นอย่างดี รวมถึงมีความต้องการระบบเว็บไซต์ที่เป็นศูนย์รวมของชุมชนที่สามารถจัดการส่งเสริมและพัฒนาการท่องเที่ยวในชุมชนได้ (Web Service Center)

จากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลข้างต้น ทางคณะผู้วิจัยได้นำมาออกแบบตามแนวคิดวัฏจักรวงจรการท่องเที่ยวเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่มีต่อเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์กับธุรกิจกลุ่มการท่องเที่ยว

โป่งแยง ด้วยผังแนวคิด (Flow Chart Business Concept) ตามสมมุติฐานที่ว่า หากนักท่องเที่ยวมีความต้องการท่องเที่ยวในกลุ่มประเภทที่ต้องการ แล้วนักท่องเที่ยวได้รับข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนชัดเจน หรือเข้าถึงข้อมูลเป้าหมายจากการค้นหาหรือเข้าถึงข้อมูลจากเครื่องมือสื่อสังคมออนไลน์และเว็บไซต์ จะทำให้นักท่องเที่ยวมาท่องเที่ยวในชุมชนโป่งแยงมากขึ้น และถ้าชุมชน ผู้ประกอบการท่องเที่ยว ร้านค้าที่พัก โรงแรม และรวมถึงเกษตรกร ในชุมชนตำบลโป่งแยง สามารถประชาสัมพันธ์ข้อมูลที่ต้องการให้นักท่องเที่ยวได้เข้าถึง จะส่งผลให้นักท่องเที่ยวได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและเข้าถึงสถานที่ท่องเที่ยวตามความต้องการ และได้รับประสบการณ์ที่ดี โดยชุมชนจะใช้งานเครื่องมือต้นแบบ และระบบฐานข้อมูลเป็นศูนย์กลาง ในการบริหารจัดการ สถานที่ท่องเที่ยว ร้านค้า ร้านอาหาร ที่พัก โรงแรม ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในชุมชนดังรูป (Figure 1)



Figure 1 The concept of cyclical cycles and behavior of tourists on information technology and social media, conceptual assumptions, target groups and research tools to help manage and promote agritourism

การกำหนดคำนิยามขอบเขตระบบตามกลุ่มประเภทผู้ใช้งานด้วย Definition Actor กลุ่มผู้มีความต้องการหรือผู้ใช้งานระบบเว็บไซต์ส่งเสริมการท่องเที่ยวโป่งแยง ประกอบด้วย

- User คือ นักท่องเที่ยว หรือผู้ที่สนใจค้นหาข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว
- Owner คือ ผู้ประกอบการ ได้แก่ ผู้ประกอบการสถานที่ท่องเที่ยว หน่วยงานผู้ดูแลสถานที่ท่องเที่ยว กลุ่มเกษตรกร ศูนย์การเรียนรู้ ผู้ประกอบการโรงแรม ที่พัก โฮมสเตย์ ผู้ประกอบการร้านค้า ร้านอาหาร ฯลฯ เป็นต้น
- Admin คือ องค์กรบริหารส่วนตำบลโป่งแยง และกลุ่มการท่องเที่ยวโป่งแยง

ในส่วนการออกแบบส่วนการแสดงผลการใช้งานของผู้ใช้ (User Interface Design) และการสร้างประสบการณ์ความพึงพอใจในการใช้งานของผู้ใช้ (User Experience Design) ให้กับผู้ใช้งาน คือ กลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่ม

นักท่องเที่ยว และกลุ่มเกษตรกร ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำมาออกแบบเครื่องมือต้นแบบ ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรด้วย Wireframe ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- ส่วนขอบเขตการทำงานในรูปของระบบนำทาง (Navigation Bar)
- ส่วนการแสดงผลการใช้งานของผู้ใช้ (User Interface Design)
- ส่วนการออกแบบเพื่อสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้ใช้งานรวมถึง ความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Experience Design)
- ส่วนของการออกแบบเครื่องมือ Wireframe

ขอบเขตการทำงานในรูปของระบบนำทาง (Navigation bar) ตามขอบเขตการทำงานของกลุ่มผู้ใช้งาน (Actor) 3 ประเภท คือ 1) User คือ นักท่องเที่ยว 2) Owner คือ ผู้ประกอบการ และ 3) Admin คือ องค์กรบริหาร ส่วนตำบลโป่งแยง และ กลุ่มการท่องเที่ยวโป่งแยง ดังรูป (Figure 2, 3 และ 4)

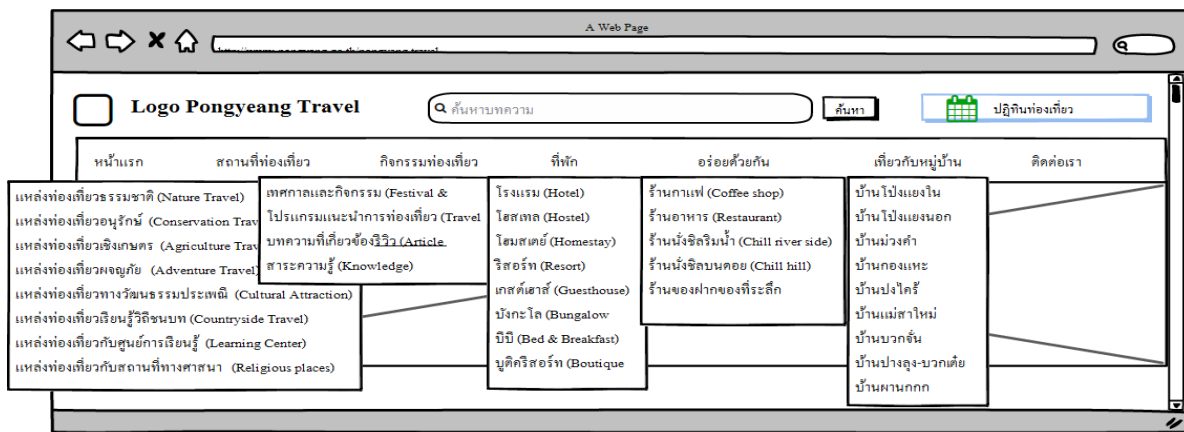


Figure 2 The website wireframe design of the functional scopes and navigation bars for the user group

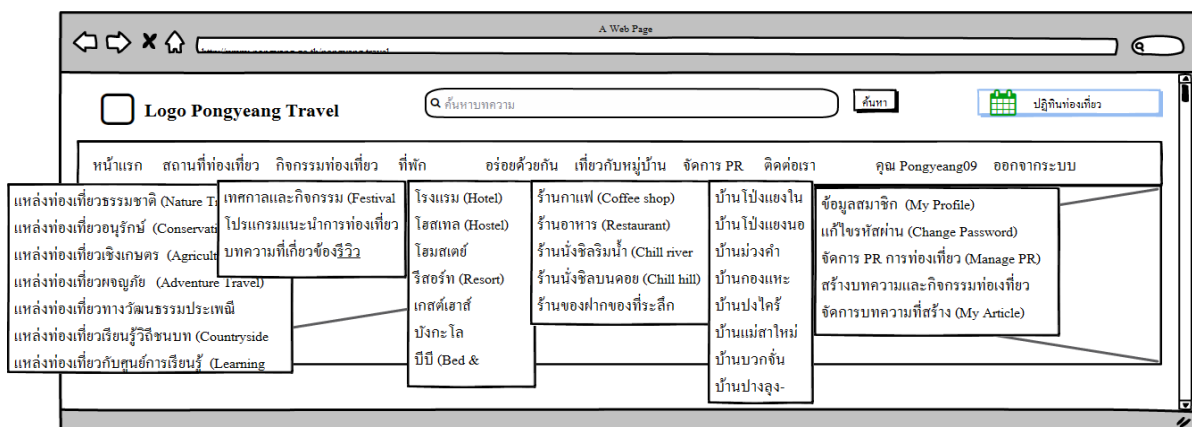


Figure 3 The website wireframe design of the functional scopes and navigation bars for the owner group

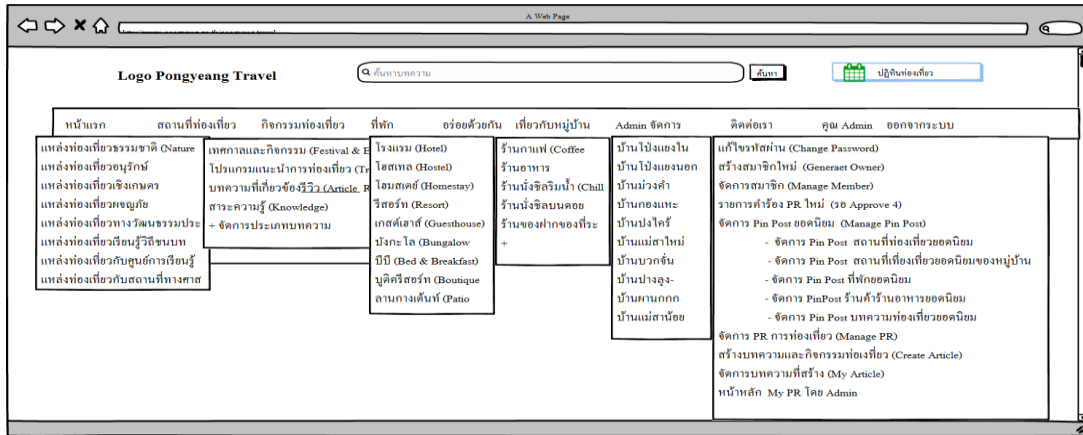


Figure4 The website wireframe design of the functional scopes and navigation bars for the admin group.

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลงานที่ได้จากการดำเนินการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้งาน ระบบต้นแบบที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง ได้ระบบต้นแบบ (Prototype) ในรูปแบบของ website wireframe ซึ่งมีการแสดงในส่วนฟังก์ชันการทำงานต่างๆ อย่างครบถ้วน ซึ่งรูปแบบ วิธีการดำเนินการวิจัย รวมถึงรูปแบบการออกแบบในส่วนต่างๆ สามารถใช้งานเป็นโมเดลต้นแบบกับชุมชนอื่นๆ ที่มีลักษณะพื้นฐานและมีความต้องการส่งเสริมการท่องเที่ยวในกลุ่มลักษณะเดียวกัน เพื่อนำไปประยุกต์ต่อยอดได้ โดยชุมชนที่จะนำระบบต้นแบบนี้ไปใช้นั้น ควรจะมีแหล่งการท่องเที่ยวที่มีจำนวนใกล้เคียงกับ ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง และมีการจัดตั้งกลุ่มส่งเสริมการท่องเที่ยว รวมถึงมีหน่วยงานรัฐในชุมชน ในการสนับสนุนและประสานงาน ทั้งเรื่องการดูแลระบบ เจ้าหน้าที่บุคลากรในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้รับผิดชอบดูแลอย่างน้อย 2-3 คน งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อให้ใช้งานได้จริงในชุมชน โดยการวิจัยและพัฒนาในส่วนของระบบต้นแบบ ออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการสุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยว และรวมถึงผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลแบบสอบถาม ในช่วงเวลาที่นักท่องเที่ยวนิยมมากที่สุด ช่วงต้นฤดูหนาว ช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2559 และมีการทำการศึกษาความต้องการของระบบ ทั้งจากผู้ใช้งานคือ นักท่องเที่ยวและจากผู้ประกอบการ รวมถึงการจัดทำการศึกษาสนทนากลุ่มแบบเจาะจง (Focus Group) เพื่อสอบถามถึงความต้องการและแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ส่งเสริมการท่องเที่ยว ร่วมกับกลุ่มพัฒนาการท่องเที่ยวตำบลโป่งแยง ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูล ที่สามารถนำไปวิเคราะห์ความต้องการ ส่งผลสู่การพัฒนาโมเดลการออกแบบของระบบต้นแบบในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์มาส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ในพื้นที่ตำบลโป่งแยง

อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ทฤษฎี การวิเคราะห์ ออกแบบด้วยยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language) ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นระบบต้นแบบ website wireframe ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดไปเป็นเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประเภทมุ่งเป้า ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 รหัสโครงการวิจัย มจ.1-60-101 และขอขอบคุณทุกๆ หน่วยงานที่มีส่วนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลโป่งแยง ผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว กลุ่มนักท่องเที่ยว และกลุ่มส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เกษตร ใจดี. 2556. **รายด้วยธุรกิจท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่ใครๆ ก็ทำได้ง่ายๆ**. กรุงเทพฯ: ชิงค์ บียอนด์ บุ๊คส์. 20 น.
- Buhalis, D. 1998. Strategic use of information technologies in the tourism industry. **Tourism management** 19(5): 409-421.
- Buhalis, D. and R. Law. 2008. Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet-The state of eTourism research. **Tourism management** 29(4): 609-623.
- Hays, S., S.J. Page and D. Buhalis. 2013. Social media as a destination marketing tool: its use by national tourism organisations. **Current Issues in Tourism** 16(3): 211-239.
- Ho, C.I., M.H. Lin and H.M. Chen. 2012. Web users' behavioural patterns of tourism informationsearch: From online to offline. **Tourism Management** 33(6): 1468-1482.
- Kiráľová, A. and A. Pavlíček. 2015. Development of social media strategies in tourism destination. **Procedia-Social and Behavioral Sciences** 175: 358-366.
- Milano, R., R. Baggio and R. Piattelli. 2011. The effects of online social media on tourism websites. **In ENTER** 471-483.
- Munar, A.M. and J.K.S. Jacobsen. 2014. Motivations for sharing tourism experiences through social media. **Tourism management** 43: 46-54.
- Parra-López, E., J. Bulchand-Gidumal. D. Gutiérrez-Taño and R. Díaz-Armas. 2011. Intentions to use social media in organizing and taking vacation trips. **Computers in Human Behavior** 27(2): 640-654.
- Pavlovich, K. 2003. The evolution and transformation of a tourism destination network: the Waitomo Caves, New Zealand. **Tourism Management** 24(2): 203-216.
- Pressman, R.S. and B.R. Maxim. 2015. **Software engineering: a practitioner's approach (8 edition)**. New York: McGraw-Hill Education.

- Xiang, Z. and U. Gretzel. 2010. Role of social media in online travel information search. **Tourism management** 31(2): 179-188.
- Xiang, Z., V.P. Magnini and D.R. Fesenmaier. 2015. Information technology and consumer behavior in travel and tourism: Insights from travel planning using the internet. **Journal of Retailing and Consumer Services** 22: 244-249.
- Zeng, B. and R. Gerritsen. 2014. What do we know about social media in tourism? A review. **Tourism Management Perspectives** 10: 27-36.

สาขาวิศวกรรม
และอุตสาหกรรมเกษตร



การผลิตและปรับปรุงลักษณะของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาไนที่เติมกลีเซอรอล
Production and Improvement of Characteristics of Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) Fish Skin Gelatin Film Incorporated with Glycerol

กิตติมา ลีละพงค์วัฒนา^{1*} ปิยวรรณ กิติทรัพย์² ผกาพรรณ กันธะมูล² ปัทมาภรณ์ อินมา²
เจนจิรา นิเวศน์² และธีระพล เสนพันธุ²
Kittima Leelapongwattana^{1*}, Piyawan Kitisub², Pakapan Kantamool², Pattamaporn Inma²
Janejira Niwet² and Theeraphol Senphan²

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

²สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University
Phetchaburi, Thailand 76000

²Division of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: kittima.pbru@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติกหรือฟิล์มสังเคราะห์มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งฟิล์มสังเคราะห์ส่วนใหญ่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง ดังนั้นฟิล์มที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ หรือฟิล์มที่บริโภคได้ จึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภค การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของเจลาตินจากหนังปลาไน สมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาไนที่มีส่วนผสมของกลีเซอรอลในระดับความเข้มข้น 10, 20, 30, และ 40% (w/w ของปริมาณโปรตีน) โดยผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเจลาตินจากหนังปลาไนมีปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 88.50, 11.64, 0.82 และ 0.07% ตามลำดับ สำหรับสมบัติทางกลของฟิล์ม พบว่า ความหนาของฟิล์มเจลาตินจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) นอกจากนี้ค่าต้านทานแรงดึง (Ts) และโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (EM) จะลดลงขณะที่ค่าร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาด (EAB) จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความสว่าง (L^*) ของเจลาตินจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของกลีเซอรอลจึงมีผลต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มเจลาติน และการใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้น 30% (w/w) เป็นพลาสติกไฮเซออร์เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตและปรับปรุงลักษณะของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาไน

คำสำคัญ: เจลาติน ฟิล์มบริโภคได้ กลีเซอรอล พลาสติกไฮเซออร์ สมบัติทางกล

Abstract

Currently, plastic or synthetic film packaging is widely used. Most synthetic films can't be decomposed, causing environmental pollution and severing environmental problems. Therefore, biodegradable or edible films were interested from consumer. The objective of this study was to investigate physicochemical properties of gelatin from the tilapia fish skin and mechanical and physical properties of gelatin films from tilapia skin containing glycerol at different concentrations of 10, 20, 30 and 40% (w/w, protein content). The results suggested that fish gelatin contained protein, moisture, fat and ash contents of 88.50, 11.64, 0.82 and 0.07%, respectively. For the mechanical properties of film, thickness of gelatin film decreased as increasing glycerol concentration ($p < 0.05$). Moreover, tensile strength (Ts) and elastic modulus (EM) values decreased, while elongation at break (EAB) value increased as glycerol concentration increased. However, lightness value (L^*) of gelatin film increased as glycerol levels increasing. Therefore, glycerol concentration had effected on mechanical and physical properties of gelatin film. Using 30% (w/w) glycerol as plasticizer is an appropriate condition for production and improvement on characteristics of fish gelatin film from Tilapia skin.

Keywords: gelatin, edible film, glycerol, plasticizer, mechanical property

คำนำ

เจลาติน คือ โปรตีนชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเสียสภาพทางธรรมชาติ (Denature) ของคอลลาเจนด้วยกรดหรือด่าง และความร้อน มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน สามารถสกัดได้จากกระดูก และหนังสัตว์ เช่น วัว ควาย และหมู เป็นต้น เมื่อนำผงเจลาตินมาละลายในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 32°C จะหลอมกลายเป็นของเหลวหนืด ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ของเหลวจะเซตตัวกลายเป็นเจล (ลักษณะคล้ายเยลลี่) เจลาตินถูกใช้อย่างกว้างขวางทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและใช้ในการเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง ยา อาหาร และ फिल्मถ่ายรูปแบบแผ่นฟิล์มจะใช้เจลาตินในการเคลือบเม็ดยา ผลิตเป็นแคปซูลทั้งชนิดแคปซูลแข็ง และแคปซูลนิ่มเพื่อใช้บรรจุยา ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในตำรับยาต่างๆ ใช้เป็นส่วนผสมของยาชนิดครีม ทางเกษตรใช้เป็นตัวยึดสำหรับแร่ธาตุที่จำเป็นในการปลูกพืช การพัฒนาฟิล์มที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable films) ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกเชิงพาณิชย์เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางสิ่งแวดล้อมและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง (Arvanitoyannis, 1991) ดังนั้น ฟิล์มที่ย่อยสลายหรือสามารถบริโภคได้ (Edible films) จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสามารถเอาชนะปัญหาเหล่านั้นได้ และสามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ทางเลือกเพื่อทดแทนพอลิเมอร์ฟิล์มบรรจุภัณฑ์สังเคราะห์

ปัจจุบันเจลาตินกำลังได้รับความนิยมนำมาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ เนื่องจากเป็นฟิล์มโปรตีนที่เกิดจากสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ซึ่งข้อได้เปรียบของฟิล์มโปรตีน คือ สามารถป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ และมีความแข็งแรง อย่างไรก็ตาม เจลาตินที่ได้จากหนังและกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น วัว และ สุกร เป็นต้น ยังมีข้อจำกัดบาง

ประการในการประยุกต์ใช้ เช่น ข้อจำกัดทางศาสนาอิสลาม เนื่องจากเจลาตินจากสุกร ไม่สามารถนำมาใช้ในการประกอบอาหารเนื่องจากผิดข้อบังคับหลักของฮาลาล ส่วนเจลาตินจากวัวไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับชาวฮินดูได้ ดังนั้นความต้องการเจลาตินจากแหล่งอื่นจึงเพิ่มมากขึ้น เจลาตินจากหนังปลาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทดแทนเจลาตินที่มีข้อจำกัดจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีรายงานว่าการผลิตฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่างๆ (มะกรูดหรือมะนาว) และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ จะทำให้ฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้นและมีค่าการซึมผ่านไอน้ำต่ำลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของฟิล์ม (Tongnuanchan *et al.*, 2015) ดังนั้นคณะนักวิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตฟิล์มเจลาตินจากหนังปลา โดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติที่ดีของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลา และสามารถนำไปใช้ได้จริงในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ตอนที่ 1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเจลาตินจากหนังปลานิล

1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำเจลาตินจากปลานิล (~240 bloom) จากบริษัท S.p.A (Empoli) มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมันตามวิธีของ AOAC (2000)

1.2 วิเคราะห์ค่าสี

ค่าสีของเจลาตินจากหนังปลานิลวิเคราะห์ด้วย CIE colorimeter (Hunter associates laboratory, Inc., VA, USA) โดยแสดงค่าสีเป็นค่า L^* -value (ค่าความสว่าง) a^* -value (สีแดง/ สีเขียว) และ b^* -value (สีเหลือง / สีน้ำเงิน)

ตอนที่ 2 การเตรียมฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลโดยใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

2.1 การเตรียมฟิล์มเจลาติน

เตรียมฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลโดยใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งดัดแปลงวิธีของ Tongnuanchan และคณะ (2015) โดยนำผงเจลาตินจากหนังปลานิลมาละลายน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นโปรตีนสุดท้าย 3.5% (w/v) ที่อุณหภูมิ 70°C. กวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที และเติมกลีเซอรอลลงในสารละลายเจลาตินจากหนังปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 10, 20, 30 และ 40% (w/w ปริมาณโปรตีน) ไฮโมจีไนส์เป็นเวลา 3 นาที โดยใช้ไฮโมจีไนส์เซอร์ (IKA Labortechnik homogenizer, Selangor, Malaysia) ที่ความเร็ว 22,000 รอบต่อนาที จะได้สารละลายฟิล์ม โดยนำสารละลายฟิล์ม 4 กรัม เทลงในเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ซม. และใช้ลมเป่าจากพัดลมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มในโถดูดความชื้นที่อิมมูบิลิตี้ด้วยแอมโมเนียมไนเตรต (ความชื้นสัมพัทธ์ 50%) ก่อนนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ (KBF 760, WTB Binder, Tuttlingen, Germany) ที่อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางกลต่อไป

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของฟิล์มเจลาติน

2.2.1 ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มได้รับการวัดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo, Model ID-C112PM, Serial No. 00320, Mitutoyo Corp, Japan) โดยสุ่มบริเวณต่างๆ 5 จุด ให้ทั่วแผ่นฟิล์ม จำนวน 10 แผ่น แล้วนำความหนามาหาค่าเฉลี่ย

2.2.2 ค่าความต้านทานการดึงของฟิล์ม (Tensile strength; TS)

หาค่าความต้านทานการดึง (Tensile strength) ของตัวอย่างแผ่นฟิล์มเจลลาตินโดยดัดแปลงวิธีของ Iwata *et al.* (2000) โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (Lloyd Instrument, Hampshire, UK) ซึ่งใช้ ค่า Load cell 100 นิวตัน ใช้ตัวอย่างฟิล์ม (2x5 ตร.ซม.) หนีบกับตัวหนีบความยาว 3 ซม. และเซทความเร็วของหัวอัดที่ 30 มม./นาที

2.2.3 ค่าโมดูลัสของสภาพการยืดหยุ่น (Elastic modulus; EM)

ค่าโมดูลัสของสภาพการยืดหยุ่น (Elastic modulus) ของตัวอย่างแผ่นฟิล์มเจลลาตินโดยดัดแปลงวิธีของ Iwata *et al.* (2000) โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ซึ่งใช้ ค่า Load cell 100 นิวตัน ใช้ตัวอย่างฟิล์ม (2x5 ตร.ซม.) หนีบกับตัวหนีบความยาว 3 ซม. และเซทความเร็วของหัวอัดที่ 30 มม./นาที

2.2.4 ค่าการยืดตัวของฟิล์ม ณ จุดขาด (Elongation at break; EAB)

การวัดค่าการยืดตัวของฟิล์ม ณ จุดขาด (Elongation at break) ของตัวอย่างแผ่นฟิล์มเจลลาตินโดยดัดแปลงวิธีของ Iwata *et al.* (2000) โดยให้แรงดึงกับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบด้วยอัตราเร็วการดึงที่คงที่และบันทึกแรงดึง (Tension force) ที่เปลี่ยนไปตามระยะการยืดตัว (Deformation) ของฟิล์ม โดยขณะที่ฟิล์มยืดออกจะมีแรงต้าน ซึ่งแรงต้านของฟิล์ม จะมีผลทำให้ตัววัดแรงสามารถวัดแรงออกมาได้แรงที่วัดออกมามีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) หรือนิวตัน (N) การทดสอบจะต้องดึงแผ่นฟิล์มจนฟิล์มที่ใช้ทดสอบขาดออกจากกัน ซึ่งแรงต้านสูงสุดของฟิล์มเป็นผลที่ได้จากการวัดแรงที่เกิดขึ้น

2.2.5 ค่าสี

ค่าสีของฟิล์มเจลลาตินจากหนังปลานิลวิเคราะห์ด้วย CIE colorimeter โดยแสดงค่าสีเป็นค่า L^* -value (ค่าความสว่าง) a^* -value (สีแดง/ สีเขียว) และ b^* -value (สีเหลือง /สีน้ำเงิน)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วย Duncan's multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จเพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for windows, SPPSS Inc. Chicago, ll, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95%

ผลการวิจัย

1. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเจลลาตินจากหนังปลานิล

1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเจลลาตินจากหนังปลานิล

องค์ประกอบทางเคมีของเจลลาตินจากหนังปลานิลแสดงดัง Table 1 พบว่าองค์ประกอบที่มากที่สุด คือ ปริมาณโปรตีน รองลงมาคือ ความชื้น ไนโตรเจน เถ้า ร้อยละ 88.50, 11.64, 0.82 และ 0.07 ตามลำดับ

Table 1 Chemical composition of gelatin from tilapia skin

Sample	% moisture	% ash	% protein	% fat
Fish skin gelatin	11.64±0.58	0.07±0.006	88.50±0.45	0.82±1.05

Means±SD (n=3)

1.2 ค่าสีของเจลาตินจากหนังปลานิล

จากการวิเคราะห์ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของเจลาตินจากหนังปลานิล แสดงดัง Table 2 พบว่าค่า L^* (ความสว่าง) เท่ากับ 75.84 ค่า a^* (ค่าความเป็นสีเขียว/สีแดง) เท่ากับ -0.83 และค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน) เท่ากับ 6.92

Table 2 Color values of gelatin from tilapia skin

Sample	L^*	a^*	b^*
Fish skin gelatin	75.84±0.12	-0.83±0.01	6.92±0.18

Means±SD (n=3)

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

2.1 ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่ผสมกับกลีเซอรอลในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (10, 20, 30 และ 40 %w/w) แสดงดัง Table 3 พบว่าฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลจะมีความหนาน้อยกว่าฟิล์มควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) และความหนาของฟิล์มเจลาตินจะลดลงตามระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

Table 3 Thickness of film from fish skin gelatin without and with glycerol at different concentrations

Samples	Glycerol concentrations (% w/w)	Thickness (mm)
Gelatin film	0	0.053±0.001 ^a
	10	0.036±0.004 ^d
	20	0.047±0.003 ^b
	30	0.044±0.003 ^{bc}
	40	0.041±0.004 ^{cd}

Means±SD (n=3)

Different letters in the same column indicate significant differences ($p<0.05$).

2.2 ค่าสีของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากการวิเคราะห์ค่าสีของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดัง Table 4 พบว่าค่า L^* (ความสว่าง) ของฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลมีค่าสูงกว่าฟิล์มควบคุม แต่มีค่า a^* (ค่าความเป็นสีเขียว/สีแดง) -0.83 และค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน) ที่ต่ำกว่า ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน) ของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น

Table 4 Color value of films from Tilapia fish skin gelatin

Film samples	Glycerol concentrations (% w/w)	L^*	a^*	b^*
Film gelatin film	0	1.08 ± 0.40^c	0.72 ± 0.02^a	0.73 ± 0.08^a
	10	3.29 ± 0.62^a	0.05 ± 0.06^c	-0.50 ± 0.27^b
	20	2.53 ± 0.36^b	0.69 ± 0.11^a	-0.40 ± 0.03^b
	30	3.11 ± 0.08^{ab}	0.33 ± 0.13^b	-1.62 ± 0.18^c
	40	3.20 ± 0.06^{ab}	-0.54 ± 0.13^d	-1.44 ± 0.17^c

Means \pm SD ($n=3$)

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

2.3 สมบัติทางกลของฟิล์ม

สมบัติทางกลแสดงเป็นค่าความต้านทานแรงดึง (Ts) โมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (EM) และค่าร้อยละการยืดที่จุดขาด (EAB) ของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดัง Figure 1, 2 และ 3 พบว่า ฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลจะมีค่า Ts และ EM ที่ต่ำกว่าฟิล์มควบคุม และมีค่าลดลงตามระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาที่เติมกลีเซอรอลมีค่า EAB สูงกว่าฟิล์มควบคุม และจะมีค่า EAB ที่สูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น

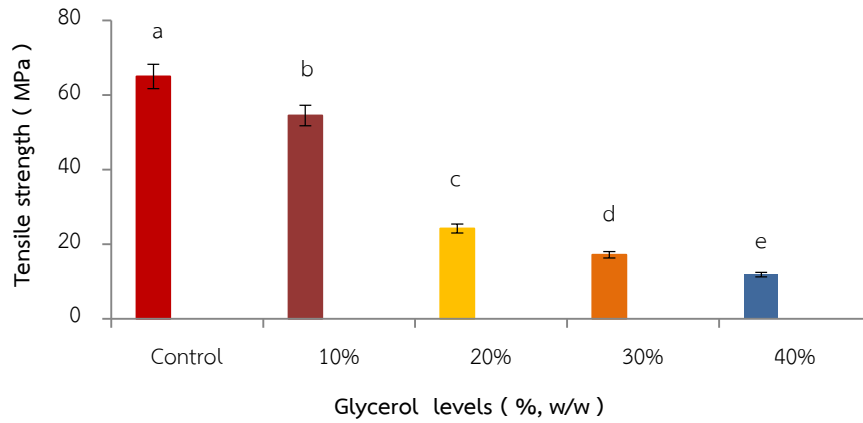


Figure 1 Tensile strength (Ts) of film from fish skin gelatin with different glycerol concentrations. Bar represent the standard deviation ($n=3$). Different letters with in the same parameter indicate significant differences ($p<0.05$).

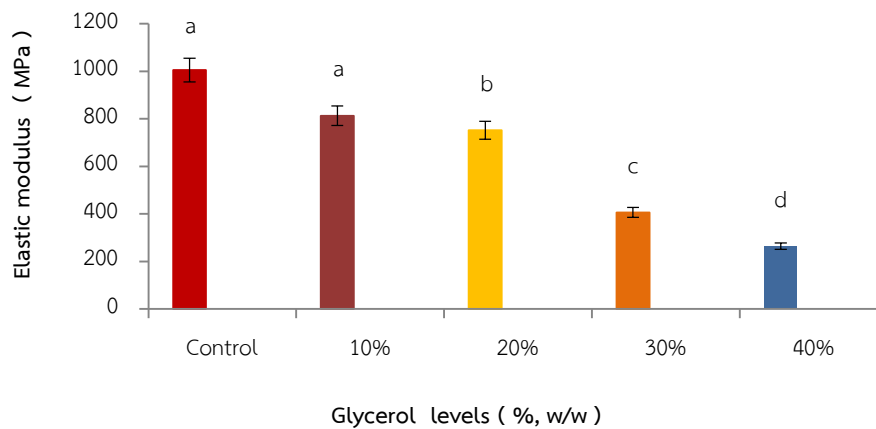


Figure 2 Elastic modulus (EM) of films from fish skin gelatin with different glycerol concentrations. Bar represent the standard deviation ($n=3$). Different letters with in the same parameter indicate significant differences ($p<0.05$).

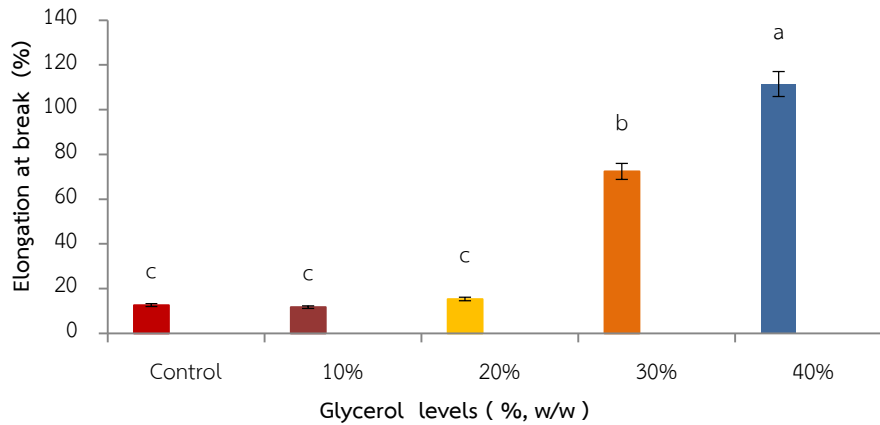


Figure 3 Elongation at break (EAB) of films from fish skin gelatin with different glycerol concentrations. Bar represent the standard deviation ($n=3$). Different letters with in the same parameter indicate significant differences ($p<0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

เจลาตินจากหนังปลานิลมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด รองมาเป็นความชื้น ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 88.50, 11.64, 0.82 และ 0.07 ตามลำดับ เนื่องจากเจลาตินเป็นสารจำพวกโปรตีนจึงมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก (Johnston-Banks, 1990) เจลาตินเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ของโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด โดยมีไกลซีนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 26-34 โพรลีน ร้อยละ 10-18 และไฮดรอกซีโพรลีน ร้อยละ 7-15 (Hudson, 1994; Poppe, 1997) ซึ่งโพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีนเป็นกรดอะมิโนสำคัญที่ช่วยทำให้เกิดความแข็งแรงของเจลจากเจลาติน จากการวิเคราะห์ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของเจลาตินจากหนังปลานิล พบว่าค่า L^* (ความสว่าง) เท่ากับ 75.84 ค่า a^* (ค่าความเป็นสีเขียว/สีแดง) เท่ากับ -0.83 และค่า b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน) เท่ากับ 6.92 แสดงดัง Table 2 เนื่องจากเจลาตินจากหนังปลานิลที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปฟิล์มนั้น เป็นเจลาตินทางการค้าที่ผ่านกระบวนการสกัด โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dried) ทำให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในเจลาตินเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard browning reaction) ขึ้นได้ เนื่องจากกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีนมีบทบาทอย่างยิ่งในการทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Plakas *et al.*, 1985)

การศึกษาคุณสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ความหนาของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลที่รวมกับกลีเซอรอลในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (10, 20, 30 และ 40 %w/w ปริมาณโปรตีน) แสดงดัง Table 3 พบว่าฟิล์มที่รวมกับกลีเซอรอลมีค่าความหนาท่ำกว่าฟิล์มชุดควบคุม (ไม่เติมกลีเซอรอล) และความหนาของฟิล์มจะมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นจาก 20, 30 และ 40% (w/w ของปริมาณโปรตีน) ตามลำดับ ($p<0.05$) ซึ่งระดับความหนาของฟิล์มดังกล่าวมีค่าสูงกว่าในฟิล์มบรรจุภัณฑ์เชิงพาณิชย์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25-75 ไมโครเมตร (Allahvaisi, 2012) และค่าสีของฟิล์มเจลาตินที่ผสมกับกลีเซอรอลในระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดัง Table 4 พบว่าค่า L^* สูงกว่าฟิล์มชุดควบคุม แต่มีค่า a^* และค่า b^* มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ฟิล์มมีความสว่างและความโปร่งใสมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสาร

ที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสีและนอกจากนี้ฟิล์มทุกชุดการทดลองที่เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จะถูกทำแห้งภายใต้อุณหภูมิห้องจึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่จะทำให้เกิดสีน้ำตาลของเจลาติน (Riquelm *et al.*, 2015)

การวิเคราะห์สมบัติทางกลของฟิล์มเจลาตินแสดงเป็น ค่าความต้านทานแรงดึง (Ts) ค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (EM) และค่าร้อยละการยืดที่จุดขาด (EAB) ของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (Figure 1, 2 และ 3) พบว่า มีค่า Ts และ EM ที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมกลีเซอรอล และลดลงตามระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) จากการลดลงของค่า Ts และ EM แสดงให้เห็นว่า อนุภาคของกลีเซอรอลจะไปแทรกและกระจายตัวอยู่ระหว่างสายโซ่ของฟิล์มเจลาติน ซึ่งส่งผลทำให้การเกิดพันธะระหว่างสายโซ่ระหว่างโครงสร้างโปรตีนของฟิล์มเจลาตินลดลง จึงทำให้ฟิล์มมีค่า Ts และ EM ลดลง (Hoque *et al.*, 2010) และ (Figure 3) ค่าร้อยละการยืดที่จุดขาด (EAB) ของฟิล์มเจลาตินจากหนังปลาที่รวมกับกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงให้เห็นว่า ค่า EAB สูงกว่าฟิล์มชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมกลีเซอรอล และที่ระดับความเข้มข้น 30% ขึ้นไป ($p < 0.05$) เนื่องจากอนุภาคของกลีเซอรอลจะไปแทรกตัวอยู่ระหว่างสายโซ่ของฟิล์มเจลาตินและไปลดการจับกันของพันธะระหว่างสายโซ่ของฟิล์มเจลาติน จึงทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามระดับและปริมาณของกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น (Cuq *et al.*, 1997)

สรุปผลการวิจัย

เจลาตินจากหนังปลานิลมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักจึงเหมาะแก่การนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มเจลาติน ซึ่งฟิล์มเจลาตินที่มีความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เพิ่มมากขึ้นจะมีผลต่อสมบัติทางกล และสมบัติทางกายภาพของฟิล์มคือ มีค่าความต้านทานแรงดึง (Ts) และโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (EM) ลดลง แต่ค่าร้อยละการยืดที่จุดขาด (EAB) และทำให้ฟิล์มมีความใสสว่างมากขึ้นด้วย ดังนั้นระดับกลีเซอรอลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเตรียมฟิล์มเจลาตินจากหนังปลานิลคือกลีเซอรอลเข้มข้นร้อยละ 30

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุน “ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561” คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ธีระพล แสนพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์และบุคลากรคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม การเกษตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณสุมิตร เชื้อมชัยตระกูล และ นันทน์ภัส ระหงส์ และทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากปัญหาพิเศษเล่มนี้ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

เอกสารอ้างอิง

- Allahvaisi, S. 2012. Polypropylene in the industry of food packaging. pp. 10-11. *In* Dogan, F. (ed.). **Polypropylene**. InTech.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Gaithersburg, MD: The Association of Official Analytical Chemists.
- Arvanitoyannis, I.S. 1991. Totally and partially biodegradable polymer blends based on natural and synthetic macromolecules: preparation, physical properties, and potential as food packaging materials. **Journal of Macromolecular Science Part C** 39(2): 205-271.
- Cuq, B., N. Gontard, J.L. Cuq and S. Guilbert. 1997. Selected functional properties of fish myofibrillar protein-based films at affected by hydrophilic plasticizers. **Food Chemistry** 45: 622-626.
- Hoque, M. S., S. Benjakul, T. Prodpran and P. Songtipya. 2010. Properties of blend film based on cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin and mungbean protein isolate. **International Journal of Biological Macromolecules** 49(4): 663-673.
- Hudson, C.B. 1994. Gelatin-relating structure and chemistry of functionality. *In* Nishihari, K. and E. Doi (eds.). **Food Hydrocolloids: Structure, Properties and Functions**. New York: Plenum.
- Iwata, K., S. Ishizaki, A. Handa and M. Tanaka. 2000. Preparation and characterization of edible films from fish water-soluble proteins. **Fisheries Science** 66(2): 372-378.
- Johnston-Bank, F.A. 1990. Gelatin. pp. 233-289. *In* Harris, P. (ed.). **Food Gels**. London: Elsevier Applied Science.
- Plakas, S.M., T.C. Lee, R.E. Wolke and T.L. Meade. 1985. Effect of maillard browning reaction on protein utilization and plasma amino acid response by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Journal of Food and Nutrition** 115: 1589-1599.
- Poppe, J. 1997. Gelatin. pp. 144-168. *In* Imeson, A. (ed.). **Thickening and Gelling Agent for Food**. London: Blackie Academic and Professional.
- Riquelme, N., P. Díaz-Calderón, J. Enrione and S. Matiacevich. 2015. Effect of physical state of gelatin-plasticizer based films on to the occurrence of Maillard reactions. **Food Chemistry** 175: 478-484.
- Tongnuanchan, P., S. Benjakul and T. Prodpran. 2015. Emulsion film based on fish skin gelatin and palm oil: physical, structural and thermal properties. **Food Hydrocolloids** 48(251): 248-259.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- Tongnuanchan, P., S. Benjakul and T. Prodpran. 2012. Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. **Food Chemistry** 134(3): 1571-1579.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำจากการแช่อิ่มแห้ว

Development of Fermented Vinegar Using Syrups from Water Chestnut Preserve Processing

จันทร์เพ็ญ บุตรใส* และเสนห์ บัวสนธิ

Janpen Butsai* and Sane Buasanitt

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา 13000
Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand 13000

*Corresponding author: janpen138@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำจากการแช่อิ่มแห้วซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วแช่อิ่ม ให้เกิดประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก โดยนำน้ำจากการแช่อิ่มแห้วที่ได้มาทำการปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลเป็น 20 องศาบริกซ์ พีเอช 4.5 หมักที่อุณหภูมิห้อง ด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. 'Burgundy' ใช้เวลาหมัก 4 สัปดาห์ จะได้ไวน์แห้วที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ ร้อยละ 9.33 ทำการปรับไวน์แห้วให้มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น ร้อยละ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.5 หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 เป็นเวลา 7 วัน และเมื่อสิ้นสุดการหมัก พบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 2.75 กรัม ต่อ 100 มล.

คำสำคัญ: น้ำส้มสายชูหมัก แห้ว ของเหลือจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์

Abstract

The aim of this research was to develop fermented vinegar using syrups from osmotic water chestnut preserve processing, as referred to sugar solution. Sugar solution from osmotic water chestnut preserve processing was adjusted to the total soluble solids of 20 °brix using sugar, pH 5.5, and was fermented at room temperature with *Saccharomyces cerevisiae* var. 'Burgundy' for 4 weeks until reached 9.33% alcohol. After that, alcohol content was adjusted to 5%, pH 5.5, and was fermented with *Acetobacter aceti* TISTR 102 for 7 days. At the end of fermentation, it was found that acetic acid content of fermented vinegar was 2.75 g/100 ml.

Keywords: fermented vinegar, water chestnut, by product

คำนำ

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการบริโภคกันมาเป็นเวลานานแล้ว โดยใช้เป็นสารเติมแต่งรสในอาหาร ช่วยในการถนอมอาหาร ทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ทางเคมี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดน้ำส้ม (Acetic acid) มีคุณสมบัติที่ให้รสเปรี้ยว และเป็นกรดที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพอาหารยิ่งกว่ากรดชนิดใดๆ เพราะไม่มีพิษต่อร่างกาย นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการบริโภคในรูปแบบของ เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดหรือซอสต่างๆ น้ำส้มสายชูสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบ หลายชนิด เช่น ผลไม้ ธัญพืช แป้ง แอลกอฮอล์ เป็นต้น

การผลิตน้ำส้มสายชูอาศัยกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเปลี่ยนน้ำตาลที่มีในวัตถุดิบให้เป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยการทำงานของเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการหมักในสภาวะที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic process) จึงควรหมักในภาชนะปากแคบ เนื่องจากขั้นตอนแรกนี้จะมี by product คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการระบายก๊าซนี้ออกไปจากถังหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักประมาณ 23-27°C. ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้มโดยการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดน้ำส้มในกลุ่ม Acetic acid bacteria การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากเพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกซิไดซ์เอทิลแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้ม จึงจำเป็นต้องหมักในภาชนะปากกว้างเพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสกับอากาศให้มากหรืออาจจะมีการกวนบ่อย ๆ เพื่อให้อากาศผ่านเข้าไปในถังหมัก อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนั้นขึ้นอยู่กับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ และกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไปใช้อุณหภูมิประมาณ 26-29°C. (ธนาวรรณ และคณะ, 2558) น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู โดยแบ่งเป็น 3 ชนิด

1. น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาลมาหมักกับสำเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ การหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารเหล่านี้ให้เป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัย ยีสต์ที่มีตามธรรมชาติ เพื่อให้ น้ำส้มสายชูที่หมักมีกลิ่นหอมและรสชาติดี จากนั้นจะอาศัยแบคทีเรียตามธรรมชาติ หรือการเติมแบคทีเรีย เพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม น้ำส้มสายชูหมักจะมีสีเหลืองอ่อนตามธรรมชาติ มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้างมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความแตกต่างในด้านกลิ่นรส และความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก น้ำส้มสายชูหมักจะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4%

2. น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute distilled alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่นอีก หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอนและมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4%

3. น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม (Acetic acid) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมีเป็นกรดอินทรีย์มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณ 95% มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4-7% ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหาร ได้และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

ในการผลิตหัวแช่หมักหมักของเหล้าที่เกิดจากกระบวนการนี้คือน้ำที่เหลือจากกระบวนการแช่หมักหัวจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ตำบลวังยาง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งในการผลิตหัวแช่หมักแต่ละครั้งไม่ต่ำกว่า 50 กก. น้ำดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ งานวิจัยนี้จึงมี

วัตถุประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากน้ำจากการหมักน้ำส้มสายชูหมักเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ น้ำที่ได้จากกระบวนการหมักผลิตน้ำส้มสายชูหมักเป็นกรู๊ปเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง
2. อุปกรณ์การผลิตอื่นๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องชั่งดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์ โหลแก้ว เครื่องมือวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer) เครื่องวัดพีเอช (pH meter) เครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) และเครื่องแก้ว

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

เตรียมน้ำหมักที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักเป็นกรู๊ปเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง

2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชู

2.1 กระบวนการหมักจากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. *burgundy*

นำน้ำจากการหมักน้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักเป็นกรู๊ปเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอีกทางหนึ่ง ปริมาณ 10% ของน้ำหมัก ทำการหมักในขวดปากแคบ ปิดปากขวดให้สนิท บนปากขวดเสียบสายยางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วโดยที่ปลายสายจะต้องไม่สัมผัสกับน้ำในขวดและปลายสายยางอีกด้านหนึ่งจุ่มลงในขวดที่ใส่น้ำเปล่าไว้ เพื่อเป็นการระบายแก๊สในถังหมัก หมักในสภาวะการหมักแบบไม่มีอากาศที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ พีเอช และปริมาณกรดอะซิติก ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของการหมัก โดยวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) และวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกด้วยการไทเทรต ตามวิธีของ AOAC (2000)

2.2 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจากแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102

หลังครบ 4 สัปดาห์ หยุดการหมักด้วยการเติม KMS ทำการกรองน้ำหมักที่ได้ใส่ภาชนะใหม่ ปรับค่าปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นเท่ากับ 5% และมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5.5 เติมน้ำ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ปริมาณ 10% ของน้ำหมัก ทำการหมักต่อในภาชนะปากกว้างโดยการใส่น้ำหมัก ลงไป 1:5 ส่วนของภาชนะที่ทำหมัก ทำการปิดปากภาชนะหมักด้วยด้วยผ้าขาวบาง หมักที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน วิเคราะห์คุณภาพน้ำส้มสายชูหมักโดยการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำหมักด้วยเครื่องมือ Hand Refractometer วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) วัดค่าปริมาณกรดอะซิติกด้วยการไทเทรตตามวิธีของ AOAC (2000)

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของสิ่งทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และหากสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันจะทำการทดสอบต่อด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05

3. สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูลสำหรับการทดลอง คือ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ผลการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมน้ำเชื่อมที่ได้จากกระบวนการหมักหัวจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรี อสม. ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรแปรรูปหัวเชื่อมอบแห้ง ตำบลวังยาง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี มาผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบาง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 ด้วยกรดซิตริก จากนั้นนำไปต้มเดือดเพื่อฆ่าเชื้อบรรจุลงขวดปากแคบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดปากขวดให้สนิท จากนั้นลดอุณหภูมิของน้ำต้มหัวลงเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนถัดไป

2. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชู

2.1 กระบวนการหมักจากยีสต์ *Saccharomyces cereviase var. burgundy*

จากการทดลอง (Table 1) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 มี ปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 0.06 และ 0.14 กรัมต่อ 100 มล. ตามลำดับ มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.22 และ 3.82 และมีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 2.57% และ 9.33% ตามลำดับ

Table 1 Chemical composition of Water Chestnut syrups fermented preserve using *Saccharomyces cereviase var. burgundy*

Chemical composition	Contents*	
	week 2	Week 4
Acetic acid (%)	0.06±0.01	0.14±0.03
pH	4.22±0.12	3.82±0.09
Alcohol (%)	5.27±0.42	9.33±0.42

*expressed as Mean±SD (standard deviation)

2.2 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจากแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102

จากผลทดลอง (Table 2) พบว่า น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำจากการหมักหัวมีสีขาวใส มีค่าปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 2.75 กรัมต่อ 100 มล. มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.57 และปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 3.23%

Table 2 Chemical composition of Water Chestnut syrups fermented preserve using *Acetobacter aceti* TISTR 102

Chemical composition	Contents*
Acetic acid (%)	2.75±0.19
pH	3.57±0.09
Alcohol (%)	3.23±0.47

*expressed as Mean±SD (standard deviation)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. กระบวนการหมักจากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. *burgundy*

การหมักในขวดปากแคบและปิดปากถึงหมักให้สนิทจะทำให้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ทำงานได้ดีและให้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงสอดคล้องกับงานวิจัยของวิภาวรรณ และฐิติมาพร (2558) กล่าวว่า จุลินทรีย์จำพวกยีสต์ในสภาวะไม่มีอากาศให้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงกว่าในสภาวะที่มีอากาศ ค่าพีเอชและปริมาณกรดอะซิติกในกระบวนการหมักนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกทำงานได้ดีในสภาวะที่มีอากาศจึงทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและให้ค่ากรดอะซิติกที่ต่ำ (ประวีณา และคณะ, 2554)

2. กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจากแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102

การหมักในภาชนะปากกว้างและปิดปากภาชนะหมักด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้เชื้อสัมผัสกับอากาศได้มากเชื้อ *Acetobacter aceti* ต้องการอากาศ (วรารุณี และรุ่งนภา, 2532) ปริมาตรของน้ำหมักมีผลต่อปริมาณกรดที่เกิดขึ้น ระดับความสูงของน้ำหมักจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง (ประวีณา และคณะ, 2554) อุณหภูมิประมาณ 26-27°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมจะให้ค่าของกรดอะซิติกที่สูง (ธนวรรณ และคณะ, 2558) จากงานวิจัยนี้ควรศึกษาสภาวะการหมักที่เหมาะสมเพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิในการหมัก ปริมาณน้ำหมักเริ่มต้น สัดส่วนที่เหมาะสมต่อการหมักจะทำให้ทราบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพิ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดอะซิติกกับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติกมากจะมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยลงซึ่งเป็นไปตามกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของการหมักที่ต้องทำให้เกิดกรดอะซิติกหรือการเกิดน้ำส้มสายชู ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่เกิดแอลกอฮอล์แล้ว จากนั้นแอลกอฮอล์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกอีกต่อหนึ่งด้วยแบคทีเรียพวก *Acetobacter aceti* ในสภาพที่มีออกซิเจน ดังนั้นการผลิตกรดอะซิติกเป็นกระบวนการที่ต้องการออกซิเจน การหมักแบบมีอากาศจึงให้ปริมาณกรดอะซิติกที่สูงกว่า (วิภาวรรณ และฐิติมาพร, 2558)

3. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้น้ำจากการแช่ส้มแห้งมาทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจึงทำการวิเคราะห์เพียงผลที่ได้จากการหมัก (ปริมาณแอลกอฮอล์และกรดอะซิติก) แต่ถ้าเพิ่มการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ทั้งจาก 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการหมัก

จากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และกระบวนการหมักจากแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* จะทำให้ทราบ ข้อมูลถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักเพิ่มขึ้น

4. ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้จากกระบวนการหมักทั้งหมด 5 สัปดาห์ ยังมีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ จึงควรศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมที่จะทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้น เช่น ระยะเวลา เครื่องมือสำหรับเขย่า ให้อากาศ

5. ต้องกำจัดแอลกอฮอล์ให้ต่ำกว่า 0.5% มิฉะนั้นต้องเสียภาษีสรรพสามิต

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำจากการแช่หมักซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการแปรรูป ผลิตภัณฑ์หัวแช่หมัก ให้เกิดประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก โดยนำน้ำที่เหลือจากเกษตรกรทำการแช่หมักหัว มาทำการปรับค่าความหวานด้วยน้ำตาลทรายให้ได้ 20 องศาบริกซ์ พีเอช 4.5 ทำการหมักเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วย เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. burgundy ที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาหมัก 4 สัปดาห์ ได้ไวน์หัวที่มีปริมาณ แอลกอฮอล์ร้อยละ 9.33% หยุดการทำงานของยีสต์ด้วย KMS ทำการกรองและปรับคุณภาพของน้ำหมักที่ได้ให้มี ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 5 และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.5 จากนั้นหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 เป็นเวลา 7 วัน และเมื่อสิ้นสุดการหมัก พบว่า น้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีปริมาณกรด อะซิติก เท่ากับ 2.75 กรัมต่อ 100 มล.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์วิจัย งานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ โดยหน่วยวิจัยนวัตกรรมเพื่อชุมชนและสังคม สถาบันวิจัยและพัฒนา

เอกสารอ้างอิง

ธนาวรรณ สุขเกษม สมเพียร พักทอง และแสงจันทร์ สอนสว่าง. 2558. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของ น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งที่หมักโดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402. น. 103-112. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 14 กุมภาพันธ์ 2558. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://research.pcru.ac.th/rdb/published/datafiles create/195](http://research.pcru.ac.th/rdb/published/datafiles/create/195) (16 กันยายน 2560).

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204). 2543. น้ำส้มสายชู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P204.pd (16 กันยายน 2560).

- ประวีณา ลาภา เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และวิชัย นฤทัยธนาสันต์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง. น. 793-800. ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12 28 มกราคม 2554. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/54/grc12/files/bmp23.pdf> (16 กันยายน 2560).
- วรารุณี ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- วิภาวรรณ วงศ์สุดาลักษณ์ และฐิติมาพร หนูเนียม. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกและกากส้มเหลือใช้. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 6(1): 159-170. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://tci-thaijo.org/index.php/sdust/article/view/29461/25325> (16 กันยายน 2560).
- A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Gaithersburg, Md.: Association Official Analytical Chemists.

การพัฒนาแผ่นแป้งจากข้าวเจ้าและมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด

Development of a Mixed Starch Sheet Produced from a Combination of Rice and Tapioca Containing Cultivated Banana Peel (*Musa ABB cv. Klui* “Namwa”) Powder to Prolong Shelf-life of Paco Fern (*Diplazium Esculentum Sw.*)

ประภาพร ร้อยพรมมา^{1*} สุรวิตย์ นันทการัตน์¹ อนัญญา ไทยบุญนาค¹ สุวรรณารุ่งเรือง¹ รชรัตน์ แยมพวง³
กิตติศาสตร์ กระบวน² และพุทธรอง พันธุ์อุโมงค์²

Prapaporn Roipromma¹, Surawit Nantakarath¹, Ananya Thaibunnak¹, Suvanna Rungruang¹
Racharat Yampuang³, Kitisart Kraboun² and Putkrong Panumong²

¹สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10120

²สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10200

³สาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10200

¹Division of Printing Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep
Bangkok, Thailand 10120

²Division of Food Safety Management and Technology, Faculty of Science and Technology
Rajamangala University, of Technology Krungthep, Bangkok, Thailand 10120

³Division of Food and Nutrition, Faculty of Economic Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep
Bangkok, Thailand 10120

*Corresponding author: Prapaporn.r@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นแป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าอบแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด โดยนำแผ่นแป้งที่เตรียมได้ไปห่อผักกูดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 3 วัน วิเคราะห์คุณภาพของผักกูดและแผ่นแป้งข้าวผสมด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ในวันเริ่มต้นและระหว่างการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมผงเปลือกกล้วย พบว่า ความหนาและความชื้นของแผ่นแป้งข้าวผสมในชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนชุดทดลองทุกชุดมีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน แผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยในปริมาณ 1 และ 3% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกูดน้อยกว่าชุดควบคุมในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผักกูดได้ 17-28% และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* รักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี นอกจากนี้แผ่นแป้งผสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยในปริมาณ 2 และ 3% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งและชะลอการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด โดยมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ($<10^{-6}$ cfu/g) การเติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 3% เป็นชุดทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด โดยช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ เฟอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก คลอโรฟิลล์ เอ และ บี ได้ดีที่สุดในช่วงเก็บรักษา แต่มีข้อจำกัด คือ แผ่นแป้งผสมมีการสูญเสียความชื้นมากที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: แผ่นแป้ง ข้าวเจ้า มันสำปะหลัง เปลือกกล้วย ผักกูด

Abstract

The objective of this study was to develop a mixed starch sheet made from rice and tapioca, which contained cultivated banana peel (*Musa ABB cv. Kluai “Namwa”*) powder for prolonging shelf-life of paco fern (*Diplazium Esculentum Sw.*). The paco fern was wrapped by the mixed starch sheets and kept at 4°C for 3 days. The changes in physical, chemical and microbiological properties of both the mixed starch sheets and the paco fern were evaluated every day. The results showed that the percentages of moisture contents and sheet thickness of the control slightly increased during the storage periods, while those values of all treatments decreased. The mixed starch sheets incorporated with 1-3% of banana peel powder had lower percentages of weight loss than that without banana peel powder (the control) at the end of the storage. All treatments added with banana peel powder could reduce 17-28% of the weight loss of paco fern and delay a color change of L* value as well as both chlorophyll a and b contents retarded of paco fern after the end of storage time. Moreover, the sheets incorporated with 2 and 3% banana peel powder were not exceeded the standard of department of medical science of Thailand ($<10^{-6}$ cfu/g). Consequently, the appropriate contents of banana peel powder play a role in an antimicrobial effect. Therefore, the suitable treatment was the mixed starch sheet incorporated with 3% banana peel powder due to retardation on microbial growth, weight loss, chlorophyll a and b contents of paco fern. However, the mixed rice sheet showed the highest of moisture loss during the storage periods.

Keywords: mixed starch sheet, rice, tapioca, banana peel, paco fern

คำนำ

ปัจจุบันการใช้ฟิล์มที่บริโภคได้ (edible film) สำหรับการบรรจุหรือห่ออาหารเพื่อทำให้เกิดความ สะดวกสบายและนำมาใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้อยู่เดิม มีแนวทางในการพัฒนาโดยใช้วัสดุที่ย่อยสลายได้ ตามธรรมชาติเพื่อให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น ไฮโดรคอลลอยด์ สตาร์ช และไคโทซาน เป็นต้นฟิล์มหรือแผ่น แป้งจากข้าวเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการศึกษามากมาย เนื่องจากเป็นวัสดุเกษตรที่หาทดแทนได้ง่าย (Renewable) และมีราคาไม่แพง (Jiménez *et al.*, 2012) ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีส่วน ของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกต่างกัน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการเกิดรีโทรเกรเดชันของแผ่นแป้งที่ผลิตจากแป้ง ข้าวเจ้าซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูง แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมี Wettability properties ต่ำ และมีแรงต้านทาน เชิงกลสูง และสมบัติดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้น ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเนื่องจากสมบัติไฮโดรฟิลิกตามธรรมชาติของฟิล์มจาก แป้งข้าว มีการรายงานว่ฟิล์มที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังจะมีสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของออกซิเจนและ ไอน้ำได้สูง ดังนั้นจึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี (Basiak *et al.*, 2017)

มีการใช้สารที่มีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ถูกนำมาใช้เติมในฟิล์มหรือสารเคลือบผิวที่บริโภคได้เพื่อควบคุมและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์อันเป็นสาเหตุของอาหารเสื่อมเสีย โดยมีรายงานถึงการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ทั้งในเปลือกกล้วยในระยสุก (Fully ripe) และระยดิบ (Brooks, 2008) โดยสารที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในเปลือกกล้วยเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ได้แก่ flavonoids, tannins, phlobatannins, alkaloids, glycosides และ terpenoids (Brooks, 2008) นอกจากนี้ในกล้วยมีสารประกอบในกลุ่มแทนนินและฟีนอลิกสูงอีกด้วย ซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร (Pereira and Maraschin, 2015) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาถึงการเติมสารสกัดหรือผงจากเปลือกกล้วยเพื่อเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในฟิล์มบริโภคได้ เนื่องจากกล้วยเป็นพืชสมุนไพรที่มีราคาถูก หาได้ง่าย ในประเทศไทยมีการปลูกกล้วยน้ำว้าเป็นจำนวนมาก และในส่วนของเปลือกมักไม่นำมาใช้ประโยชน์ อีกทั้งการเตรียมในรูปแบบผงอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่าย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นแป่งผสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อทำเป็นแผ่นแป่งที่บริโภคได้ ที่มีคุณสมบัติในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าระยสุก ซื้อมาจากตลาดสวนพลู เขตสาทร กรุงเทพมหานคร นำมาปอกเปลือก แล้วล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นวางเปลือกกล้วยบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Binder: FD 115, Germany) เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60°C. นำเปลือกกล้วยที่อบแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยโกร่งบด แล้วนำผงกล้วยที่ได้มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช

2. การเตรียมแผ่นแป่งข้าวผสมดัดแปลงจากวิธีของ Talja *et al.* (2008) โดยนำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 95.62 และ 35.91 กรัม ที่เติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าบดผง ปริมาณ 0, 1, 2 หรือ 3 กรัม ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ใส่ลงในอ่างผสมสเตนเลส จากนั้นนำกลีเซอรอลปริมาตร 25% (32.88 กรัม) ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดผสมกับน้ำดื่ม 112.5 กรัม ผสมส่วนผสมให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที หลังจากนั้นเทสารละลาย 45 มล. ลงบนจานเซรามิกรูปวงกลมก้นแบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. จากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100°C. เป็นเวลา 1 นาที นำแผ่นแป่งข้าวผสมที่เตรียมได้ออกมาทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 35°C. เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บรักษาในโถดูดความชื้นที่บรรจุซิลิกาเจลก่อนนำมาทำการทดลอง

3. การวิเคราะห์คุณภาพและสมบัติของแผ่นแป่ง

แผ่นแป่งข้าวผสมที่เตรียมได้และเก็บรักษาในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าสี ความหนา และความชื้น ทำการวัดค่าสีของแผ่นแป่งข้าวผสม โดยใช้ระบบ CIE Lab Scale โดยวัดสีเป็นค่า L*, a* และ b* โดยที่แกน L* เป็นค่าของความสว่าง (lightness) โดย L* มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย ค่า L* = 0 มีสีดำ และ L* = 100 มีสีขาว สำหรับค่า a* เป็นค่าของสีเขียว (-a*) ถึงสีแดง (+a*) ส่วน b* เป็นค่าสีจากน้ำเงิน (-b*) ถึงสีเหลือง (+b*) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunterlab, MiniScan EZ 4500L Spectrophotometer, Germany) ความหนาของแผ่นแป่งข้าวผสม ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D 645-92 ด้วยไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo, Japan) โดยตัดแผ่นแป่งข้าวผสม ให้มีขนาด 1 x 1 ตร.ซม. แล้ววัดความหนาของแผ่นแป่งข้าวผสม ในจุดต่างๆ 5 จุด

แล้วหาค่าเฉลี่ย ความชื้นของแผ่นแป้งข้าวผสม ที่เตรียมได้ทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความชื้น (Infrared moisture determination balance; FD-720, Kett, Japan)

4. การศึกษาผลของแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด

แผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมได้จะนำมาเก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทำการทดลอง จากนั้นนำแผ่นแป้งข้าวผสมมาตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15 ตร.ซม. เตรียมผักกูดโดยตัดยอดผักกูดให้มีความยาวประมาณ 12 ซม. ล้างยอดผักกูดด้วยน้ำประปา จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำผักกูด 30 กรัม มาห่อด้วยแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมได้วางบนถาดอะลูมิเนียม แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ. ในตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ (Sanyo, Japan) นำผักกูดและแผ่นแป้งข้าวผสมมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ทุกวัน ดังนี้ 1) แผ่นแป้งข้าวผสม นำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าสี ความชื้น ความหนา และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ. 2) ผักกูด นำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าสี เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักสด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ ค่าสี ความหนา ความชื้น และ เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนัก ดังนี้

4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ทำโดยชั่งน้ำหนักผักกูดและแผ่นแป้งข้าวผสมด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง แล้วคำนวณตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ทำการทดลอง})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีในผักกูด

วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของสันท์ (2551) ตัดผักกูดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งผักกูดแต่ละชุดการทดลองมา 100 มก. โดยหลีกเลี่ยงการใช้เนื้อเยื่อบริเวณ เส้นใบและขอบใบ นำมาบดให้ละเอียด แล้วสกัดด้วยเมทานอลปริมาตร 20 มล. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จนเนื้อเยื่อเปลี่ยนเป็นสีขาวใส กรองกากออก ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยเมทานอลให้เท่ากับ 30 มล. จากนั้นหุ้มภาชนะบรรจุสารละลายคลอโรฟิลล์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ เพื่อป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์จากการโดนแสง นำสารละลายคลอโรฟิลล์ที่สกัดด้วยเมทานอล ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-1700 PharmaSpec; Shimadzu, Kyoto, Japan) และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหา ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (a) และคลอโรฟิลล์บี (b) จากสูตร

$$\text{คลอโรฟิลล์เอ (a)} = [12.7 (\text{OD}663) - 2.69(\text{OD}645)] \times V/1000 \times m$$

$$\text{คลอโรฟิลล์บี (b)} = [22.9 (\text{OD}645) - 4.68(\text{OD}663)] \times V/1000 \times m$$

โดย V = ปริมาตรของสารละลายที่ตรวจวัดคลอโรฟิลล์

M = น้ำหนักตัวอย่าง

OD = ค่าการดูดกลืนแสง รายงานผลปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีในหน่วยมก.ต่อลิตร (mg/L)

4.3 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ที่ทิ้งให้เย็นจนมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 50 °ซ. เทลงในจานเลี้ยงเชื้อปริมาตร 15-20 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว เจือจางตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างฝักกูดหรือแผ่นแป้งข้าวผสมปริมาณ 25 กรัม ที่บดละเอียด ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 15.24x22.86 ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 225 มล. เขย่าเป็นเวลา 2-3 นาที ได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางเป็น 10^{-1} ถึง 10^{-5} ปริมาณ 0.1 มล. ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมจุ่มแอลกอฮอล์ 70% แล้วเผาไฟ และนำไปเกลี่ยสารละลายตัวอย่างอาหารให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และแต่ละการเจือจางทำ 2 ซ้ำ แล้วนำไปป่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 มล. โดยมีหน่วยเป็น CFU/g (AOAC, 2000)

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มีทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง ทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS V.16 (IBM Company, Ontario, Canada)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. สมบัติของแผ่นแป้งข้าวผสมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วย

สมบัติของแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1-3% ได้แก่ ความหนาและความชื้นของแผ่นแป้งข้าวผสม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 °ซ. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Table 1 โดยความหนาของแผ่นแป้งข้าวผสมเริ่มต้นที่เตรียมได้ในชุดควบคุมและชุดทดลองที่ 1-3 มีความหนาอยู่ในช่วง 1.34-1.38 มม. และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาแผ่นแป้งข้าวผสมจากทุกชุดการทดลองมีค่าความหนาเพิ่มขึ้น โดยชุดควบคุมและชุดที่เติมผงเปลือกกล้วย 1% มีความหนาเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา คือ 2.74 และ 2.82 มม. ตามลำดับ และความหนาของแผ่นแป้งข้าวผสมในชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 2 และ 3% มีค่าความหนาเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.79 และ 1.77 มม. ตามลำดับ และในที่สุดท้ายของการเก็บรักษาความหนาของแผ่นแป้งข้าวผสมในทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นของแผ่นแป้งข้าวผสมในชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 44.51% การเติมผงเปลือกกล้วย 1-3% จะลดเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นของแผ่นแป้งข้าวผสมได้ระหว่าง 26-31% ในขณะที่แผ่นแป้งข้าวผสมจากชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นสูงกว่าชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย อาจเนื่องมาจากในผงเปลือกกล้วยมีเส้นใยอาหารเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดี (Talja *et al.*, 2008) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์ความชื้นของชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับความหนาของแผ่นแป้งข้าวผสมที่เพิ่มขึ้น โดยความชื้นที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากโครงสร้างของสตาร์ชหรือเนื่องมาจากแผ่นแป้งข้าวผสมมีส่วนประกอบของแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของสตาร์ชจึงดูดน้ำและพองตัวได้ง่าย (นิธิยา, 2549) การเติมผงเปลือกกล้วยในปริมาณที่มากขึ้นก็จะช่วยลดความชื้นของ

แผ่นแป้งข้าวผสมได้ด้วย สอดคล้องกับค่าความหนาของแผ่นแป้งข้าวผสมที่ลดลง ดังนั้น จากการทดลองนี้แผ่นแป้งข้าวผสมในชุดควบคุมจะมีความหนาและความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วยในทุกชุดการทดลอง แผ่นแป้งข้าวผสมจะมีความหนาน้อยกว่าชุดควบคุมและมีความชื้นลดลงในระหว่างการเก็บรักษา

2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกูด

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกูดที่ห่อในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1-3 กรัม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Figure 1 การสูญเสียน้ำหนักของผักกูดในทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ผักกูดจากชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 1 และ 2% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 31.17 และ 30.82% ส่วนผักกูดจากชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 3% และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันคือ 26.76 และ 26.42% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผักกูดจากชุดควบคุมและชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 2% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุด คือ 42% ส่วนผักกูดจากชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 3% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 34.25% รองลงมาคือชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 1% สูญเสียน้ำหนัก 37% ตามลำดับ เนื่องจากแผ่นแป้งข้าวผสมทำหน้าที่เป็นฟิล์มเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำของผลผลิต มีการรายงานว่าฟิล์มที่เตรียมจากสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำได้สูง ดังนั้นจึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี (Basiak *et al.*, 2017) นอกจากนี้ชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วยที่มีคุณสมบัติเป็นเส้นใยอาหาร เช่น เซลลูโลส จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างของเจลในแผ่นแป้งโดยไปขัดขวางการแพร่ผ่านของไอน้ำจากผักกูดออกจากแผ่นแป้ง หรือดูดซับไอน้ำไว้ในเส้นใย จึงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผักกูดได้

3. คลอโรฟิลล์เอและบี

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีในผักกูดระหว่างการเก็บรักษาในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1, 2 และ 3% ที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Table 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีเริ่มต้นในผักกูดของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.59-0.68 และ 0.26-0.29 mg/L ตามลำดับ ผักกูดที่ห่อด้วยแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 2% สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีไว้ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นในระหว่างการเก็บรักษา (วันที่ 2) แต่อย่างไรก็ตาม ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีในทุกชุดการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น ชุดการทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 2% มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ในขณะที่ชุดการทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 3% ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีมีปริมาณไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีรายงานการศึกษาถึงการเคลือบผลอะโวคาโดด้วยสตาร์ชจากมันสำปะหลังตัดแปรความเข้มข้น 2, 3 และ 4% สามารถรักษาสีเขียวของผลอะโวคาโดไว้ได้ 53, 60 และ 66% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลอะโวคาโนเริ่มต้นที่มีสีเขียว 90% (Jimenez *et al.*, 2015) ดังนั้น การใช้แผ่นแป้งข้าวเป็นฟิล์มเพื่อห่อหุ้มหรือเป็นสารเคลือบผิวแก่ผลิตภัณฑ์อาจช่วยป้องกันการสลายตัวด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ให้อยู่ในรูปที่ไม่มีสีของ chlorins ได้ (นิธิยา, 2549)

4. ค่า L^* , a^* และ b^* ของแผ่นแป้งข้าวผสม และผักกูด

ค่า L^* , a^* และ b^* ของผักกูดที่ห่อในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1, 2 และ 3% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Table 3 ผลการทดลองพบว่า ค่า L^* หรือค่าความสว่างของแผ่นแป้งข้าวผสมในชุดควบคุมในวันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 19.88 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า L^* จากแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยทั้งสามระดับ (1-3%) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 32-38 โดยแผ่นแป้งข้าวผสมจากชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมผงเปลือกกล้วยมีลักษณะค่อนข้างใสหรือโปร่งแสง จึงอาจทำให้ค่า L^* ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าชุดทดลองอื่นๆ และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นชุดควบคุมที่มีค่าลดลงในวันที่สามของการเก็บรักษา ค่า a^* ของแผ่นแป้งข้าวผสมจากชุดควบคุมมีค่าติดลบโดยมีค่าอยู่ในช่วง (-0.09)-(-0.3) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า a^* ของแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยทั้งสามชุดการทดลองมีค่าเป็นบวก (0.7-3.4) แสดงว่าแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยมีเฉดสีออกแดงมากกว่าชุดควบคุมซึ่งมีสีออกเขียวมากกว่า โดยการเติมผงเปลือกกล้วยที่มากขึ้นคือ 3% ทำให้มีค่า a^* สูงกว่าชุดทดลองที่เติมผงเปลือกกล้วย 2 และ 1% ตามลำดับ

ค่า L^* , a^* และ b^* ของผักกูดที่ห่อในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1, 2 และ 3% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Table 4 ผลการทดลองพบว่า ค่า L^* ของผักกูดในชุดควบคุมมีค่าลดลงอย่างในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ผักกูดจากชุดทดลองที่ห่อในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 1, 2 และ 3% มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่า a^* ของผักกูดในทุกชุดการทดลองในระหว่างการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง (-7.7)-(-8.7) และค่า b^* มีค่าอยู่ในช่วง 20.01-23.73 โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลอง แสดงว่าการห่อผักกูดด้วยแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1, 2 และ 3% สามารถรักษาค่าความสว่าง (L^*) ของผักกูดได้ดีกว่าแผ่นแป้งข้าวผสมที่ไม่เติมผงเปลือกกล้วย (ชุดควบคุม) ซึ่งมีสีคล้ำลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา มีรายงานการศึกษามากมายเกี่ยวกับการใช้ฟิล์มหรือสารเคลือบผิวบริโภคได้ที่เตรียมจากสตาร์ชหรือสารประกอบจากสตาร์ชที่ช่วยรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีในผักและผลไม้ เช่น รักษาสีและยืดอายุการเก็บรักษาของของผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบด้วย สตาร์ชข้าวโพดได้เป็นเวลา 10-14 วัน ที่อุณหภูมิ 0°C . ความชื้นสัมพัทธ์ 84% โดยช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า L value ซึ่งแสดงถึงการซีดจางของสีในระหว่างการเก็บรักษาได้ (García *et al.*, 2001).

2.4 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผักกูดและแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 1, 2 และ 3% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน แสดงใน Figure 2 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเริ่มต้นของผักกูดและแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วยในทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 4.46-4.67 log และ 3.15-3.58 CFU/g ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การเติมปริมาณผงเปลือกกล้วยเพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการชะลอหรือยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักกูดที่ห่อในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 3% มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 1 และ 2% สอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 3% ที่มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือ 1.94 CFU/g จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 2 และ 3% มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจากในระหว่างเก็บรักษามีการระเหยของน้ำออกจากแผ่นแป้งข้าวผสม ทำให้แผ่นแป้งข้าวผสม

สูญเสียน้ำซึ่งเป็นปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์ในแผ่นแป้งข้าวผสมลดลง สอดคล้องกับค่าความชื้นของแผ่นแป้งข้าวผสมจากชุดทดลองที่ 2 และ 3 ที่มีค่าความชื้นลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Table 1) ในขณะที่แผ่นแป้งข้าวผสมที่ไม่เติมผงเปลือกกล้วย (ชุดควบคุม) และแผ่นแป้งข้าวผสมที่เติมผงเปลือกกล้วย 1% มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแผ่นแป้งข้าวผสมที่สูง (Table 1) สอดคล้องกับการรายงานของ Orsuwan *et al.* (2016) ที่พบว่าฟิล์มที่เตรียมขึ้นจาก ส่วนผสมระหว่าง agar และผงเปลือกกล้วยในสัดส่วน 2:2 สามารถชะลอการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Listeria monocytogenese* และแบคทีเรียแกรมลบ *Escherichia Coli* เช่นเดียวกับ ฟิล์มที่เตรียมจากโคซานและผงเปลือกกล้วยในสัดส่วน 2-10% พบว่าสามารถชะลอการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้ (Orsuwan *et al.*, 2016)

Table 1 Thickness and moisture contents of mixed starch sheets produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel kept at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 3 days

Treatment	Thickness (mm)			Moisture content (%)		
	Day 1 ^{ns**}	Day 2 ^a	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
The sheet without banana peel powder (Control)	1.34±0.40	2.74±1.32 ^a	2.69±0.55 ^a	44.51±0.70 ^a	46.29±0.47 ^a	46.41±0.10 ^a
The sheet added with 1% of banana peel powder	1.35±0.70	2.82±0.66 ^b	2.65±1.42 ^b	30.79±0.59 ^c	24.47±0.76 ^c	26.62±1.71 ^b
The sheet added with 2% of banana peel powder	1.34±0.45	1.79±0.65 ^b	1.56±0.72 ^b	32.92±1.15 ^b	28.36±1.33 ^b	23.00±0.34 ^c
The sheet added with 3% of banana peel powder	1.38±1.10	1.77±0.34 ^b	1.54±0.32 ^b	30.39±0.11 ^c	19.89±0.68 ^d	19.13±0.43 ^d

*Different letters behind means within a column are significantly different ($p\leq 0.05$).

**ns means not significantly different

Table 2 Chlorophyll a and b contents of Paco Fern packed in mixed starch sheets produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel kept at 4±1°C for 3 days

Treatment	chlorophyll a (mg/L)			chlorophyll b (mg/L)		
	Day 1*	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
The sheet without banana peel powder (Control)	0.680±0.014 ^{aA}	0.665±0.021 ^{aC}	0.165±0.021 ^{bA}	0.285±0.007 ^{aA}	0.315±0.078 ^{aAB}	0.240±0.269 ^{aA}
The sheet added with 1% of banana peel powder	0.680±0.014 ^{aA}	0.665±0.021 ^{aC}	0.165±0.021 ^{bA}	0.285±0.007 ^{aAB}	0.315±0.078 ^{aAB}	0.240±0.269 ^{aA}
The sheet added with 2% of banana peel powder	0.595±0.007 ^{aB}	1.040±0.014 ^{aA}	1.090±0.905 ^{aA}	0.260±0.000 ^{bC}	0.395±0.007 ^{aA}	0.160±0.014 ^{cA}
The sheet added with 3% of banana peel powder	0.605±0.007 ^{cB}	0.835±0.106 ^{aB}	0.660±0.014 ^{aA}	0.265±0.007 ^{aBC}	0.275±0.021 ^{aC}	0.265±0.035 ^{aA}

*Different small letters within a column and different capital letters within a row are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 3 L*,a* and b* of mixed starch sheets produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel kept at 4±1°C for 3 days

Treatment	L*			a*			b*		
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
The sheet without banana peel powder (Control)	19.88±0.93 ^{Ac}	27.45±0.15 ^{Ba}	20.91±0.30 ^{Ab}	0.17±0.01 ^{Da}	0.38±0.08 ^{Cb}	0.09±0.04 ^{Db}	1.51±0.04 ^{Da}	1.14±0.06 ^{Ba}	3.85±1.30 ^{Da}
The sheet added with 1% of banana peel powder	32.55±0.61 ^{Bc}	24.21±0.13 ^{Aa}	27.48±0.05 ^{Bb}	1.42±0.04 ^{Ca}	0.71±0.23 ^{Bb}	0.83±0.13 ^{Cb}	11.50±0.13 ^{Ca}	11.55±0.16 ^{Ca}	11.61±0.13 ^{Ca}
The sheet added with 2 % of banana peel powder	38.57±0.61 ^{Cc}	32.34±0.10 ^{Cb}	29.87±0.34 ^{Ca}	2.23±0.17 ^{Ba}	2.23±0.17 ^{Ba}	1.69±0.22 ^{Bab}	12.08±0.16 ^{Bb}	13.51±0.26 ^{Ba}	-58.17±0.70 ^{Bc}
The sheet added with 3 % of banana peel powder	38.10±1.10 ^{Cb}	32.70±0.61 ^{Ca}	33.57±0.32 ^{Da}	3.40±0.30 ^{Aa}	2.80±0.44 ^{Aa}	2.62±0.08 ^{Aa}	15.15±0.19 ^{Ab}	17.22±0.00 ^{Aa}	17.41±0.36 ^{Aa}

*Different small letters within a column and different capital letters within a row are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 L*, a* and b* of paco fern packed in mixed starch sheets produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel kept at 4±1°C for 3 days

Treatment	L*			a*			b*		
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
The sheet without banana peel powder (Control)	50.38±0.23 ^{Ba}	51.03±0.30 ^{Cb}	48.92±0.28 ^{Ac}	-8.42±0.43 ^{Aa}	-78.66±0.37 ^{Ga}	-8.07±0.03 ^{Aa}	22.26±0.04 ^{Ab}	21.59±0.66 ^{Bb}	22.65±0.17 ^{Aa}
The sheet added with 1% of banana peel powder	51.79±0.92 ^{Ba}	52.00±0.76 ^{Ga}	57.05±0.21 ^{Cb}	-8.53±0.59 ^{Aa}	-7.61±0.33 ^{Aa}	-8.77±0.22 ^{Aa}	20.85±0.38 ^{Bb}	20.01±0.38 ^{Cb}	22.66±0.50 ^{Aa}
The sheet added with 2% of banana peel powder	46.37±0.56 ^{Aa}	48.59±0.55 ^{Bb}	58.17±0.70 ^{Cc}	-7.77±0.39 ^{Aa}	-8.52±0.36 ^{ABa}	-8.21±0.27 ^{Aa}	22.99±0.78 ^{Aa}	21.96±0.25 ^{Bb}	22.15±0.14 ^{Aa}
The sheet added with 3% of banana peel powder	45.56±0.78 ^{Aa}	45.95±1.03 ^{Aa}	54.56±0.62 ^{Bb}	-8.61±0.07 ^{Aa}	-8.74±0.31 ^{Ga}	-8.42±0.43 ^{Aa}	22.82±0.23 ^{Aa}	23.73±0.69 ^{Aa}	22.36±0.55 ^{Aa}

*Different small letters within a column and different capital letters within a row are significantly different ($p \leq 0.05$).

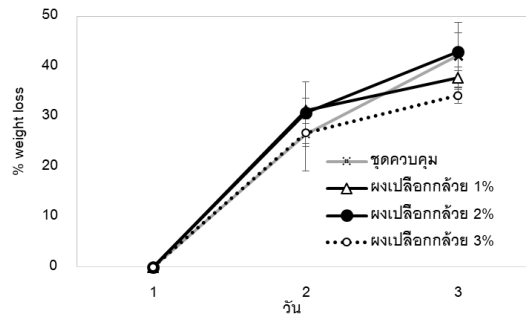


Figure 1 Percentage of weight loss of Paco Fern packed in mixed mixed starch sheets produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel kept at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 3 days

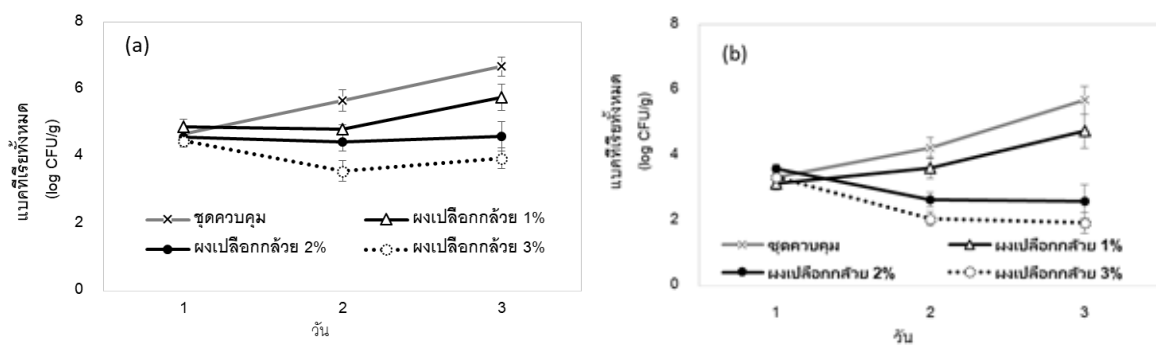


Figure 2 Total viable counts of Paco Fern (a) mixed mixed starch sheet produced from a combination of rice and tapioca containing 1, 2 and 3% of cultivated banana peel (b) kept at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 3 days

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 2 และ 3% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักกูดได้เป็นระยะเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C . โดยสามารถรักษาการเปลี่ยนแปลงของสีของผักกูด (ค่า L^*) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และบี แผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยปริมาณ 3% เป็นชุดทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาผักกูด โดยสามารถชะลอการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. เป็นเวลา 3 วัน โดยมีจำนวนไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยาที่ประกาศโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) คือ น้อยกว่า 10^6 cfu/g ปัจจุบันเกษตรกรมีการปลูกผักกูดขายเลียนแบบผักกูดที่เติบโตตามธรรมชาติมากขึ้น และผักกูดสามารถสร้างรายได้ที่ดีให้แก่เกษตรกรกลุ่มดังกล่าว ดังนั้นแผ่นแป้งข้าวผสมสามารถนำไปยืดอายุการเก็บรักษาผักกูดได้เนื่องจากมีราคาถูก และเตรียมได้ง่าย เพื่อทดแทนพลาสติกจากปิโตรเลียม อีกทั้งยังสามารถนำแผ่นแป้งข้าวผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่เติมผงเปลือกกล้วยไปประยุกต์ใช้กับผักและผลไม้ชนิดอื่นๆ เพื่อรักษาคุณภาพ ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย และยืดอายุการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2**.
[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmscguide1.pdf> (13 กรกฎาคม 2560).
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 487น.
- สันต์ ละอองศรี. 2551. การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบชาสด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษ**
39: 178-181.
- AOAC Official Methods of analysis. 2000. **Sugar in Plants: Preparation of Test Sample**.
Method 931.02.
- Basiak, E., A. Lenart and F. Debeaufort. 2017. Effect of starch type on the physico-chemical properties
of edible films. **International Journal of Biological Macromolecules** 98: 348-356.
- Brooks, A.A. 2008. Ethanol production potential of local yeast strains isolated from ripe banana
peels. **African Journal of Biotechnology** 7: 3749-3752.
- García, M.A., M.N. Martino and N.E. Zaritzky. 2001. Composite starch-based coatings applied
to strawberries (*Fragaria ananassa*). **Molecular Nutrition Food Research** 5: 267-272
- Jiménez, M.A., J. Fabra, P. Talens and A. Chiralt. 2012. Edible and Biodegradable Starch Films:
A Review. **Food and Bioprocess Technology** 5: 2058-2076.
- Jimenez, D.A.S., L.N.P. Salazar, S.A.M. Sánchez, J.L.H. Concha and H.S.V. Castillo. 2015. Coating effect
of modified cassava starch in Hass avocado. **Production+Limpia**. 10: 31-37.
- Orsuwan, A., S. Shankar, L.F. Wang, R. Sothornvit, and J.W. Rhim. 2016. Preparation of antimicrobial
agar/banana powder blend films reinforced with silver nanoparticles. **Food Hydrocolloids**
60: 476-485.
- Pereira, A. and M. Maraschin. 2015. Banana (*Musa* spp.) from peel to pulp: ethnopharmacology, source
of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**
160: 149-163.
- Talja, R.A., H. Hele'n, Y.H. Roos, K. Jouppila. 2008. Effect of type and content of binary polyol
mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films.
Carbohydrate Polymers 71: 269-276.

การคัดเลือกและศึกษาจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* ที่ผลิตสารพรีไบโอติก
ในรูปของลิแวนจากถั่วเหลืองหมัก

Isolation and Characterization of *Bacillus siamensis* from Fermented Soybean
for Prebiotic (Levan)-Production

ณัฐวุฒิ ไตรโอสถ* ฐลัชนันท์ สายเครือคำ ณัฐพงศ์ ทาคำ และวิทวัส แจ้งเอี่ยม

Natthiwut Traiosot*, Thalatchanan Saikhrueakham, Nattapong Thakham
and Witawat Jangiam

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi, Thailand 20131

*Corresponding author: natthiwut_19@hotmail.com

บทคัดย่อ

สืบหาจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ลิแวนซูเครสจากถั่วเหลืองหมัก และทำการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สร้างเมือกและศึกษาสัณฐานวิทยา แบ่งกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ได้ 9 กลุ่ม คือ กลุ่ม B-1 ถึง B-9 และศึกษาลักษณะจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค 16SrRNA พบว่าเป็น *Bacillus siamensis* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลซูโครสของจุลินทรีย์ พบว่าจุลินทรีย์มีการย่อยน้ำตาลซูโครสมากกว่าร้อยละ 50 ศึกษาพฤติกรรมของเอนไซม์ พบว่าสามารถผลิตเอนไซม์ได้มากที่สุดในเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งได้ 8.51 IU ต่อ มล. และการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ลิแวนซูเครสด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography หรือ TLC แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ลิแวนซูเครสทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และปฏิกิริยาทรานส์ฟรุกโตซิลเลชัน (transfructosylation) สังเคราะห์เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ (Exopolysaccharides) หรือ EPS สกัดด้วยเอทานอล 4°ซ. และกำจัดโปรตีนด้วย Sevag reagent (CHCl₃-nBuOH (v/v:5:1)) วิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), ¹H NMR และ ¹³C NMR spectroscopy พบว่ามีโครงสร้าง β-(2,6) fructofuranose หรือ ลิแวน

คำสำคัญ: *Bacillus siamensis*, Exopolysaccharide, Fructan, Levan, Levansucrase

Abstract

Microorganisms that can produce levansucrase from soybean were screened for the capacity to produce slime and characterized morphology by into 9 groups which were B-1 to B-9. 16SrRNA result showed that they were *Bacillus siamensis* and had the ability to digest sucrose more than 50%. The highest activity of enzyme was 8.51 IU/ml at 12 hr. Levansucrase products as analyzed by Thin Layer Chromatography technique or TLC, showed that levansucrase had

hydrolysis and transfructosylation. Exopolysaccharides (EPS) was extracted with ethanol at 4 °C and protein was removed with Sevag reagent (CHCl₃-nBuOH(v/v5:1)). The structure as analyzed with Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), ¹H NMR and ¹³C NMR spectroscopy was found to be β-(2,6) fructofuranose or levan.

Keywords: *Bacillus siamensis*, Exopolysaccharide, Fructan, Levan, Levansucrase

คำนำ

พฤติกรรมความใส่ใจในสุขภาพของในคนปัจจุบันนั้นมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมต่างๆ ปรับปรุงสินค้าเพื่อตอบสนองของความต้องการของผู้บริโภค (Sangeetha, *et al.*, 2005) (Drakoularakou, *et al.*, 2011) กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากนมนิยมใช้ EPS เป็นสารคงตัว ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และสารลดแรงตึงผิว (Patel *et al.*, 2014) โครงสร้าง EPS เป็นโพลีโอลิเมอร์แบบเส้นหรือกิ่ง ซึ่งมีหน่วยย่อยเป็นน้ำตาลหรืออนุพันธ์ของน้ำตาล ถูกสังเคราะห์จากกลุ่มแล็กติแอซิดแบคทีเรีย (Degeest, *et al.*, 2001) มีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก (Prebiotic) เป็นสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ แต่ช่วยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ (Probiotics) เสริมสร้างภูมิคุ้มกันในลำไส้ (Macfarlane, 2010) ลีแวน (Levan) เป็นโพลิเมอร์แซคาไรด์มีองค์ประกอบของฟรุกโตสต่อกันเป็นสาย ถือเป็นสารพรีไบโอติกและถูกใช้ในอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์จากนม เพราะเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกาย 4-12 กรัม (Park, *et al.*, 2001; Blanch *et al.*, 2011; Nobre, *et al.*, 2012; Porras-domínguez *et al.*, 2014) นอกจากนี้ ลีแวนยังประยุกต์ใช้การรักษาบาดแผล การรักษาโรคผิวหนัง หรือการดูดซับไขมันในทางทันตกรรมและทางการแพทย์มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด (Sangeetha, *et al.*, 2005; Freitas, *et al.*, 2011; de Melo, *et al.*, 2012) สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง เนื่องจากชนิดต่างๆ และยังต้านการอักเสบของแผล และส่งเสริมการเจริญเติบโตของเซลล์ผิวหนัง (Abdel-Fattah *et al.*, 2012) ลีแวนตอบสนองในเรื่องคุณสมบัติที่หลากหลาย ทำให้ลีแวนกลายมาเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีคุณค่าอันหลากหลายและเป็นที่ต้องการต่อตลาดโลกอย่างแน่นนอน (de Melo, *et al.*, 2012; Srikanth *et al.*, 2015) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของจุลินทรีย์และโครงสร้างของสารพรีไบโอติกในรูปของลีแวนที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากถั่วเหลืองหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ลีแวนซูเครสโดยเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองหมัก จาก อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ มาคัดแยกเบื้องต้นด้วยอาหารแข็งสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์เฉพาะชนิด (Selective media) มีความเข้มข้นของซูโครส 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร (Belghith *et al.*, 2012) และศึกษาสัณฐานโคโลนีบนอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์แบบแข็ง (Subculture media) ประกอบด้วยซูโครส 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร
2. คัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อน้ำตาลซูโครสโดยเอนไซม์ลีแวนซูเครสได้ดีที่สุด จากการวัดน้ำตาลกลูโคสด้วยกระบวนการ DNS (3,5-dinitrosalicylic acid)
3. จำแนกสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยกระบวนการ 16SrRNA

4. ศึกษาพฤติกรรมการย่อยน้ำตาลซูโครสของจุลินทรีย์ที่ถูกคัดเลือกด้วยเอนไซม์อย่างหยาบ (Crude enzyme)
5. ศึกษาโครงสร้างของสารสีแวนด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) และเทคนิค Nuclear magnetic resonance (NMR)

นำจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* เลี้ยงในอาหารหมักที่สภาวะการหมักเพื่อสังเคราะห์สารสีแวน ปั่นเหวี่ยง แยกเซลล์ และนำส่วนใสไปต้ม (Heat treatment) ตกตะกอนด้วยเอทานอล 95% (Ku *et al.*, 2003) เพื่อตกตะกอน EPS ใน และแยกโปรตีนด้วย Sevag reagent โปรตีนมีลักษณะเจลสีขาวอยู่ระหว่างเฟสน้ำและโคโลฟอร์หมปั่นเหวี่ยง และ Dialysis ทำให้แห้งโดย Freezing dried (Ku *et al.*, 2003)

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์

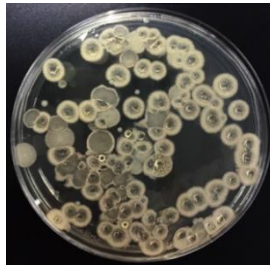


Figure 1 The growth of microorganisms on selective media

จำแนกกลุ่มของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์เฉพาะชนิด (selective media) และศึกษาสัณฐานโคโลนีบนอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์แบบแข็ง (Subculture media) ออกเป็น 9 กลุ่ม คือ กลุ่ม B-1 ถึง B-9 โดยสนใจ B-6 สร้างเมือกมีลักษณะโคโลนีขนาดใหญ่กลมโปร่งใสขอบเกลี้ยงไม่มีรอยเว้า ผิวหน้าเรียบ แกรมบวก เซลล์เป็นท่อน (Bacilli) และจำแนกสายพันธุ์ด้วยเทคนิค 16SrRNA เป็นสายพันธุ์ *Bacillus siamensis*.

2. การศึกษาพฤติกรรมเอนไซม์สีแวนซูเครส

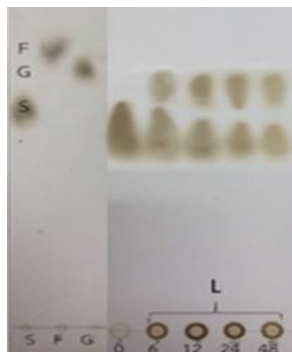


Figure 2 Separation of EPS by Thin layer Chromatography (TLC)

การวิเคราะห์ Thin-layer Chromatography ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้ TLC สำเร็จรูป โดยที่ซิลิกาเจลมีคุณสมบัติเป็นเฟสคงที่และใช้ คลอโรฟอร์ม:กรดอะซิติก:น้ำ (6:7:1 โดยปริมาตร) เป็นระบบเฟสเคลื่อนที่

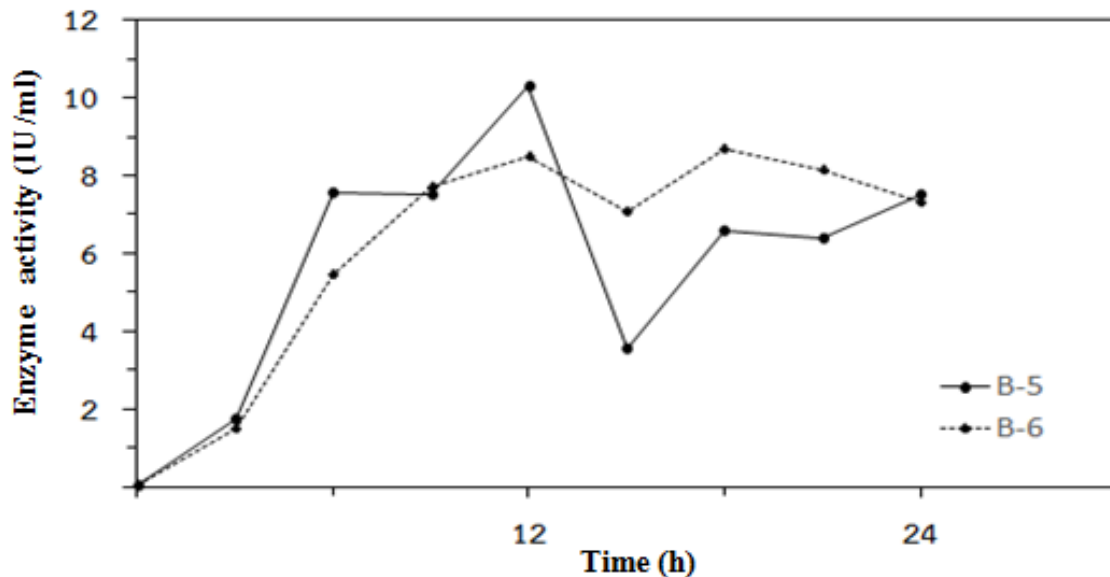


Figure 3 The behavior of levansucrase from *Bacillus siamensis*

Bacillus siamensis มีประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลซูโครสมากกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 12 ชั่วโมง สามารถผลิตเอนไซม์สูงสุด 8.51 IU ต่อ มล. และศึกษาองค์ประกอบด้วยวิธี TLC แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ลิแวน ซูเครสนั้นทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรุกโตส และเกิดปฏิกิริยาทรานส์ฟรุกโตซิลเลชัน (Transfructosylation) สังเคราะห์ EPS (มากกว่า 20 ไมโนเมอร์) (Reiffova and Jozef, 2014; Galal, et al., 2015) สังเกตได้จากจุดเริ่มต้นมีจุดสีดำที่เข้มข้น

3. การวิเคราะห์โครงสร้างของลิแวน

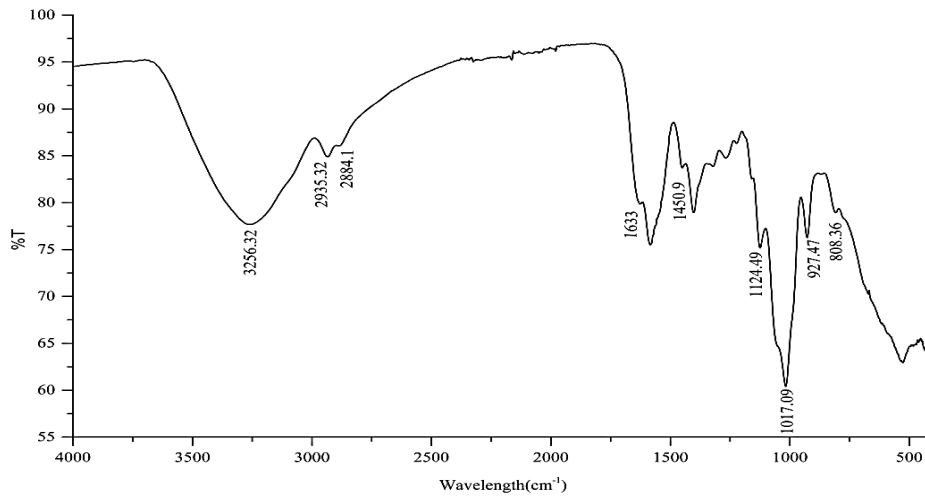


Figure 4 FT-IR Spectrum of EPS produced by levansucrase of *Bacillus siamensis*

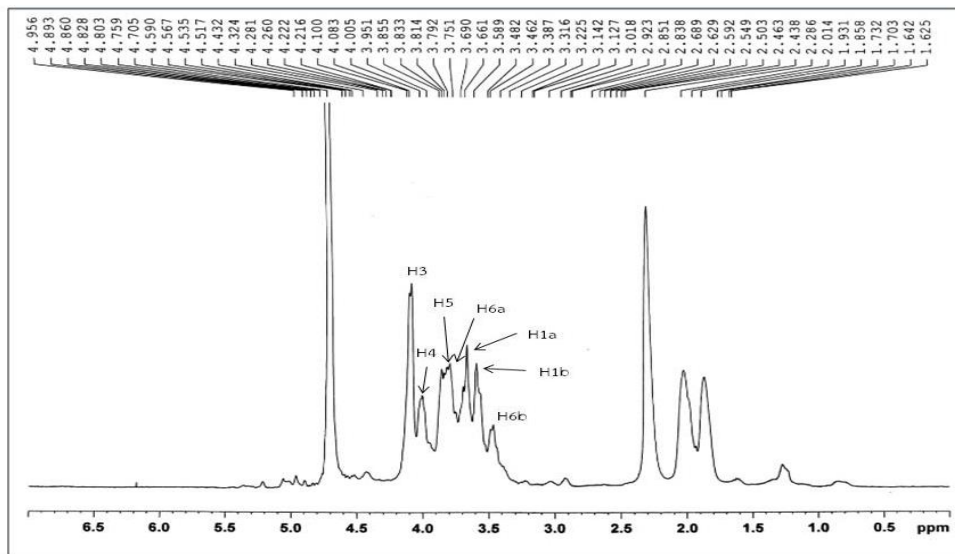


Figure 5 The identification of levan produced from levansucrase of *Bacillus siamensis* by ^1H NMR spectrum levansucrase

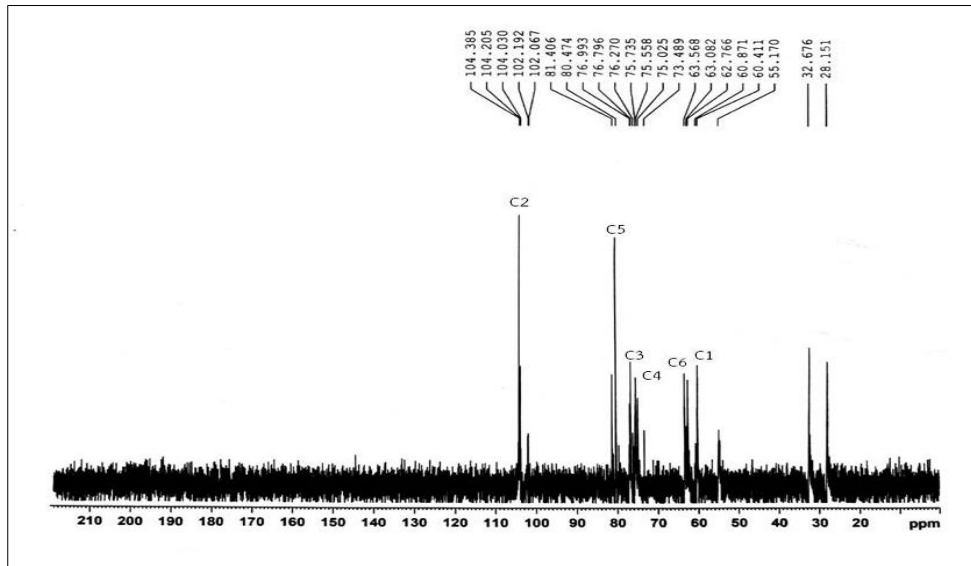


Figure 6 The identification of levansucrase produced from *Bacillus siamensis* by ^{13}C NMR spectrum levansucrase

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค FT-IR ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (O-H), โมเลกุลของ C-H, โมเลกุลของ C=O และพีคสูงสุดที่เกิดขึ้นที่คลื่นความถี่ 1017.09 cm^{-1} เกิดจากการสั่นของพันธะไกลโคซิดิกซ์ (C-O-C) ใน pyranose หรือ furanose (Reiffova and Jozef, 2014) และพีคที่เกิดขึ้นในช่วงที่คลื่นความถี่ 927.47 cm^{-1} ถึง 808.36 cm^{-1} เนื่องจากยูนิทของน้ำตาลในรูปของ furanose และ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ^1H NMR แสดงค่าเคมีคัลชิฟท์ที่ 4.08 ppm (H3), 3.95 ppm (H4), 3.83 ppm (H5), 3.81 ppm (H6a), 3.69 ppm (H1a), 3.66 ppm (H1b), และ 3.48 ppm (H6b) และ ^{13}C NMR แสดงสัญญาณ 6 สัญญาณ แสดงถึงโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharaides) ดังนี้ 104.02 ppm (C2), 80.47 ppm (C5), 76.26 ppm (C3), 75.02 ppm (C4), 63.56 ppm (C6), และ 60.41 ppm (C1) เป็นการยืนยันสารพอลิแซ็กคาไรด์โดยมีโครงสร้างแบบ β -2,6-glycosidic หรือ ลีแวน

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์

การใช้อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสนั้นสามารถคัดแยกจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์เอนไซม์ฟรุกโตซิลทรานสเฟอเรส (Fructosyl transferase) และเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส (Glucosyl transferase) เนื่องจากเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถสังเคราะห์สารพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้โดยใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น โดยที่เอนไซม์ฟรุกโตซิลทรานสเฟอเรสจะนำโมเลกุลฟรุกโตสสร้างพันธะไกลโคไซด์แต่เอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรสนำโมเลกุลกลูโคสสร้างพันธะไกลโคไซด์ (Sato, 1984)

2. การศึกษาพฤติกรรมของเอนไซม์ลิแวนซูเครส

2.1 การทดสอบพฤติกรรมของเอนไซม์ลิแวนซูเครสด้วย DNS method

การพิจารณาด้วยสาร DNS reagent เป็นการวัดปริมาณกลูโคส การวัดด้วยวิธีนี้สามารถพิจารณาได้เพียงปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเท่านั้น เพื่อวิเคราะห์ปฏิกิริยาทรานส์ฟรุคโตซิลเลชันเบื้องต้นโดยใช้วิธี TLC (Thin-layer Chromatography)

2.2 การทดสอบพฤติกรรมของเอนไซม์ลิแวนซูเครสด้วย TLC (Thin-layer Chromatography)

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจากการทำงานของเอนไซม์ลิแวนซูเครสด้วยกระบวนการการวิเคราะห์ TLC พบว่ามีพอลิแซ็กคาไรด์ทรานสเฟอร์ของสายพอลิเมอร์เพียงเท่านั้น แต่ไม่สามารถระบุอย่างจำเพาะเจาะจงในด้านโครงสร้างอย่างชัดเจน ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR Spectrometer และการวิเคราะห์ NMR spectroscopy เพื่อพิสูจน์โครงสร้างทางเคมี การสกัดสารพอลิแซ็กคาไรด์จะต้องมีความบริสุทธิ์สูง เพื่อให้การวิเคราะห์แม่นยำและน่าเชื่อถือ

3. การวิเคราะห์โครงสร้างของลิแวน

3.1 การวิเคราะห์ FTIR Spectrometer

จากการวิเคราะห์ด้วย FTIR Spectrometer ให้ข้อมูลเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล พันธะภายในโมเลกุลของสารอินทรีย์เป็นพันธะโคเวเลนต์ การสั่นของ C-H bending การสั่นของ C=O ของโพลีแซ็กคาไรด์ การสั่นของ C-O-H ซึ่งเป็นการสั่นจำเพาะพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ในน้ำตาล pyranose หรือ furanose พีคที่ 927 และ 808 cm^{-1} จะยืนยันว่าเกิดเป็นน้ำตาล Furanose (Grube *et al.*, 2002; Monograph, n.d.) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR spectroscopy สรุปได้เพียงหมู่ฟังก์ชันเท่านั้น เพื่อยืนยันตำแหน่งของพันธะไกลโคไซด์จะต้องวิเคราะห์ด้วย NMR spectroscopy

3.2 การวิเคราะห์ NMR spectroscopy

จากการวิเคราะห์ด้วย ^1H และ ^{13}C NMR spectroscopy ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างสารลิแวนของจุลินทรีย์ *Bacillus siamensis* สเปกตรัมของ ^1H NMR ซึ่งให้เห็นสัญญาณของโปรตอนว่ามีโมเลกุลของฟรุคโตสซึ่งเป็นโมโนเมอร์ของสารลิแวน ซึ่งสัญญาณเหล่านี้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยลิแวนที่เกิดจากแบคทีเรีย *Bacillus megaterium* GJT321 (Yu *et al.*, 2016) *Bacillus methylotrophicus* SK 21.002 (Zhang *et al.*, 2014) และ *Bacillus licheniformis* BK AG21 (Wahyuningrum and Hertadi, 2015)

สรุปผลการวิจัย

จุลินทรีย์จากถั่วเหลืองหมักสายพันธุ์ที่ผลิตโดย *Bacillus siamensis* สามารถสังเคราะห์เอนไซม์ลิแวนซูเครสได้ดีที่สุดในเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งได้ 8.51 IU ต่อ มล. และศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ลิแวนซูเครสด้วยเทคนิค TLC (Thin layer Chromatography) แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ลิแวนซูเครสเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และปฏิกิริยาทรานส์ฟรุคโตซิลเลชัน (Transfructosylation) งานวิจัยนี้พบว่า โครงสร้างของ EPS (Exopolysaccharides) ได้รับการยืนยันว่าเป็น Levan ประกอบด้วย D-fructofuranose ต่อด้วยพันธะ β -(2, 6) - พันธะไกลโคซิดิกซ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ แจ้งเอี่ยม (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการทางวิศวกรรม) นายณัฐพงศ์ ทาคำ และนางสาวนภาภรณ์ ปิยะวรรณรัตน์ ที่คอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง พร้อมทั้งสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้าน จนรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Fattah, A.M. *et al.* 2012. 'Antitumor and antioxidant activities of levan and its derivative from the isolate *Bacillus subtilis* NRC1aza', **Carbohydrate Polymers. Elsevier Ltd.**, 89(2): 314–322.
- Belghith, K.S. *et al.* 2012. 'Microbial production of levansucrase for synthesis of fructooligosaccharides and levan', **International Journal of Biological Macromolecules. Elsevier B.V.** 50(2): 451–458.
- Blanch, M. *et al.* 2011. 'Fructo-oligosaccharides in table grapes and response to storage', **Food Chemistry.** 129(3):724–730.
- Degeest, B., F. Vaningelgem, and L. De Vuyst. 2001. 'Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria', **International Dairy Journal.** 11(9):747–757.
- Drakoularakou, A., R. Rastall, and G. Gibson. 2011. *Functional foods for the gut: probiotics, prebiotics and synbiotics, Functional Foods (Second edition).* **Woodhead Publishing Limited.** doi: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857092557.3.449>.
- Freitas, F., V.D. Alves, and M.A.M. Reis, 2011. 'Advances in bacterial exopolysaccharides: From production to biotechnological applications', **Trends in Biotechnology. Elsevier Ltd** 29(8): 388-398.
- Galal, A.M., B. Avula, and I.A. Khan. 2015. 'Utility of Thin-Layer Chromatography in the Assessment of the Quality of Botanicals'. 479–504.
- Grube, M., M. Bekers, D. Upite. and E. Kaminska. 2002. Infrared spectra of some fructans. **Spectroscopy.** 16(3-4): 289-296.
- Ku, Y. *et al.* 2003. 'Precipitation of inulins and oligoglucoses by ethanol and other solvents'. 81: 125-132.
- Macfarlane, S. 2010. *Prebiotics in the Gastrointestinal Tract.* First edit, *Bioactive Foods in Promoting Health.* First edit. **Elsevier Inc.** doi: 10.1016/B978-0-12-374938-3.00010-4.
- Mamay, Wahyuningrum, D. and R. Hertadi. 2015. Isolation and Characterization of Levan from Moderate Halophilic Bacteria *Bacillus licheniformis* BK AG21. **Procedia Chemistry.** 16: 292-298.

- de Melo, F.C.B.C., C.T.B.V. Zaia, and M.A.P.C. Celligoi. 2012. Levan from *Bacillus subtilis* Natto: Its effects in normal and in streptozotocin-diabetic rats. **Brazilian Journal of Microbiology**, 43(4):1613-1619.
- Nobre, C., J.A. Teixeira. and L.R. Rodrigues. 2012. 'Fructo-oligosaccharides purification from a fermentative broth using an activated charcoal column', *New Biotechnology*. Elsevier B.V., 29(3): 395-401.
- Park, J.P., T.K. Oh, and J.W. Yun. 2001. Purification and characterization of a novel transfructosylating enzyme from *Bacillus macerans* EG-6. **Process Biochemistry**. 37(5): 471-476.
- Patel, A. *et al.* 2014. Determining probiotic potential of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from vegetables and traditional Indian fermented food products. **Food Bioscience**. Elsevier 5:27-33.
- Porras-domínguez, J. R. *et al.* 2014. Levan-type FOS production using a *Bacillus licheniformis* endolevanase. **Process Biochemistry**. Elsevier Ltd. 49(5): 783-790.
- Reiffova, K. and P. Jozef. 2014. CO., (November). doi: 10.1002/9781118817360.ch19.
- Sangeetha, P.T., M.N. Ramesh, and S.G. Prapulla. 2005. Recent trends in the microbial production, analysis and application of Fructooligosaccharides. **Trends in Food Science and Technology**, 16(10): 442-457.
- Sato, S. 1984. ISOLATION AND SOME PROPERTIES OF EXTRACELLULAR D- OMZ175 (f) by chromatofocusing , followed by hydroxyapatite column chromatog- and 158 000 and the enzyme of the serotype f one component having Mr 156 000 . an optimum pH 5 . 5-6. **0 for enzyme activity** 134:293–304.
- Srikanth, R. *et al.* 2015. 'Review on production, characterization and applications of microbial levan. **Carbohydrate Polymers**. Elsevier Ltd., 120: 102-114.
- Yu, X. *et al.* 2016. Structural analysis of macromolecular levan produced by *Bacillus megaterium* GJT321 based on enzymatic method. **International Journal of Biological Macromolecules**. Elsevier B.V., 93: 1080-1089.
- Zhang, T. *et al.* 2014. 'Biosynthesis of levan by levansucrase from *Bacillus methylotrophicus* SK 21.002', **Carbohydrate Polymers**. Elsevier Ltd., 101(1): 975–981.

ผลของชนิดโปรตีนต่อลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์

Effect of Protein Sources on Quality Characteristic of Protein Bar

ปัทมาภรณ์ อินมา พรพิมล ทานันท์ เจนจิรา นิเวศน์ และธีระพล เสนพันธ์*

Pattamaporn Inma, Pornpimon Thanun, Jenjira Niwet and Theeraphol Senphan*

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Department of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: theeraphol_s@mju.ac.th

บทคัดย่อ

โปรตีนบาร์เป็นอาหารเสริมที่ผสมจากธัญพืชต่างๆที่อุดมไปด้วยโปรตีน เช่น โปรตีนเวย์ โปรตีนถั่ว และโปรตีนจากไข่ขาว แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นแท่ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์ และศึกษาคุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิ และโปรตีนเวย์ พบว่าถั่วอะซูกิมีปริมาณโปรตีน ความชื้น เถ้าและไขมัน เท่ากับ 21.29, 6.12, 3.15 และ 0.53% ตามลำดับ ในขณะที่โปรตีนเวย์ มีปริมาณโปรตีนต่ำ ความชื้น เถ้า และไขมัน 10.36, 3.38, 4.47 และ 0.38% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิจะมีปริมาณความชื้น โปรตีนสูงกว่าโปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์ นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของทั้งสองผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้นโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิจึงมีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: ถั่วอะซูกิ ฟรุทโตสไซรัป โปรตีนบาร์ โปรตีนเวย์

Abstract

Protein bars are bar supplements of mixed grains and other ingredients such as whey protein, bean protein and white egg protein which are the main source of protein. This research aimed to study the chemical composition of Azuki bean and whey protein and study the effect of azuki bean and whey protein on quality characteristics of protein bars. Azuki bean contained protein, moisture, ash and fat contents of 21.29, 6.12, 3.15 and 0.53 (% wet basis) respectively while whey protein had lower protein, moisture, ash and fat contents of 10.36, 3.38, 4.47, and 0.38 (% wet basis), respectively. However, protein bar from azuki bean had a higher moisture and protein contents than protein bar from whey protein ($p<0.05$). Nevertheless, no different in textural properties and sensory evaluation scores was observed of both protein bars. Thus, protein bar from azuki bean was rich in nutrition values and health benefits.

Keywords: Azuki bean, protein bar, whey protein

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในเรื่องอาหารการกินมากขึ้น เนื่องจากเป็นยุคที่มีการแข่งขันและใช้ชีวิตความเร่งรีบตลอดเวลา อาหารที่รับประทานจึงจำเป็นต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วนเพียงพอต่อการบริโภค และสามารถพกพาในโอกาสต่างๆ ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารอัดแท่งที่ประกอบด้วยโปรตีนคุณภาพสูงหลายชนิด เช่น โปรตีนเวย์ นม ธัญพืชต่างๆ ข้าวกล้อง ข้าวโอ๊ต งา ถั่ว เป็นต้น ผสมกับคาร์โบไฮเดรตคุณภาพสูง (น้ำผึ้ง และน้ำตาลฟรุคโตส) เสริมด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภคเป็นอาหารว่าง สามารถพกพาได้สะดวกและง่ายต่อการรับประทาน (Zhou *et al.*, 2013) ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จึงได้รับความนิยมอย่างสูงจากผู้บริโภคบางกลุ่ม เช่น ผู้ที่รักสุขภาพ นักกีฬา นักเรียน นักศึกษา ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ใหญ่วัยทำงาน เป็นต้น มีรายงานว่า การรับประทานโปรตีนบาร์เป็นอาหารระหว่างมื้อหรือหลังออกกำลังกาย จะช่วยให้มีอารมณ์ดี ลดความอยากอาหาร ช่วยควบคุมน้ำหนัก เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วนและให้พลังงานต่ำรวมทั้งช่วยฟื้นฟูร่างกาย (Brown *et al.*, 2004) โดยส่วนใหญ่แล้วผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์เป็นอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความชื้นปานกลางหรืออาหารกึ่งแห้ง (Intermediate moisture food) (Loveday *et al.*, 2010) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักมากถึงร้อยละ 40-50 ส่วนวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ ได้แก่ โปรตีนเวย์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเนยแข็ง หลังจากแยกโปรตีนเคซีนและไขมันออกไปแล้วนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมโปรตีนเวย์และนำไปใช้สร้างกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว และนอกจากนี้ยังมีโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ ที่สำคัญที่จะสามารถนำมาใช้กับการเตรียมโปรตีนบาร์ได้แก่ โปรตีนจากพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วลิสง และถั่วดำ เป็นต้น ซึ่งพบว่า เป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดอะมิโน ที่จำเป็นต่อร่างกาย และโปรตีนจากถั่วยังมีสมบัติทางหน้าที่ในเรื่องการเพิ่มความคงตัว และความข้นหนืด การเกิดเจล การเกิดฟิล์ม และการเกิดอิมัลชัน เป็นต้น (Coffmann and Garciaj, 1977)

ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ขึ้นแทนแทนธัญพืชอาหารว่างเพื่อสุขภาพที่กำลังมาแรงในขณะนี้ เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง รับประทานง่ายและยังพกพาสะดวก แต่ราคาค่อนข้างแพง ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบหลักยังคงเป็นโปรตีนเวย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม ซึ่งประเทศไทยยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการพัฒนาโปรตีนคุณภาพสูงที่ได้จากพืชซึ่งมีมากในประเทศไทยมาทดแทนโปรตีนจากโปรตีนเวย์ เพื่อลดการนำเข้า อีกทั้งยังขยายขอบเขตโดยพัฒนาสูตรเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับนักเพาะกาย นักวิ่ง ผู้รักสุขภาพทั่วไป และผู้สูงอายุโดยเฉพาะ ถั่วอะชูกิ (*Vigna angularis*) เป็นถั่วสายพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่น มีลักษณะคล้ายกับถั่วแดง แต่มีขนาดเล็กกว่าที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก สามารถเจริญเติบโตในที่มีอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมช่วงระยะการเจริญเติบโต 23-25°C. (สุรัตน์ และคณะ 2549) ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงได้นำมาส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเป็นทางเลือกใหม่กับผู้บริโภค โดยแหล่งปลูกอย่างแพร่หลายในจังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวสามารถปลูกถั่วอะชูกิได้ผลผลิตที่ดี ให้ผลผลิตได้จำนวนมาก ซึ่งถั่วอะชูกิอุดมไปด้วยโปรตีนสูง (25-30%) (Ohnishi and Fujino, 1981) ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนหลายชนิด ได้แก่ ได้แก่ Lysine, Methionine, Cysteine, Phenylalanine, Tyrosine และ Tryptophan ส่วนไขมันเป็นไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid, MUFA) และเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid, PUFA) เช่น กรดไขมัน Omega-3 เป็นต้น และไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid,

SUFA) ปริมาณ 0.191 กรัม นอกจากนี้ถั่วอะซูกิยังอุดมไปด้วยวิตามิน B1, B2, B6, B12, C, D, A, K และแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีเป็นต้น (Ohnishi and Fujino, 1981) ถั่วอะซูกิมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจและช่วยบำรุงระบบประสาท และช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง (Maruyama *et al.*, 2008) แต่เนื่องจากปัจจุบันถั่วอะซูกิเป็นธัญพืชที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากล้นตลาดทำให้ประสบปัญหาราคาคงต่ำอย่างมากเหลือเพียงกิโลกรัมละ 30 บาท และราคามีแนวโน้มที่ลดลงอีกในอนาคต ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับถั่วอะซูกิและการนำถั่วอะซูกิมาใช้ทดแทนโปรตีนเวย์ในการผลิตโปรตีนบาร์ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิ เพื่อสร้างและผลิตภัณฑ์ใหม่ รวมถึงศึกษาคุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ดังกล่าว คาดว่าในอนาคตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ออกสู่ท้องตลาด ตลอดจนสร้างความน่าสนใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

อุปกรณ์และวิธีการ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์

1.1. การเตรียมวัตถุดิบ

ตัวอย่างถั่วอะซูกิพันธุ์ปางตะจาก ตำบลแม่ศึก อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ นำผ่านกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ 10^oซ. เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปคั่วให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแห้งจนมีขนาดอนุภาค 0.1-0.5 มม. ได้เป็นถั่วอะซูกิผง และเวย์โปรตีนยี่ห้อ สเปเชียล เบเกอร์ นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสารอาหาร รวมทั้งการเตรียมผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์

1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารในถั่วอะซูกิ

1.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมันและโปรตีนในตัวอย่างถั่วอะซูกิตามวิธีมาตรฐาน AOAC วิธีการที่ 927.05, 942.05, 920.38 และ 984.13 ตามลำดับ (AOAC, 2011)

ตอนที่ 2 ศึกษาโปรตีนบาร์ที่เตรียมจากถั่วอะซูกิเปรียบเทียบกับชนิดที่ทำจากโปรตีนเวย์

2.1 การเตรียมโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์

เตรียมโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิหรือผงโปรตีนเวย์โดยใช้ฟรุกโตสคอร์นไซรัป และเนยถั่วเป็นสารยึดเกาะในอัตราส่วนถั่วอะซูกิหรือโปรตีนเวย์ต่อสารยึดเกาะร้อยละ 70 ต่อ 30 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยดัดแปลงวิธีของ Zhou *et al.* (2013) นำฟรุกโตสคอร์นไซรัป และเนยถั่วในอัตราส่วน 1:0.5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร (5K5ssWH, Kitchenaid, Michigan, USA) เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำผงถั่วอะซูกิหรือผงโปรตีนเวย์ร้อยละ 70 ผสมร่วมกับสารยึดเกาะที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้ร้อยละ 30 ในเครื่องผสมอาหาร จากนั้นกวนตัวอย่างให้เข้ากัน เป็นเวลา 2 นาที จนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำตัวอย่างผสมเทใส่ในพิมพ์พลาสติก (ขนาด 10×2.7×1.5 ซม.) เพื่อขึ้นรูปปิดฝาสนิทด้วยฟิล์มยึดสำหรับห่ออาหาร นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4^oซ. เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอบแห้ง

(Model.SAM-603MH, M.K. Unigroup corporation Co., Ltd. Taiwan) ที่อุณหภูมิ 105 °C. เป็นเวลา 30 นาที จะได้เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากผงถั่วอะซูกิหรือผงโปรตีนเวย์

2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์

2.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าของตัวอย่างโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์ถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีของ AOAC 1999 (AOAC, 1999)

2.2.2 วิเคราะห์ค่าสี

ค่าสีของตัวอย่างโปรตีนบาร์วัดโดยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) และรายงานในรูปแบบ L* (lightness), a* (redness/greenness) และ b* (yellowness/blueness) ตามวิธีของ Gennadios *at al.* (1996)

2.2.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

การประเมินคุณลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Profile Analysis (TPA) (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England) โดยทำการวัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) การเกาะติด (Cohesiveness) และความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (Gumminess) โดยใช้หัววัด Blade set with knife ขนาดของตัวอย่าง 30x30x15 มม. ระยะการกดสูงจากผิวหน้าตัวอย่าง 20 มม. (Pre-test speed: 2 mm/s; test speed 2 mm/s; post-test speed 10 mm/s) ทำการวิเคราะห์อย่างน้อย 10 ซ้ำ

2.2.4 การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

การวัดค่าน้ำอิสระ ดำเนินการโดยใช้เครื่อง ค่า Water Activity (a_w) โดยใช้เครื่อง Aqua lab (Model Series 3, Decagon Devices, Inc., Washington, USA) เตรียมตัวอย่างโปรตีนบาร์โดยทำการบดตัวอย่างให้ละเอียด แล้วนำมาใส่ในถ้วยพลาสติกประมาณครึ่งถ้วย นำถ้วยตัวอย่างเปิดฝาตัวอย่างออกใส่ในช่องวัดค่าน้ำอิสระ หลังจากนั้นทำการบันทึกผล โดยการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตอนที่ 3 ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบชิม ซึ่งใช้การทดสอบการยอมรับสเกลระดับความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จาก 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งใช้ผู้ทดสอบ 60 คน

3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ศึกษาด้วย Duncans Multipl Range Test วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for windows, SPSS, Inc., Chicaco, IL USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอะซูกิ และโปรตีนเวย์

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอะซูกิ และโปรตีนเวย์แสดงดัง Table 1 พบว่าปริมาณโปรตีนของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์มีค่า 21.29 ± 0.16 และ $10.36 \pm 0.30\%$ ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์มีค่า 6.12 ± 0.04 และ $3.38 \pm 0.08\%$ ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์มีค่าเท่ากับ 3.15 ± 0.09 และ $4.47 \pm 1.55\%$ ตามลำดับ ปริมาณไขมันของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์มีค่า 0.53 ± 0.04 และ $0.38 \pm 0.05\%$ ตามลำดับ

Table 1 Chemical compositions of azuki bean and whey protein

Characteristics (% , wet basis)	Azuki bean	Whey protein
Protein	$21.29 \pm 0.16^{a**}$	10.36 ± 0.30^b
Moisture	6.12 ± 0.04^a	3.38 ± 0.08^b
Ash	3.15 ± 0.09^b	4.47 ± 1.55^a
Fat	0.53 ± 0.04^a	0.38 ± 0.05^b

* Means \pm SD (n=3).

** Different lowercase superscripts in the same row indicate significantly differences ($p < 0.05$).

2. สมบัติทางกายภาพเคมีของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์

สมบัติทางกายภาพเคมีของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์ แสดงดัง Table 2 พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์มีค่าเท่ากับ $14.37 \pm 1.60\%$ และ $12.11 \pm 0.20\%$ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์เวย์โปรตีนมีค่า 13.39 ± 0.71 และ 12.58 ± 0.12 ตามลำดับ นอกจากนี้ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water activity) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์มีค่าเท่ากับ 0.77 ± 0.01 และ 0.73 ± 0.02 ตามลำดับ

Table 2 Physiochemical properties of protein bars products from azuki bean and protein whey

Physiochemical properties (% , wet basis)	Azuki bean	Whey protein
% Moisture	$14.37 \pm 1.60^{a**}$	12.11 ± 0.20^b
% Protein	13.39 ± 0.71^a	12.58 ± 0.12^b
Water Activity, a_w	0.77 ± 0.01^a	0.73 ± 0.02^b

* Means \pm SD (n=3)

** Different lowercase superscripts in the same row indicate significantly differences ($p < 0.05$).

3. ค่าสี

ค่าสีของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์แสดงดัง Table 3 พบว่า โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน มีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 14.37 ± 1.60 ถึง 45.15 ± 3.80 นอกจากนี้ค่าความเป็นสีแดง ($-a^*$) อยู่ในช่วง 6.78 ± 1.36 ถึง 9.18 ± 0.60 โดยโปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิมีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด (6.78 ± 1.36) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) อยู่ในช่วง 14.35 ± 4.43 ถึง 26.91 ± 3.46 โดยโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีนมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุดเท่ากับ 26.91 ± 3.46

Table 3 Color values of protein bar products from azuki bean and protein whey

Protein bar products	Color values		
	L^*	a^*	b^*
Azuki bean	$14.37 \pm 1.60^{b**}$	6.78 ± 1.36^b	14.35 ± 4.43^b
Whey protein	45.15 ± 3.80^a	9.18 ± 0.60^a	26.91 ± 3.46^a

* Means \pm SD (n=3)

** Different lowercase superscripts in the same row indicate significantly differences ($p < 0.05$).

4. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์

ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์พบว่า ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีนมีค่าความแข็ง (Hardness) เท่ากับ 29,585.34 และ 24,258.62 g ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าการยึดติด (Adhesiveness) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน เท่ากับ -24.96 และ -265.54 ตามลำดับ ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน คือ 0.20 และ 0.28 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าการเกาะติด (Cohesiveness) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีนเท่ากับ 0.25 และ 0.22 ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความเหนียว (Gumminess) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จาก ถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน เท่ากับ 7,716.14 และ 5,396.87 ตามลำดับ ไม่มี ความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 4 Textural properties of protein bar products from azuki bean and protein whey powder

Textural characteristics	Azuki bean	Whey protein
Hardness	23,334.52±5411.39 ^{*a**}	21,510.83±2,096.78 ^a
Adhesiveness	-24.96±8.90 ^a	-265.54±108.14 ^b
Springiness	0.20±0.09 ^a	0.28±0.12 ^a
Cohesiveness	0.25±0.05 ^a	0.22±0.02 ^a
Gumminess	7,716.14±5164.13 ^a	5,396.87±1211.62 ^a

* Means±SD (n=3)

** Different lowercase superscripts in the raw column indicate significantly differences ($p < 0.05$).

5. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน แสดงดัง Table 5 พบว่า คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 5 Sensory evaluation of protein bar products from azuki bean and protein whey

Parameters	Protein bar products	
	Azuki bean	Whey protein
Color	6.07±1.30 ^{*a**}	6.25±1.23 ^a
Odor	5.92±1.37 ^a	6.20±1.10 ^a
Taste	5.07±1.89 ^a	5.68±1.78 ^a
Apperance	5.63±1.58 ^a	6.20±1.61 ^a
Overall acceptability	5.68±1.57 ^a	5.95±1.55 ^a

* Means ± SD (n=3)

** Different lowercase superscripts in the same column indicate significantly differences ($p<0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์ (Table 1) พบว่า ค่าปริมาณโปรตีนความชื้น และไขมันของถั่วอะซูกิมีค่ามากกว่าโปรตีนเวย์ ในขณะที่ปริมาณถั่วอะซูกิพบว่ามีค่ามากกว่าโปรตีนเวย์ เนื่องจากโปรตีนเวย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการสกัดจากหางนมที่เหลือจากกระบวนการผลิตแข็งโดยใช้กระบวนการเมมเบรนชนิดอัลตราฟิเตรชัน (Ultrafiltration) หรือกระบวนการอื่นเพื่อแยกส่วนผสมที่ไม่ใช่โปรตีนในนมออกไปแล้วนำมาทำแห้ง ให้เป็นผง ดังนั้นผงเวย์โปรตีนที่ได้จึงมีการสูญเสียองค์ประกอบทางเคมีและมีปริมาณที่ลดลง (ชนก, 2558)

เมื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและเวย์โปรตีนพบว่า ปริมาณโปรตีน ความชื้น และค่ากิจกรรมอิสระของน้ำ ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์มีค่าน้อยกว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จาก ถั่วอะซูกิ เนื่องจากผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์หลังจากทำความเข้มข้นด้วยเมมเบรนแล้ว โปรตีนเวย์ส่วนเพอร์ มีเอทจะมีปริมาณของที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 55-60% จากนั้นจึงนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยจึงทำให้โปรตีนเสีย สภาพธรรมชาติ มีการสูญเสียสมบัติในการละลายและการดูดความชื้น นอกจากนี้รูปร่างของน้ำตาลแลคโตสจะเป็น แบบแอลฟา-โมโนไฮเดรต (Alpha-monohydrate) รวมไปถึงอนุภาคอื่น ๆ จะมีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งมีความหนาแน่น สูงจึงส่งผลต่อความสามารถในการดูดความชื้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2548)

ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสี ($L^* a^* b^*$) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์จาก (Table 3) พบว่า ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากเวย์โปรตีนมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง ($-a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) มีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิ เนื่องจากเวย์โปรตีนได้จากกระบวนการเสียสภาพทำให้ความเข้มข้นของเวย์โปรตีนมีความเข้มข้นสูงขึ้น มากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งแยกน้ำตาลแล็กโทส และไขมันที่ยังคงมีหลงเหลืออยู่ ออกไป กระบวนการ Ion-exchange (IE) แยกโมเลกุลของสารต่างๆ ออกจากกันโดยอาศัยประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลที่ ต่างกัน หรือการกรองด้วยเยื่อ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2556) จึงทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์มี ลักษณะที่ขาวอมเหลืองเหมือนสีนํ้านมจึงทำให้มีความสว่างมากกว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนจากถั่วอะซูกิ อย่างไรก็ตาม ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองค่าความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) การเกาะติด (Cohesiveness) และ ความเหนียว (Gumminess) ค่าการยึด ติด (adhesiveness) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.5$) เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ทั้งสองชนิดเหมือนกัน จึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากถั่วอะซูกิและโปรตีนเวย์มีความใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

ชนิดและแหล่งที่มาของวัตถุดิบมีผลต่อลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์ ซึ่งผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จาก ถั่วอะซูกิเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยโปรตีนเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากโปรตีนเวย์ ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จาก ถั่วอะซูกิและ เวย์โปรตีนมีค่ากิจกรรมของน้ำอิสระอยู่ในระดับปานกลางจัดเป็นอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture food) เนื่องจากมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.73-0.77 เวย์ ผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จาก ถั่วอะซูกิมีสีน้ำตาล และมีลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเทียบเท่าผลิตภัณฑ์โปรตีนเวย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุน “ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561” คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชีระพล แสนพันธ์ุ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาในการเรียน การ ค้นคว้าวิจัย ขอขอบคุณคณะอาจารย์และบุคลากรคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณ สุमितร์ เชื้อมชัยตระกูล และ นันทวัฒน์ ระหงส์ และทุกท่านที่ได้

อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากปัญหาพิเศษเล่มนี้ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

เอกสารอ้างอิง

- คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์. 2560. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา. http://www.agro.cmu.ac.th/school/fst/601499/research_exercise_journal/file_upload/55131001.pdf (11 ตุลาคม 2560).
- ธนกร ศิริสมุทร. 2558. **คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางการแพทย์ของเวย์โปรตีน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <file:///C:/Users/TOPCOM/Downloads/Documents/5349-17684-1-SM.pdf> (12 ตุลาคม 2560).
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. 2556. **เวย์ whey**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0554/whey> (11 ตุลาคม 2560).
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2548. **หลักการและทฤษฎีเกี่ยวข้อง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <doi.nrct.go.th/ListDoi/Download/290053/6f3d2140b7855cbc05e65e39b103601b> (19 มีนาคม 2561).
- สุรัตน์ นักร้อง. 2549. **โครงการวิจัยเพื่อแก้ปัญหการปนเปื้อนของแมลงดั่งแก้วและการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วอะซูกิ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/275> (11 ตุลาคม 2560).
- AOAC. 1999. **Official method of analysis**. 16th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 2011. **Official methods of analysis**. 18th ed. Arlington, VA: AOAC.
- Brown, E.C., R.A. DiSilvestro., S. Babaknia and T.A. Devor. 2004. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status **Nutrition Journal** 3(22): 1-5.
- Coffmann, C. and V. Garciaj. 1977. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science & Technology** 12: 473-484.
- Gennadios, A., C.L. Weller, M.A. Hanna. and G.W. Froning. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. **Journal of Food Science** 61(3): 585-589.
- Loveday, S.M., J.P. Hindmarsh, L.K. Creamer and H. Sing. 2010. Physicochemical changes in intermediate-moisture protein bars made with whey protein or calcium caseinate. **Food Research International** 43: 1321-1328.

- Maruyama, C., R. Araki, M. Kawamura, N. Kondo, M. Kigawa, Y. Takanami, K. Miyashita and T. Shimonmitsu. 2008. Azuki bean juice lowers serum triglyceride concentrations in healthy young women. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition** 43: 19-25.
- Ohnishi, M. and Y. Fujino. 1981. Chemical composition of ceramide and cerebroside in azuki bean seeds. **Agricultural and Biological Chemistry** 45: 1283-1284.
- Zhou, P., M. Guo, D. Liu, X. Liu and T.P. Labuza. 2013. Maillard-Reaction-Induced modification and aggregation of proteins and hardening of texture in protein bar model systems. **Journal of Food Science** 78(3): 437-444.

การเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำสำหรับใช้เป็นวัสดุปิดแผล
Preparation of Hydrogel from Deproteinized Natural Rubber Latex
for Use as Wound Dressing

อัจฉรา แกล้วกล้า^{1*} เอกวิทย์ ตรีเนตร¹ และไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน²
Achara Kleawkla^{1*}, Ekawit Threenet¹ and Pairote Wongputtisin²

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: achara_kleawkla@yahoo.co.uk

บทคัดย่อ

การผลิตวัสดุทางการแพทย์ที่มีน้ำยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ ต้องคำนึงถึงโปรตีนภูมิแพ้ที่อยู่ในน้ำยาง เนื่องจากก่อให้เกิดอาการแพ้ในผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำผสมแป้งข้าวเจ้า โดยใช้ N, N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) เป็นสารเชื่อมขวาง จากการศึกษาพบว่า ไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำผสมแป้งข้าวเจ้า เชื่อมขวางด้วย MBA มีการบวมตัว 144.50% และความสามารถในการดูดซับน้ำ 50.49% การวัดปริมาณโปรตีน พบว่าไฮโดรเจลที่เติมเอนไซม์โปรตีเอสมีปริมาณโปรตีน 70.41 มิลลิกรัมต่อกรัม มีค่าน้อยกว่าไฮโดรเจลที่ไม่เติมเอนไซม์โปรตีเอส 73.48 มิลลิกรัมต่อกรัม ในสารสกัดผสม 1% SDS กับ tris-HCl pH 6.8 สำหรับสารสกัด phosphate buffer saline pH 7.4 ที่เติมและไม่เติมเอนไซม์โปรตีเอสมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.74 และ 6.14 มก.ต่อกรัม ตามลำดับ ดังนั้นไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA ผสมกับแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 3% w/v อัตราส่วน 1:2 มีเปอร์เซ็นต์การบวมตัว ความสามารถในการดูดซับน้ำที่ดี และมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (11.5 มม. รัศมีการยับยั้งในการเจริญของเชื้อ) จึงสามารถพัฒนาเป็นวัสดุปิดแผลเพื่อใช้ในทางการแพทย์ต่อไป

คำสำคัญ: น้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ โปรตีนภูมิแพ้ โปรตีเอส ไฮโดรเจล วัสดุปิดแผล

Abstract

The exist of allergic proteins in natural rubber latex must be considered in the production of medical devices made of natural rubber latex as the main raw material. They are the major cause of allergenicity to the product users. The objective of this research was prepared hydrogels from deproteinized natural rubber latex with gelatinized rice flour using N, N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) as crosslinking agent. The result showed 144.50% swelling and 50.49% water content. Protein measurement showed 70.41 mg/g protein of hydrogel with protease less than

73.48 mg/g protein of hydrogel without protease in mixed extraction (1% SDS with tris-HCl pH 6.8). The extraction of phosphate buffer saline pH 7.4 in with and without protease showed 5.74 and 6.14 mg/g protein, respectively. Thus, hydrogel from deproteinized natural rubber latex crosslinking with MBA 3% w/v gelatinized rice flour (1:2) show the best in % swelling, % water content and efficiency of bacterial inhibition (11.5 mm in percent inhibition of radial growth) which it is suitable for wound dressing in medical application.

Keywords: deproteinized natural rubber latex, allergic proteins, protease, hydrogel, wound dressing

คำนำ

ไฮโดรเจลเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำที่มีโครงร่างตาข่ายสามมิติ สามารถดูดซับน้ำได้โดยไม่ละลายในน้ำ และมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น มีความยืดหยุ่นสูง มีความชอบน้ำสูง และดูดซับน้ำได้ดี จึงได้นำไฮโดรเจลมาประยุกต์ใช้ในงานทางการแพทย์ เช่น ระบบการส่งถ่ายยา โครงสร้างรองรับเซลล์ และวัสดุปิดแผล เป็นต้น ยางพาราหรือยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Hevea brasiliensis* ปัจจุบันพบว่าปัญหามูลค่ายางธรรมชาติของประเทศไทยมีราคาตกต่ำ เนื่องจากปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่ล้นตลาด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของยางธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่าของยางธรรมชาติให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ในกลุ่มวัสดุทางการแพทย์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เช่น ถุงมือผ่าตัด ถุงยางอนามัย และวัสดุปิดแผล โดยทั่วไปวัสดุปิดแผลจะเตรียมได้จากพอลิเมอร์สังเคราะห์ซึ่งทำให้มีราคาแพง ดังนั้นยางธรรมชาติจึงน่าจะเป็นทางเลือกของการนำมาใช้เป็นวัสดุปิดแผล โดยยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกลที่โดดเด่น เช่น สมบัติด้านความยืดหยุ่น การกระดอน และการทนทานต่อการฉีกขาด (สุวดี, 2556) แต่มีความสามารถในการดูดซับน้ำที่น้อยมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำเอายางธรรมชาติมาเตรียมเป็นไฮโดรเจล แนวทางการแก้ปัญหาทำได้โดยมีการเติมหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลจากแป้ง (Ward, 2011) และนอกจากนั้นยังต้องมีการกำจัดหรือลดโปรตีนภูมิแพ้ที่อยู่ในน้ำยางธรรมชาติ โดยการใช้เอนไซม์โปรตีเอสที่ผลิตจากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* MR10 ซึ่งสามารถกำจัดโปรตีนภูมิแพ้ชนิด Hev b1 (Rubber elongation factor) Hev b3 (Small rubber particle protein) และ Hev b5 (Acidic protein) ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญในยางธรรมชาติ (ชญาภา, 2559)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแป้งข้าวเจ้า ด้วยการเชื่อมขวางด้วย N, N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) นำไฮโดรเจลที่เตรียมได้ศึกษาคุณสมบัติการบวมตัวความสามารถในการดูดซับน้ำ การวัดปริมาณของโปรตีน และการทดสอบการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สำหรับนำมาพัฒนาเป็นวัสดุปิดแผลเพื่อใช้ในทางการแพทย์ต่อไป ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากงานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำยางธรรมชาติและลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อจุลินทรีย์

แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2. น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติชั้น (60% DRC) ซื้อมาจากบริษัท ไทยรับเบอร์ลาเทคคอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) จังหวัดชลบุรี

3. การเตรียมโปรตีนจากเชื้อ *Bacillus subtilis*

ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* ในอาหารเหลว Nutrient broth ปริมาณ 150 ml เลี้ยงบนเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 150 rpm อุณหภูมิ 37°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C. นำสารละลายส่วนใสไปตกตะกอนโปรตีนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต (85% saturation) ละลายตะกอนกลับในสารละลาย 0.05 M phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 15 ml แล้วทำการไดอะไลซิส (Dialysis) ที่ขนาด 12 kDa

4. การเตรียมน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ

น้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ เตรียมได้จากการนำน้ำยางชั้น 60% ผสมกับเอนไซม์โปรตีนเอส 1 มล. ต่อน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ 500 มล. นำไปบ่มบนไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 12 ชั่วโมง มีการกวนเป็นระยะ

5. การเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA

นำน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำมาทำการปรับสภาพความเป็น กรด-เบส ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ให้มีค่า pH ประมาณ 9 ถึง 10 และเติมสารลดแรงตึงผิวเพื่อป้องกันการเสียดสภาพของน้ำยางโดยใช้ Tween 80 ใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา (ดัง Table 1) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C. ค่อยๆ หยดสารเชื่อมขวาง MBA กวนด้วยความเร็ว 350 rpm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขึ้นรูปในแม่พิมพ์และอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างใน Dessicator ก่อนจะนำไปทำการศึกษาสมบัติต่อไป

Table 1 The formula of deproteinized natural rubber latex using N, N'-methylene-bis-acrylamide (MBA) as crosslinking agent

Compositions	Content (phr)*
deproteinized natural rubber latex	100
10% Potassium hydroxide (KOH)	5
Tween80	5
5% Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$)	1
2% N, N'-methylene-bis-acrylamide (MBA)	1

* phr ส่วนในร้อยส่วนโดยน้ำหนักของยาง

6. การเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA และแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์

เตรียมโดยการนำน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA เติมลงในสารละลายแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ 3-8% w/v ในอัตราส่วนน้ำยาง:แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 1:2 v/v กวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 350 rpm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขึ้นรูปในแม่พิมพ์และอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างใน Dessicator ก่อนจะนำไปทำการศึกษาสมบัติต่อไป

7. ศักยภาพต่างๆ ของไฮโดรเจล

นำตัวอย่างไฮโดรเจลที่เตรียมได้ โดยเติมและไม่เติมแป้งข้าวเจ้า หรือเติมและไม่เติมเอนไซม์โปรตีเอสมาทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูป การบวมตัว และความสามารถในการดูดซับน้ำ การวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified lowry assay ตามมาตรฐาน ASTM D5712-10 และการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (มีนรยา และคณะ, 2557)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การผลิตเอนไซม์โปรตีเอสและน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ

ในการทดลองครั้งนี้พบว่า เอนไซม์โปรตีเอสที่เตรียมได้จากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอมน้ำตาล เมื่อนำไปทำแห้งแบบเยือกแข็งจะได้ผงเอนไซม์ที่มีสีขาวคล้ำ เมื่อทำการบ่มน้ำยางธรรมชาติร่วมกับเอนไซม์โปรตีเอสภายใต้สภาวะที่กำหนดแล้วพบว่า น้ำยางธรรมชาติยังคงสภาพได้ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี โดยมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น ซึ่งน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการนี้เรียกว่า น้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ ใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นวัสดุปิดแผลในงานวิจัยนี้

2. ความสามารถในการขึ้นรูป

ความสามารถในการขึ้นรูปของไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA และแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ เมื่อผสมแป้งข้าวเจ้า 3-8% w/v ที่อัตราส่วนยางธรรมชาติโปรตีนต่ำต่อแป้งเจลาตินไนซ์ 1:2 v/v พบว่าลักษณะภายนอกของ แผ่นไฮโดรเจลเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้า 3-7% w/v สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ แผ่นฟิล์มมีลักษณะที่บาง และใส จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของแป้งเจลาตินไนซ์ จะส่งผลให้ฟิล์มมีลักษณะที่แตกต่างออกไป ที่ความเข้มข้นของแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ 3% w/v พบว่ามีลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ดี พื้นผิวของแผ่นไฮโดรเจลมีความสม่ำเสมอ เรียบเนียน ส่วนความเข้มข้นของแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ 8% w/v ขณะที่ทำการผสมน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแป้งเจลาตินไนซ์เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน จึงไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ลักษณะของการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มดัง Figure 1

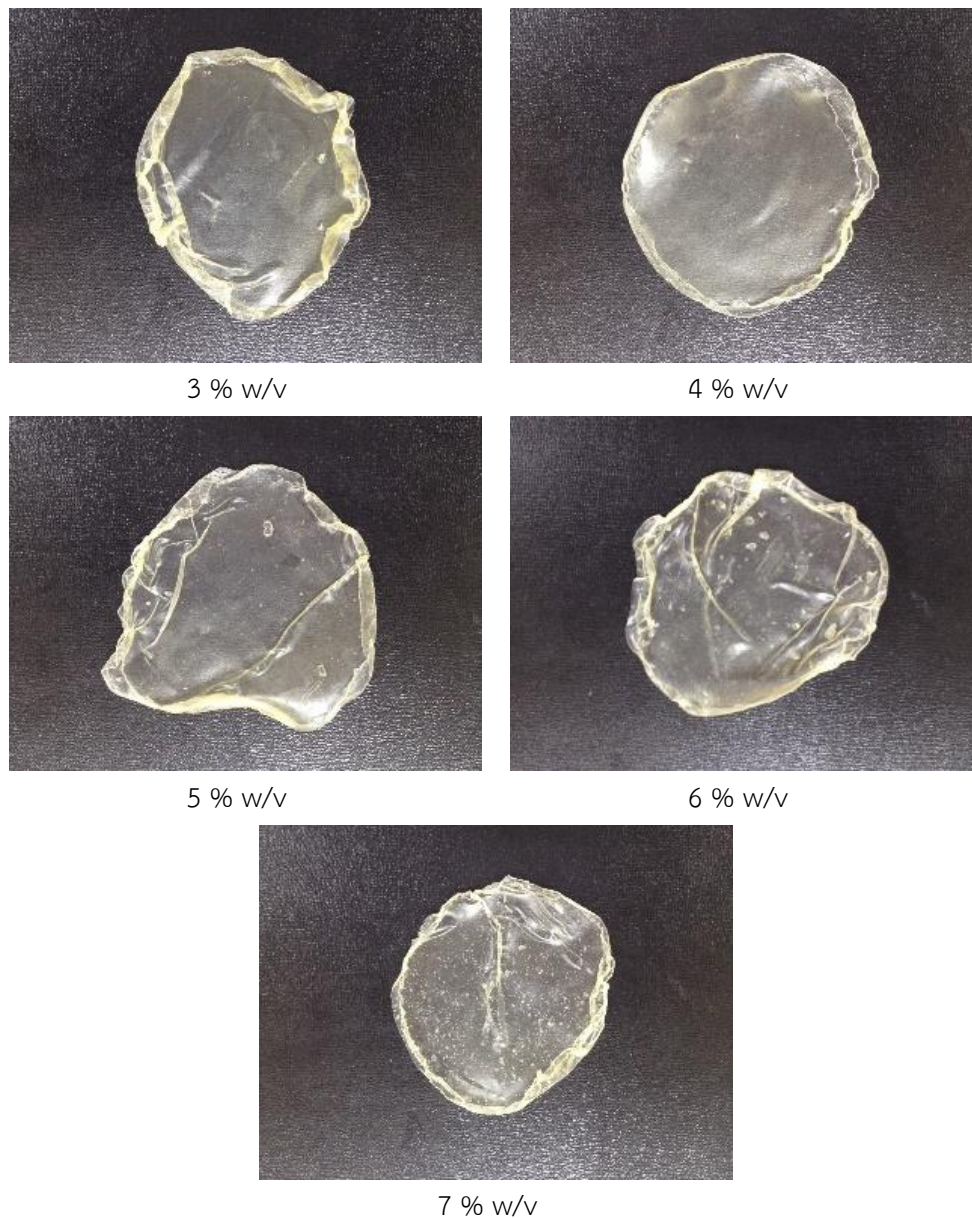


Figure 1 Hydrogel from deproteinized natural rubber latex crosslinking with MBA gelatinized rice flour 3-7% w/v

3. การทดสอบด้านต่างๆ ของไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ

3.1 คุณสมบัติการบวมตัว และความสามารถในการดูดซับน้ำ

การศึกษาการบวมตัว และความสามารถในการดูดซับน้ำถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุปิดแผล ในการช่วยรักษาความชุ่มชื้น และดูดซับของเหลวที่ไหลออกจากแผล (Exudates) ทำให้บาดแผลหายได้เร็วขึ้น ได้ทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแป้งข้าวเจ้าเจลาตินไนซ์ที่ 3% w/v ที่อัตราส่วนน้ำยาง: แป้งข้าวเจ้า 1:2 v/v และไม่มีการเติมแป้ง (อัตราส่วน 1:0) เพื่อนำมาศึกษาการบวมตัว และความสามารถในการดูดซับน้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าที่อัตราส่วน 1:2 v/v เวลา 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำสูงสุดเท่ากับ 144.50 และ 50.49% ตามลำดับ แต่เมื่อเวลามากกว่า 24 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถ

ในการดูดซับน้ำมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากแป้งหลุดออกจากโครงสร้างของไฮโดรเจลทำให้มีน้ำหนักรวมลดลง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงด้วย ส่วนที่อัตราส่วน 1:0 (ไม่มีการเติมแป้ง) พบว่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และที่เวลา 72 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำสูงสุดเท่ากับ 31.57 และ 23.99% ตามลำดับ

3.2 ผลการวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified lowry assay (มาตรฐาน ASTM D5712 – 10)

ผลการวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified lowry assay พบว่าไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ เชื่อมขวางด้วย MBA (ไม่เติมเอนไซม์โปรตีเอส; MBA-Control) และไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ เชื่อมขวางด้วย MBA (เติมเอนไซม์โปรตีเอส; MBA-MR10) สกัดด้วย PBS มีค่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 6.14 และ 5.74 มก. ต่อ กรัม ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยสารละลาย Tris-hydrochloride pH 6.8 ที่ผสมกับ 0.1% Sodium lauryl sulphate พบว่ามีค่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 73.48 และ 70.41 มก. ต่อ กรัม ตามลำดับ ดัง Figure 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเติมเอนไซม์โปรตีเอสในน้ำยางธรรมชาติส่งผลให้ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลง และยังพบว่าสารละลายสกัด THS มีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนได้ดีกว่า PBS ผลการทดลองนี้ยืนยันได้ว่า การเติมเอนไซม์โปรตีเอสในน้ำยางธรรมชาติสามารถกำจัดโปรตีนออกจากน้ำยางธรรมชาติได้ ซึ่งอาจรวมถึงโปรตีนภูมิแพ้ด้วย

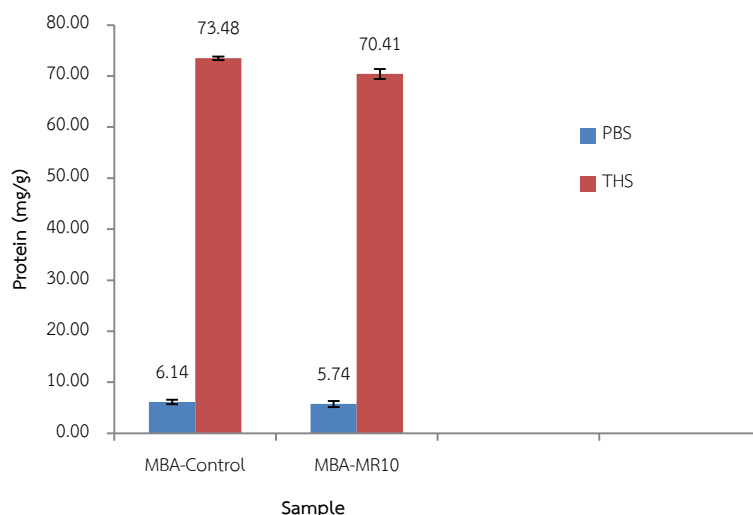
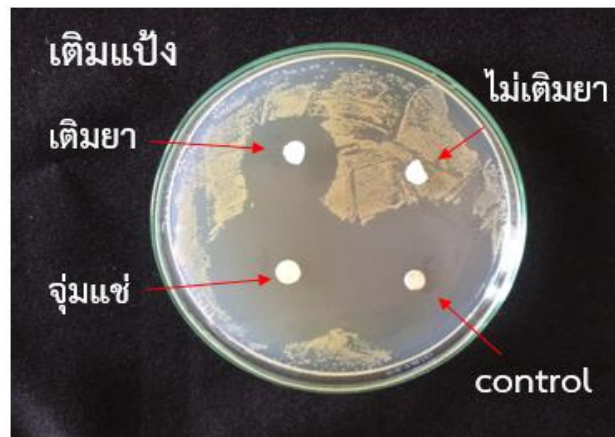


Figure 2 The soluble protein content of hydrogel extracted by phosphate buffer saline (PBS) pH 7.4 and tris-hydrochloride pH 6.8 mixed with 0.1 % Sodium lauryl sulphate (THS)

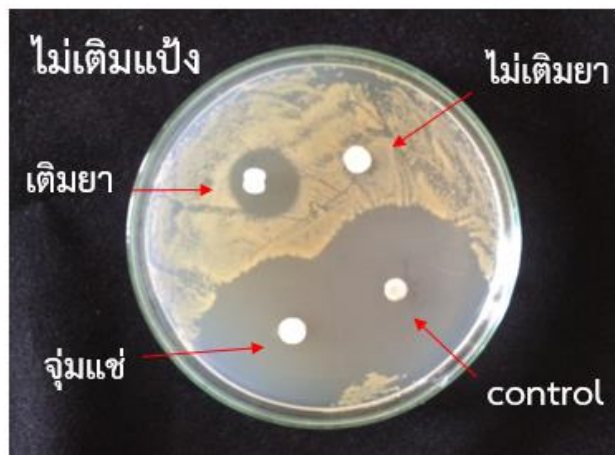
3.3 ผลการทดสอบการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ผลการทดสอบการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียถือว่ามีความสำคัญต่อกลไกของการรักษาบาดแผล ผลการศึกษาพบว่าไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาตินไนซ์ 3% w/v เชื่อมขวางด้วย MBA มีรัศมีการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ 11.5 มม. ซึ่งมีค่ามากกว่าไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ (ไม่เติมแป้ง) เชื่อมขวางด้วย MBA มีรัศมีการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ 5 มม. ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งมีคุณสมบัติการบวมตัว และความสามารถในการดูดซับน้ำที่ดี

จึงทำให้มีการดูดซับยาได้มากกว่าไฮโดรเจลที่ไม่เติมแป้ง แสดงให้เห็นว่าไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 3% w/v เชื่อมขวางด้วย MBA สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้กระดาษกรองจุ่มแซในยา (Control) พบว่ามีรัศมีการปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเท่ากัน ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียใช้ยาปฏิชีวนะไรแฟมพิซิน (Rifampicin) ที่ทางการแพทย์นำมาใช้ในการรักษาวัณโรค โรคเรื้อน โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ ทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนอาหารวุ้น ซึ่งเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบ และโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร การปลดปล่อยยาปฏิชีวนะในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ดัง figure 3



(a)



(b)

Figure 3 Clear zone of (a) hydrogel from deproteinized natural rubber latex crosslinking with MBA and gelatinized rice flour 3% w/v and (b) hydrogel from deproteinized natural rubber latex crosslinking with MBA

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าเอนไซม์โปรติเอสที่ผลิตได้จากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ไม่ทำให้น้ำยางธรรมชาติมีการเสียสภาพไปจากเดิม เมื่อศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA และแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนซ์ พบว่าที่ความเข้มข้นแป้งเจลาติไนซ์ 3% w/v ที่อัตราส่วนน้ำยาง:แป้งข้าวเจ้า 1:2 v/v ได้ไฮโดรเจลที่มีผิวเรียบเนียน สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีที่สุด ให้เปอร์เซ็นต์การบวมตัว และเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 144.50% และ 50.49% ตามลำดับ จากการใช้สารสกัด Tris-hydrochloride pH 6.8 ที่ผสมกับ 0.1% Sodium lauryl sulphate มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 73.48 และ 70.41 มก.ต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่า Phosphate buffer saline (PBS) pH 7.4 มีค่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 6.14 และ 5.74 มก.ต่อกรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า เอนไซม์โปรติเอสช่วยลดปริมาณโปรตีนจากน้ำยางธรรมชาติได้ และไฮโดรเจลจากน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำเชื่อมขวางด้วย MBA และแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 3% w/v อัตราส่วน 1:2 v/v สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี พ.ศ. 2561 และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้สนับสนุนด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชญานา นิมสุวรรณ. 2559. การแพ้โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ: วิธีการตรวจสอบและเทคโนโลยีการแก้ไข. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.rubbercenter.org/files//files/Journal_RDCTR12.pdf (5 กรกฎาคม 2561).
- มีนรยา สำแดงไชย วายุน กลางประพันธ์ ปวรรัตน์ พวงศิริ จตุพร ประทุมเทศ วริษฐา ศิลาอ่อน และอุษณา พัวเพิ่มพูลศิริ. 2557. การศึกษาการกักเก็บและปลดปล่อยยาเซฟาโซลินจากแผ่นไฮโดรเจลจากยางพาราและแป้งตัดแปร. **ว.เภสัชศาสตร์อีสาน 9**(ฉบับพิเศษ): 1-5.
- สุวดี ก้องพารากุล. 2556. เทคโนโลยีการตัดแปรยางธรรมชาติและการประยุกต์ใช้. **วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 41**(3): 567-581.
- Ward, M.A. 2011. Thermoresponsive polymers for biomedical applications. **Polymers 3**: 1215-1242.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- Sussman, G.L., D.H. Beezhold and V.P. Kurup. 2002. Allergens and natural rubber proteins. **J Allergy Clin Immunol 110**: 533-539.
- Nanti, S., P. Wongputtisin, C. Sakulsingharoj, A. Klongklaew and N. Chomsri. 2014. Removal of Allergenic protein in natural rubber latex using protease from *Bacillus* sp. **Food and Applied Bioscience Journal 2**(3): 216-223

การอบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล

Drying of Glutinous Rice Crackers Using Solar Energy with Biomass

ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ^{1*} และภคมน ปินตานา²

Patipat Thanompongchart^{1*} and Pakamon Pintana²

¹สาขาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000

²วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Energy Management, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand 53000

²School of renewable energy, Maejo University, Chiangmai, Thailand 50290

*Corresponding author: patipat.than@gmail.com

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตข้าวแต๋น เมื่อขึ้นรูปข้าวเหนียวแล้วต้องลดความชื้นข้าวแต๋นให้อยู่ในช่วง 8-10%db การลดความชื้นแบบทั่วไปใช้วิธีการตากแดด หรืออบแห้งด้วยเตาอบ ซึ่งมีผลต่อต้นทุน การดำเนินงานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมได้ยาก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงนำความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักและมีแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นพลังงานเสริมสำหรับการอบแห้งข้าวแต๋น โดยหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตั้งค่าการทำงานพัดลมดูดอากาศและเวลาในการจุดเตาชีวมวลของโดมอบแห้งนี้ด้วยการใช้เทคนิค DOE ผลการทดลองพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในโดม 35% เหมาะสำหรับการตั้งค่าการทำงานพัดลม ส่วนการจุดเตาชีวมวลสามารถจุดได้ตั้งแต่อุณหภูมิในโดมเริ่มลดลงเหลือ 35°ซ. คุณภาพข้าวแต๋นหลังอบวิเคราะห์ดังนี้ ผลการทดสอบสี L^* 60.58±0.35, a^* 0.92±0.04, b^* 17.24±0.29 อัตราการหดตัวหลังอบ 26.19±1.73% และอัตราการพองตัวหลังทอด 373.78±14.35% ทั้งนี้โดมอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวลนี้สามารถผลิตข้าวแต๋นครั้งละ 2,000 กก. ซึ่งจะใช้เวลาในการคืนทุนประมาณ 9 เดือน

คำสำคัญ: การอบแห้ง ชีวมวล โดมแสงอาทิตย์ การผลิตข้าวแต๋น

Abstract

In the process of glutinous rice crackers production, after molding sticky rice, the moisture content of molded glutinous rice crackers should be in the range 8-10%db. General methods to reduce moisture are using solar energy or oven. These affect the operating cost and the products quality is quite difficult to control. The purpose of this research is to employ solar heat as a primary energy source and the energy from biomass will be used as auxiliary energy for drying glutinous rice crackers. The optimum conditions for setting up the exhaust fan and the igniting of the biomass furnace are determined using the DOE technique. The results show that the suitable relative humidity level inside the dome for fan setting is 35% and the ignition of biomass furnace

can be started when the temperature inside the dome reduces to 35°C. The quality of glutinous rice crackers is analyzed as follows. The results of glutinous rice crackers color were given as $L^* 60.58 \pm 0.35$, $a^* 0.92 \pm 0.04$, $b^* 17.24 \pm 0.29$. The shrinkage ration is 26.19%, and the expansion ratio is 373.78%. Solar dome with biomass can produce the maximum amount of glutinous rice crackers of 2,000 kg at a time and the payback period is estimated to be 9 months.

Keywords: drying, biomass, solar dome, glutinous rice crackers production

คำนำ

ข้าวแต๋น คือ ข้าวเหนียวแห้งทอด ที่ริเริ่มผลิตขึ้นจากภูมิปัญญาชาวบ้านเกี่ยวกับการรักษาและถนอมอาหาร โดยการนำข้าวที่มาขึ้นรูปแล้วตากแดด เพื่อให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เมื่อต้องการรับประทานก็นำมาทอดให้สุก โดยเพิ่มรสชาติด้วยการราดด้วยน้ำอ้อย หรือปรุงรสอื่นๆ ซึ่งปัจจุบัน มีเป็นสินค้า OTOP ของจังหวัดลำปาง โดยได้รับการยอมรับทั้งจากผู้บริโภคในประเทศ และต่างประเทศ มีการส่งออก สร้างรายได้ต่อท้องถิ่นอย่างมาก ในประเทศไทย มีการผลิตข้าวแต๋นในหลายจังหวัด โดยในพื้นที่จังหวัดลำปางเอง มีผู้ผลิตข้าวแต๋น มากกว่า 50 ราย จ้างแรงงาน ท้องถิ่น กว่า 2,500 คน โดยในกระบวนการผลิตข้าวแต๋น (Figure 1) มีขั้นตอนการทำให้แห้ง ด้วยการตาก หรือ อบ ลดความชื้นข้าวแต๋นให้อยู่ในช่วง 8-10%db (Thanompongchart *et al.*, 2017) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการแปรรูป เมื่อข้าวเหนียวขึ้นรูปแล้ว หากไม่ทำให้แห้ง จะเกิดการเน่าเสียได้



Figure 1 Glutinous rice crackers production process

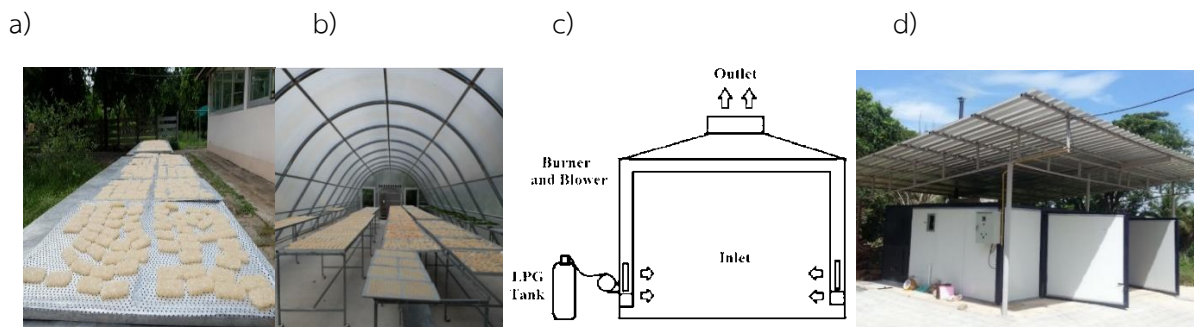


Figure 2 Glutinous rice crackers dryer (Thanompongchart et al., 2016)

ทั้งนี้รูปแบบการอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมข้าวแต๋นมี 4 รูปแบบคือ การตากข้าวแต๋นด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง (Figure 2a) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ รูปแบบที่สองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ที่มีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 20 เมตร การทำแห้ง 160 ตร.ม. ซึ่งประยุกต์ใช้จากงานวิจัยของ Janjai (2012) (Figure 2b) ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตที่สะอาดขึ้นเนื่องจากโดมช่วยป้องกันฝุ่นละอองได้ ต่อมาคือรูปแบบห้องอบแห้งที่พัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาการอบแห้งในฤดูกาลที่ไม่มีแสงอาทิตย์ โดยใช้ก๊าซไอเสียร้อนจากการเผาไหม้ก๊าซหุงต้ม (Figure 2c) โดยผลผลิตข้าวแต๋นแห้งที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 3 รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เพียงแต่การอบแห้งด้วยก๊าซเผาไหม้โดยตรงจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นแห้งแตกต่างจากการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงและแบบโดม ดังบทความวิจัยของ Thanompongchart *et al.* (2016) และรูปแบบสุดท้ายคือ การอบแห้งด้วยระบบการให้ความร้อนแบบหมุนวนโดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง (Figure 2d) สามารถอบแห้งข้าวแต๋นได้ อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการตากแดดโดยตรงและเป็นการลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการดำเนินงานได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลมร้อนที่นำมาให้ความร้อนภายในห้องอบได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงทำให้หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากก๊าซไอเสียโดยตรงของผลิตภัณฑ์ด้วย Pintana *et al.* (2016) แต่ด้วยขนาดกำลังการผลิตที่ยังไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และการใช้รูปแบบการอบแห้งแบบใดแบบหนึ่งทำให้เสียเนื้อที่ในการสร้างและผลมีความคุ้มค่าในการลงทุนน้อยเกินไป เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานทดแทนได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด จึงเกิดงานวิจัยโดมอบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้แหล่งความร้อนแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และชีวมวล โดยงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากระบวนการอบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้พลังงานทดแทน แทนการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้ม อีกทั้งยังควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อลดการเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

โดมอบแห้งข้าวแต๋น

โดมขนาด 8x20 ตร.ม. ทำจากโครงสร้างเหล็กกลมตัดขึ้นรูปโค้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. วางระยะห่างช่วงละ 2 เมตร บุผนังด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต หนา 1 ซม. ติดตั้งโบลเวอร์เพื่อจ่ายลมทางด้านข้างของโดมขนาด 30x30 ตร.ซม. ยาว 18 เมตร และมีการเจาะช่องจ่ายลมช่วงละ 50 ซม.ตลอดความยาวท่อ โดยมีขนาด 10x6 ตร.ซม. ยกสูงจากพื้น 30 ซม. เพื่อให้ง่ายสำหรับการทำความสะอาด ช่องจากอัตราการจ่ายลมของโบลเวอร์และการสูญเสียในท่อเพื่อให้มีลมออกทุกช่องสม่ำเสมอ อยู่ที่ประมาณ 2-3 เมตรต่อวินาที ใช้โบลเวอร์ขนาด 1 แรงม้า จำนวน 2

ตัวติดตั้งบริเวณด้านข้างของโดมด้านนอก เพื่อดูดลมร้อนออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พัฒนาระบายความร้อน จำนวน 2 ชุด ในการระบายความร้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. (Figure 3)



Figure 3 Solar dome with heat exchanger using biomass energy

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสร้างจากอิฐทนไฟติดตั้งอยู่บนโครงสร้างเหล็กและบุฉนวนโดยมีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแหล่งให้ความร้อนภายในโดมซึ่งจะมีโบลเวอร์ดูดความร้อนจากท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดจากการไหลผ่านของไอเสียจากเตาเผาชีวมวลไปสู่ห้องอบแห้งต่อไปและก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ชีวมวลจะไหลออกทางปล่องควันด้านบนซึ่งจะมีระบบปั๊มลมขับเคลื่อนก๊าซไอเสียไม่ให้ไหลย้อนกลับลงสู่ด้านล่างหรือย้อนบริเวณหน้าเตา (Figure 3)

การออกแบบการทดลอง DOE (Design of Experiment)

เป็นเทคนิคการออกแบบการทดลองที่ใช้หลักการสถิติโดยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้การใช้วิธีออกแบบการทดลองนี้จะช่วยลดจำนวนการทดลองลงแต่ยังคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือทางสถิติใช้ Central composite design ในการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับตั้งค่าการทำงานพัฒนาดูดอากาศโดยอ้างอิงความชื้นในโดม กำหนดเป็นค่าความชื้นขั้นต่ำที่พัฒมทำงาน และเวลาในการจุดเตาชีวมวลของโดมอบแห้งนี้ด้วยการใช้เทคนิค ทั้งนี้เป็นการศึกษา 2 ตัวแปร ซึ่งกำหนดดัง Table 1 ทั้งนี้ในการทดลองใช้ข้าวแต๋นขึ้นรูปเป็นสี่เหลี่ยม ปริมาตรโดยประมาณ 12 ลบ.ซม.

Table 1 Experimental design by DOE technique

No.	Code 1	Code 2	RH (%)	Temperature (°C)
1	-1	-1	25	35
2	-1	0	25	40
3	-1	1	25	45
4	0	-1	30	35
5	0	0	30	40
6	0	0	30	40
7	0	0	30	40
8	0	0	30	40
9	0	0	30	40
10	0	1	30	45
11	1	-1	35	35
12	1	0	35	40
13	1	1	35	45

การวิเคราะห์คุณภาพข้าวแค้นหลังอบ

วิเคราะห์สีของข้าวแค้น ใช้เครื่อง Hunter lab รุ่น Color Flex วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบสีของข้าวแค้นในรูปของค่า L^* a^* b^* ซึ่งเป็นระบบบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่างจากค่า $+L^*$ แสดงถึงแสงสีขาวไปจนถึง $-L^*$ ที่เป็นแสงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากสีเขียว $-a^*$ ไปจนถึงสีแดง $+a^*$ ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีน้ำเงิน $-b^*$ ไปเหลือง $+b^*$ (จารูวรรณ และคณะ, 2550; และจารูวัฒน์ 2555) การหาอัตราการหดตัวของข้าวแค้นหลังการอบแห้ง และอัตราการพองตัวหลังทอด โดยลักษณะตัวอย่างของข้าวแค้น หลังอบแห้ง โดยใช้การวัดผลิตภัณฑ์ด้วยเวอร์เนีย คำนวณเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ตัวแปรชีวิตที่สำคัญในการลงทุนสร้างและใช้ถ้ำเครื่องอบแห้งมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้น เครื่องอบแห้งนั้นยังมีความน่าใช้งานสูง สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้จาก ต้นทุนคงที่หารด้วยรายรับสุทธิที่ได้จากการลงทุน (อนิรุทธิ์ 2556) โดยต้นทุนคงที่ หมายถึง ต้นทุนที่ไม่ขึ้นกับจำนวนหน่วยที่ผลิต ส่วนรายรับสุทธิที่ได้จากการลงทุน หมายถึง รายรับที่หักลบด้วยต้นทุนผันแปรที่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต โดยถ้ำผลิตมากรายรับก็จะมากแต่ก็จะเสียต้นทุนผันแปรมาก ถ้าทำการผลิตน้อยจะมีรายรับน้อยแต่ก็เสียต้นทุนประเภทนี้น้อย

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ต้นทุนคงที่} / \text{ต้นทุนผันแปร}$$

โดยที่ ต้นทุนคงที่ หมายถึง ต้นทุนที่ไม่ขึ้นกับจำนวนหน่วยที่ผลิต
 ต้นทุนผันแปร หมายถึง ต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต ดังนั้นถ้าผลิตมากก็จะเสียต้นทุน
 ประเภทนี้มาก ถ้าทำการผลิตน้อยจะเสียต้นทุนประเภทนี้น้อย เช่นค่าแรงทางตรง ค่าวัสดุคิบ ค่าการตลาด เป็นต้น

ผลการวิจัย

ผลการทดลองทั้ง 13 การทดลอง มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน (Figure 4) โดยช่วงเวลาเริ่มทดสอบ
 ความชื้นของข้าวแต้นอยู่ประมาณ 75-85%db โดยการลดความชื้นให้อยู่ในช่วงที่ต้องการคือ ไม่เกิน 10%db ใช้เวลา
 ขั้นต่ำ 16 ชั่วโมง สภาวะความชื้นขั้นต่ำที่ให้พัฒมทำงาน และอุณหภูมิขั้นต่ำที่ใช้กำหนดเวลาในการจุดเตาชีวมวลของ
 โดมอบที่เหมาะสมที่สุด คือ สภาวะที่ 11 คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 35% ให้พัฒมจุดอากาศหยุดทำงาน และอุณหภูมิ
 ภายในโดม 35°ซ. จึงเริ่มทำการจุดเตาชีวมวล

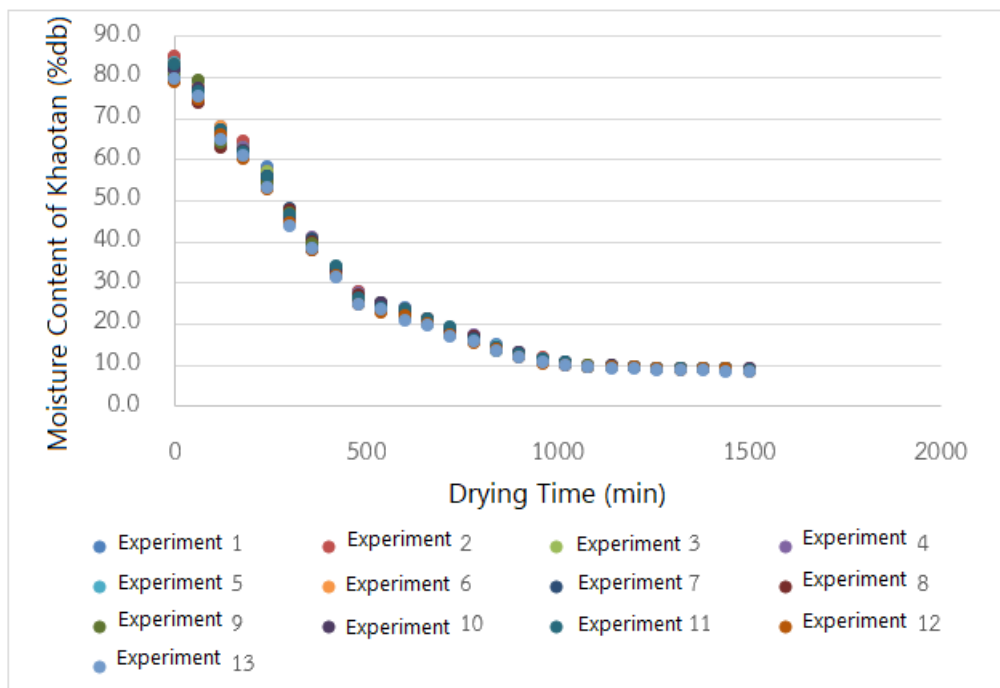


Figure 4 Moisture of 13 experimentations

การพิจารณาค่าสีของข้าวแต้นที่ได้จากการทดลอง (Table 2) ด้วยระบบ CIE ค่าสี L^* , a^* , b^* พบว่าข้าวแต้น
 ที่ได้จากการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่า L^* ของข้าวแต้นหลังอบแห้ง อยู่ในช่วง 60.03-61.12 ค่า a^* อยู่ในช่วง
 0.86-0.99 และค่า b^* อยู่ในช่วง 16.88-17.93 หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย $L^*60.58\pm0.35$, $a^* 0.92\pm0.04$, $b^* 17.24\pm0.29$
 ผลการทำสอบอัตราการหดตัวเมื่อความชื้นลดลง และการพองตัวเมื่อนำข้าวแต้นแห้งไปทอดนั้น พบว่าอยู่ในช่วง
 22-29% และ 345-396% หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย 26.19±1.73% และ 373.78±14.35% ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าคุณสมบัติ
 ดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับมาตรฐานที่ทางผู้ประกอบการดำเนินการปกติ (Thanompongchart *et al.*, 2016)

Table 2 Results of glutinous rice crackers analysis

No.	Color			shrinkage ration	expansion ratio
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	%	%
1	60.03	0.95	17.22	26.61	395.65
2	61.12	0.97	16.99	28.45	381.48
3	60.33	0.90	17.02	28.39	378.17
4	60.85	0.98	17.56	26.56	380.25
5	60.41	0.89	17.41	26.78	352.98
6	60.94	0.91	17.23	22.82	368.78
7	61.01	0.92	16.88	25.36	366.78
8	60.12	0.86	17.02	23.38	378.52
9	60.76	0.93	17.54	24.58	345.25
10	60.54	0.94	17.93	27.78	368.97
11	60.38	0.90	17.16	25.38	377.45
12	60.89	0.87	17.18	26.63	365.78
13	60.11	0.99	16.98	27.80	398.96

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน คิดเปรียบเทียบกับการใช้งานชีวมวลทดแทนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม ที่โดมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 20 เมตร ซึ่งปกติจะใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มโดยปกติ 1 ถึง ขนาด 48 กก. คิดเป็นเงิน 960 บาท ค่าไฟฟ้า คิดจากการเปิดพัดลมเบอร์เวอร์ 0.5 แรงม้า จำนวน 3 เครื่อง ใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นค่าไฟฟ้าจากการตรวจวัดได้ประมาณ 10 kwh คิดเป็นเงิน 50 บาท รวมค่าใช้จ่าย 1,010 บาท ดังนั้นต้นทุนด้านพลังงานจากรูปแบบการใช้โดมพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมชีวมวลนี้ จะช่วยประหยัด 845 บาท ต่อรอบการผลิต 1 ครั้ง (2,000 กก.) โดยมีต้นทุนในการติดตั้งระบบเตาชีวมวลและท่อกระจายลมร้อนเพิ่มเติมประมาณ 200,000 บาท เมื่อวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของระบบส่วนนี้ หากผลิตข้าวแตนได้วันละ 2,000 กก. จะใช้เวลาในการคืนทุน คือ 250 วัน หรือประมาณ 9 เดือน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นทั้ง 2 คือ สภาวะความชื้นขั้นต่ำที่ให้พัดลมทำงาน และอุณหภูมิขั้นต่ำที่ใช้กำหนดเวลาในการจุดเตาชีวมวล จะพบว่าส่งผลต่ออัตราการลดลงของตัวแปรตามคือค่าความชื้น แตกต่างกันไปเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการพิจารณาค่าการกินไฟ แม้จะตั้งค่าขั้นต่ำของความชื้นสำหรับการปิดพัดลมระบายความชื้นไว้ต่ำสุด คือ 25% ซึ่งหมายความว่าส่งผลให้พัดลมระบายความชื้นทำงานยาวนานกว่าการทดลองอื่น เช่นเดียวกับการตั้งค่าอุณหภูมิในการจุดเตาชีวมวลของตัวแปรที่ 2 จะพบว่า แม้ว่าจะตั้งอุณหภูมิไว้สูงสุด คือ 45^oซ. ซึ่งหมายความว่า

ว่าจะเป็นการจุดเตาชีวมวลเร็วกว่าการทดลองอื่น ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้การเติมฟืนมีข้อจำกัด คือ แรงงานคนเติมฟืน จะทำการเติมฟืนถึงช่วงเวลาไม่เกิน 21.00 น.

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองอบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล เพื่อหาสภาวะใช้งานที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวแต๋นให้ได้คุณภาพตามต้องการคือ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโดม 35% ให้พัดลมดูดอากาศหยุดทำงานและอุณหภูมิภายในโดม 35 องศาเซลเซียสจึงเริ่มทำการจุดเตาชีวมวล เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของข้าวแต๋นด้วยระบบ CIE พบว่าค่า L^* ของข้าวแต๋นหลังอบแห้ง อยู่ในช่วง 60.03-61.12 ค่า a^* อยู่ในช่วง 0.86-0.99 และค่า b^* อยู่ในช่วง 16.88-17.93 ผลการทำสอบอัตราการหดตัวเมื่อความชื้นลดลง และการพองตัวเมื่อนำข้าวแต๋นแห้งไปทอดนั้น พบว่าอยู่ในช่วง 22-29% และ 345-396% ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าคุณสมบัติดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับมาตรฐานที่ทางผู้ประกอบการดำเนินการปกติ เมื่อวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของระบบส่วนนี้ หากผลิตข้าวแต๋นได้วันละ 2,000 กก. จะใช้เวลาในการคืนทุน คือ 250 วัน หรือประมาณ 9 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (Co-research) หจก.ข้าวแต๋นทวีพรรณ ลำปาง และผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุนให้ทุน ให้ข้อมูล ทำให้งานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ กุลวิศวะ สมเกียรติ ปรัชญาวรรณกร และสมชาติ โสภณธณฤทธิ. 2550. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสารระเหยง่าย และคุณภาพทางกายภาพในกล้วยแผ่น. ใน การประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อม และวัสดุ ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จารุวัฒน์ เจริญจิต. 2555. เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์และแนวทางการพัฒนา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 17(1): 110-124.
- อนิรุทธิ์ ต่ายขาว. 2556. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งกระดาษสา พลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(1): 5964.
- Janjai, S. 2012. A greenhouse type solar dryer for small scale dried food industries: development and dissemination. *International Journal of Energy and Environment* 3: 383-398.
- Pintana P., P. Thanompongchart, K. Phimphilai and N. Tippayawong. 2016. Combined effect of air temperature and velocity on drying of Thai rice cracker. *KKU Engineering Journal* 43(S2): 244-246.
- Thanompongchart P., P. Pintana, K. Phimphilai and N. Tippayawong. 2016. Effect of drying methods on property of Thai rice cracker. *KKU Engineering Journal* 43(S3): 459-461.
- Thanompongchart, P., P. Pintana, K. Phimphilai and N. Tippayawong. 2017. Utilization of biomass energy in drying of glutinous rice crackers. *Energy Procedia*. 138: 331-336.

การออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาธู

The Design and Invention of Dry Spinning Machine to Reduce Time for Drying Sago Starch

เสริมศักดิ์ เกิดวัน* และพนม อินทฤทธิ์

Somsak Kerdwan* and Panom Intarit

สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110
Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya
Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: sermsak.k@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยการออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาธู มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องปั่นแป้งสาธู เพื่อลดเวลาในการตากแป้ง และป้องกันการเจ็บของแมลงหรือฝุ่นละอองจากการตากแป้งเป็นเวลานาน โดยอาศัยหลักการหมุนของถังด้วยความเร็วเพื่อสลัดน้ำออกจากเนื้อแป้งสาธู เครื่องปั่นแป้งสาธู สร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมประกอบด้วย โครงสร้างทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. สูง 65 ซม. ถังปั่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. สูง 25 ซม. มีมอเตอร์ปั่นแห้ง ขนาด 90 วัตต์ เป็นต้น กำลังและควบคุมการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ

การทดสอบหาประสิทธิภาพ โดยใช้แป้งสาธูเปียก จำนวน 5 กก. ปั่นด้วยเวลาที่แตกต่างกันแล้วนำแป้งมาทำเป็นเม็ดให้มีลักษณะและขนาดตามต้องการ ผลปรากฏว่าเวลาที่ใช้ในการปั่นด้วยเครื่องที่เหมาะสมที่สุด คือ ใช้เวลา 10 นาที ได้แป้งที่มีลักษณะความชื้นที่เหมาะสมสามารถนำไปผลิตแป้งสาธูแบบเม็ดได้ทันที ถ้าต้องการทำแป้งแบบผงก็นำแป้งไปตากแดดอีกประมาณ 8 ชั่วโมง ก็จะได้แป้งสาธูแบบผงพร้อมนำไปจำหน่ายหรือแปรรูปเป็นขนมชนิดต่างๆ ตามต้องการ โดยสามารถลดเวลาจากการตากแป้งได้ 8 ชั่วโมง หรือครึ่งหนึ่งของการตากตามปกติแบบเดิม จากผลการทดสอบจึงสรุปได้ว่า การออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาธู มีประสิทธิภาพสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ และช่วยส่งเสริมการผลิตแป้งสาธูของชุมชนได้

คำสำคัญ: เครื่องปั่นแป้งสาธู แป้งสาธู

Abstract

Research on the design of a spinning dryer for sago starch is used to reduce the drying time. The objectives of the design and development of dry spinning machine to reduce time for drying sago starch and to prevent the contamination of insects or dust from drying for a long time by based on the principle of the rotation tank to shake the water from the pulp of the sago. The machine is made of stainless steel. The Spherical structure has diameter 40 cm, height 65 cm, the

tank rotation has 25 cm of diameter, height 25 cm diameter. The 90 watts of motor is the power to spin and control is automatic

The result of performance testing, using 5 kg of wet sago starch spin at the different time to making the Sago granules into the desired size. The result shows that, the most suitable time to spin is 10 minutes can get the suitable moisture sago starch can be standard produced Sago granules. If you want to make flour sago starch, it will take about 8 hours to dry the sago starch, and ready to be sold or processed as a variety of desserts as needed. This machine can reduce the drying time for 8 hours or half of the normal drying. From the results, it can be concluded that the design of the drying machine can reduce the time for dry the sago starch and the effectiveness match the objectives and help the community to the production of sago starch.

Keywords: spinning machine for sago starch, sago starch

คำนำ

จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่แหล่งป่าสาकुกระจายอยู่ทั่วทั้งจังหวัด โดยเฉพาะพื้นที่ อำเภอเมือง อำเภอ ร่อนพิบูลย์ อำเภอชะอวด และอำเภอทุ่งสง ชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ป่าสาकुได้สร้างอาชีพ สร้างรายได้จากป่าสาकुในหลายๆ ลักษณะ เช่น ทำตับจากมุงหลังคาจากใบสาकु การเลี้ยงด้วงสาकु การผลิตแป้งสาकु เป็นต้น การใช้ประโยชน์จากป่าสาकु ชุมชนได้นำนโยบายเศรษฐกิจชุมชนมาสร้างรายได้เสริมให้กับชาวบ้านเป็นการส่งเสริมเรื่องของการผลิต การบริโภค และการแลกเปลี่ยนผลผลิตของครอบครัวต่างๆ ที่อยู่ในชุมชนเดียวกัน โดยให้คนในชุมชนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา พื้นฐานทางเศรษฐกิจของชุมชน คือ ให้มีส่วนร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมรับผลประโยชน์บนรากฐานที่มีอยู่ เป็นการพัฒนา ซีดความสามารถของครอบครัวและชุมชน จากการสร้างกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้พึ่งตนเองได้



Figure 1 Dried sago starch grain

สาคุนับว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนในชนบท เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้ง ต้นลำต้นของสาคุ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญนำมาผลิตเป็นแป้ง สาคุสามารถใช้เป็นส่วนผสมประกอบอาหารคาวหวาน ได้หลายชนิด กลุ่มแปรรูปแป้งสาคุบ้านกะโสมจัดตั้งกลุ่มขึ้นมา เพื่อนำต้นสาคุจากบริเวณชุมชนมาผลิตแป้งสาคุ

เพื่อจำหน่ายสร้างรายได้ให้กับครอบครัว แบ่งที่จำหน่ายมี 2 แบบ คือ แบบเม็ดและแบบผง ผู้บริโภคก็จะเลือกซื้อตามความต้องการว่าจะนำไปทำอาหารหรือขนมชนิดใด

กระบวนการผลิตแป้งสาคุของชาวบ้านมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยากโดยอาศัยพลังงานตามธรรมชาติโดยการนำแป้งเปียกมาตากแดดให้แห้ง ใช้เวลาตากประมาณ 3 วัน หรือภาษาชาวบ้านเรียกว่า 3 แดด และบรรจุใส่ถุงพร้อมจำหน่ายเป็นแป้งสาคุแบบผง หรือตากแดดประมาณ 1 วัน แล้วนำมาร่อนเป็นเม็ด แล้วนำไปตากแดดต่อจนแห้ง ก็จะได้แป้งสาคุแบบเม็ด ขั้นตอนการตากแดดแป้งสาคุให้แห้งก่อนบรรจุถุงออกจำหน่ายยังไม่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ใดที่จะช่วยทำให้แป้งสาคุแห้งได้อย่างรวดเร็วเพื่อให้ชาวบ้านกลุ่มแปรรูปแป้งสาคุได้นำมาใช้งาน ส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนการตากแป้งสาคุให้แห้งดังนี้

1. ทำให้ต้องเสียเวลาในการตากแป้งให้แห้งซึ่งต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 20-24 ชั่วโมง (2-3 วัน) หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ
2. มีการบูดเปรี้ยวของเนื้อแป้งสาคุ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ มีฝนตกชุก
3. การตากนานๆ อาจทำให้แป้งสาคุมีสิ่งแปลกปลอมมาเจือปนได้ เช่น ฝุ่นละอองในอากาศ
4. เกษตรกรมีความกังวลเรื่องความสะอาดจากแมลงตัวเล็กๆ ที่มาเกาะหรือมาตอมแป้ง เช่น แมลงวัน
5. เครื่องมือที่จะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาที่ยังไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด



Figure 2 Sago starch producer at Kasom

ในปัจจุบันกลุ่มชาวบ้านกลุ่มแปรรูปแป้งสาคุบ้านกะโสม อยู่ในพื้นที่เป้าหมายที่ได้รับการช่วยเหลือ และสนับสนุนจากคณะวิจัยจากสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้สร้างเครื่องผลิตแป้งสาคุให้ชาวบ้านได้นำมาใช้งานทดแทนวิธีการเดิมที่ยังล้าสมัยและต้องใช้เวลาานาน แต่เครื่องผลิตแป้งสาคุที่สร้างขึ้นมานั้น มีประสิทธิภาพในการผลิตแป้งสาคุที่มีลักษณะเป็นแป้งเปียกเท่านั้น ส่วนการทำให้เป็นแป้งแห้งสำเร็จรูปเกษตรกรยังต้องอาศัยแสงแดดในการตากแป้งเหมือนเดิม



Figure 3 Drying of sago starch

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบ พัฒนาและสร้างเครื่องปั่นแป้งสาคุ เพื่อลดระยะเวลาในการผลิต ลดการสูญเสียจากการบดเปรี๊ยะ ลดความชื้นของแป้งก่อนนำไปตากแดด รักษาความสะอาด รักษาคุณภาพและรสชาติของแป้งสาคุผลิตแป้งให้ทันความต้องการของลูกค้าในแต่ละครั้ง โดยการออกแบบเครื่องให้มีลักษณะการทำงานคล้ายกับถังปั่นในเครื่องซักผ้า เพื่อปั่นสลัดน้ำออกจากเนื้อแป้ง การปั่นทำให้สามารถลดความชื้นในแป้งกระจายได้ทั่วถึง แป้งจะมีลักษณะร่วนไม่จับตัวกันเป็นก้อนเหมือนกับการตากแดดทั่วไป และจะออกแบบเครื่องให้มีประสิทธิภาพในการลดความชื้นในแป้งให้พอเหมาะสามารถนำไปร่อนทำเม็ดแป้งสาคุได้ทันทีหลังจากการปั่นแห้งด้วยเครื่อง และหากนำไปตากแดดต่อก็ไม่เกิน 8-10 ชั่วโมง (1 วัน) เพื่อให้ได้แป้งพร้อมจำหน่ายให้ลูกค้า



Figure 4 Gliding of sago starch

เครื่องปั่นแป้งสาคุ ยังไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แต่สามารถออกแบบสร้างได้ง่าย ราคาถูก ใช้งานง่าย บำรุงรักษาง่าย ประหยัดพลังงาน ช่วยลดค่าใช้จ่ายเพราะถ้าสั่งจ้างทำอาจมีราคาแพงเพราะใช้วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม และที่สำคัญเป็นการออกแบบและพัฒนาเพื่อให้ชาวบ้านกลุ่มแปรรูปแป้งสาคุบ้านกะโสมใต้ใช้งานเพื่อผลิตแป้งสาคุเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น สร้างรายได้ให้กับชุมชน สร้างความเข้มแข็งทางด้านเศรษฐกิจในครอบครัว และสอดคล้องกับนโยบายและพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาคือ พัฒนาส่งเสริมการจัดการเรียนการสอน การวิจัย การบริการชุมชน สร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรมสู่การผลิตและการบริการที่สามารถถ่ายทอดและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ประเทศ และให้บริการวิชาการแก่สังคมที่มีแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อการมีอาชีพ อิสระและพัฒนาอาชีพ

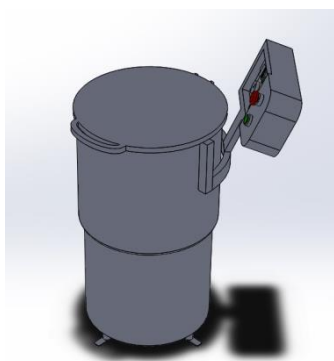
อุปกรณ์และวิธีการ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาคุ มีความสำคัญสำหรับการสร้างเครื่อง สามารถแบ่งได้ดังนี้

- 1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสาคุ รายละเอียดที่ศึกษา คือ ความหมายของสาคุ ถิ่นกำเนิดป่าสาคุ สาคุในประเทศไทย ประโยชน์ของสาคุ การผลิตแป้งสาคุ คุณค่าด้านเศรษฐกิจของสาคุ (พนม, 2550)
- 2) หลักการออกแบบ การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่างพื้นฐานทางด้านการคำนวณ และหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกล (วัลลภ, 2549)
- 3) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเหล็กกล้าไร้สนิม ศึกษาประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิมให้เหมาะสมกับการใช้งาน ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล ศึกษาเกรดของเหล็กกล้าไร้สนิมรวมไปถึงการศึกษาประโยชน์และการทำความสะอาดเหล็กกล้าไร้สนิม (บรรเลง และสมนึก, 2554)
- 4) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการยศาสตร์ หลักการทำงานทางกายศาสตร์ ต้องคำนึงถึงการออกแบบเครื่องมือและการจัดสภาพแวดล้อมการทำงานเป็นเรื่องที่สำคัญ (กิตติ, 2559)
- 5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทบทวนวรรณกรรมหรือศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบสร้างเครื่องปั่นแป้งสาคุ

การออกแบบเครื่องปั่นแป้งสาคุประกอบด้วยโครงสร้างทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. สูง 65 ซม. ถังปั่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. สูง 25 ซม. มีมอเตอร์ปั่นแห้ง ขนาด 90 วัตต์ เป็นต้นกำลัง และควบคุมการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ



A. Model of spinning for sago starch B. Spinning for sago machine created from researchers

Figure 5 The design and invention of spinning for sago starch

การดำเนินการสร้างเครื่องปั่นแป้งสาคุ โดยสร้างด้วยโลหะแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ถึงโครงสร้างอยู่ภายนอก ภายนอกเป็นถังปั่นและกรอง กันถังมีแกนเพื่อเชื่อมต่อกับมอเตอร์ต้นกำลัง

ผลการวิจัย

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องปั่นแป้งสาคุ จะใช้แป้งสาคุที่มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ปริมาณครั้งละ 5 กก. ปั่นด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันจากน้อยไปหามากเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการปั่นให้แป้งสาคุมีความชื้นที่เหมาะสมสามารถนำมาทำเป็นเม็ดที่มีขนาดและลักษณะตามที่ต้องการหรือนำตากแดดอีกประมาณ 8 ชั่วโมง เพื่อจำหน่ายในรูปแบบแป้งสาคุแบบผง





Table 1 Testing for spinning machine of sago starch

No.	Time (minutes)	Flour Received (kilograms)	Water Lost (kilograms)	Percentage of Flour Received (%)	Percentage of Water Lost (%)
1	6	4.35	0.65	87	13
2	8	4.25	0.75	85	15
3	10	4.20	0.80	84	16
4	12	4.00	1.00	80	20

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องปั่นแป้งสาคุ จะใช้แป้งสาคุที่มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ปริมาณครั้งละ 5 กก. ปั่นด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันจากน้อยไปหามาก คือ 6, 8, 10 และ 12 นาที ปรากฏว่าเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการปั่นให้แป้งสาคุมีความชื้นที่เหมาะสมสามารถนำมาทำเป็นเม็ดที่มีขนาดและลักษณะตามที่ต้องการคือ 10 นาที ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 16%

นำแป้งออกจากเครื่องแล้วให้นำไปทำเม็ดแป้งด้วยวิธีการร่อนด้วยกะละมัง (ตามแบบของชุมชน) ใช้แป้งสาคุ ปริมาณ 2 กก. ใช้เวลา 5 นาที

Table 2 Testing for Sago starch grain

No.	Time (minutes)	Appearance of Sago Flour Grain	Figures of Sago Flour Grain
1	6	<ul style="list-style-type: none"> - Big Grain, encircle - The texture of sago flour grain is not strong - Most of sago flour grain is powdered - Some of sago flour stick below the basin 	
2	8	<ul style="list-style-type: none"> - Most of Sago flour grain is big - Some of sago flour grain is small - Half of sago flour grain is powdered 	
3	10	<ul style="list-style-type: none"> - Sago flour grain is small from wanted - The texture of flour is consistent - The flour has a little powdered 	
4	12	<ul style="list-style-type: none"> - A big flour grain occurred a little - The texture of the flour is not tight - Most of the flour is powdered 	

จากตารางทดสอบนำแป้งที่ได้จากการปั่นแห้งด้วยระยะเวลาที่ต่างกันมาทำให้เป็นเม็ดแป้งสาคุ ปรากฏว่าแป้งที่ปั่นด้วยระยะเวลา 10 นาที ได้เม็ดแป้งสาคุที่ตรงตามความต้องการมากที่สุด โดยลักษณะเป็นเม็ดแป้งกลม มีขนาดเล็ก การจับตัวของเนื้อแป้งมีความเหนียวแน่น มีแป้งเหลือลักษณะเป็นผงเล็กน้อย

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบปรากฏว่าแป้งที่เหมาะสมสำหรับการปั่นแป้งสำหรับนำไปทำสาคุแบบเม็ด คือ 10 นาที ที่ความชื้น 16% ถ้าใช้เวลาในการปั่นน้อยเกินไปเมื่อนำแป้งไปทำเม็ดจะได้แป้งที่มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดไม่ตรงกับความ ต้องการ คือ เม็ดใหญ่เกินไปและมีแป้งประมาณหนึ่งในสามเกาะติดอยู่ที่ก้นอุปกรณ์ทำเม็ด และถ้าใช้เวลาในการปั่นมากกว่า 10 นาที จะทำให้แป้งมีความชื้นน้อยเกินไปเมื่อนำไปทำเม็ด จะได้เม็ดสาคุที่มีมีลักษณะไม่กลม การจับตัวไม่แน่น และแป้งส่วนใหญ่จะยังคงสภาพเป็นผงแป้งเหมาะที่จะนำไปตากเพื่อทำแป้งสาคุแบบผง

สรุปผลการวิจัย

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องปั่นแป้งสาคุ จะใช้แป้งสาคุที่มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ปริมาณครั้งละ 5 กก. ปั่นด้วยระยะเวลาที่ต่างกันจากน้อยไปหามาก คือ 6, 8, 10 และ 12 นาที ปรากฏว่าเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการปั่นให้แป้งสาคุมีความชื้นที่เหมาะสมสามารถนำมาทำเป็นเม็ดที่มีขนาดและลักษณะตามที่ต้องการ คือ 10 นาที ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 16%

จากการนำแป้งที่ได้จากการปั่นแห้งด้วยระยะเวลาที่ต่างกันมาทำให้เป็นเม็ดแป้งสาคุ ปรากฏว่าแป้งที่ปั่นด้วยระยะเวลา 10 นาที ได้เม็ดแป้งสาคุที่ตรงตามความต้องการมากที่สุด โดยลักษณะเป็นเม็ดแป้งกลมมีขนาดเล็กตามขนาด การจับตัวของเนื้อแป้งมีความเหนียวแน่น มีแป้งเหลือลักษณะเป็นผงเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณผู้บริหารหน่วยงานทุกท่านที่ได้ให้ความสนับสนุน การดำเนินการโครงการงานวิจัย เรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องปั่นแห้งเพื่อลดเวลาในการตากแป้งสาคุ บรรลุผลสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการสนับสนุนทุนวิจัย ตามโครงการทุนสนับสนุนนักวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และได้รับการอนุเคราะห์สถานที่ปฏิบัติงาน สาธารณูปโภค ตลอดจนผู้ช่วยปฏิบัติงานสร้างเครื่องจากสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ขอขอบคุณกลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคุบ้านกะโสม ตำบลกะปาง อำเภอทุ่งสง ซึ่งเป็นสถานที่กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย โดยมีสมาชิกของกลุ่มให้การอนุเคราะห์สถานที่ สนับสนุนวัตถุดิบในการทดสอบ ให้คำแนะนำ การมีส่วนร่วม และอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ จนโครงการศึกษาวิจัยสำเร็จผลอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กิตติ อินทรานนท์. 2559. **การยศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาฯ. 364 น.
- บรรเลง ศรีนิล และสมนึก วัฒนศรียุกุล. 2554 . **ตารางโลหะ**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พนม อินทฤทธิ์. 2550. **โครงการเครื่องผลิตแป้งสาคู**. ใน รายงานผลการวิจัย. จังหวัดนครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2549. **การออกแบบวิศวกรรม**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ: บ.ธนธัชการพิมพ์ จำกัด.

การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด

The Development of Fresh Latex Measurement Quality

อภิรุณธ์ จันทรทอง^{1*} ภารดา อุทโท² และมนตรี อารีย์³

Apirun Chanthong^{1*}, Parada Utto² and Montri Aree³

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80210

²วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

³มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

¹Electrical Engineering College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya
Nakhon Si Thammarat, Thailand 80210

²College of Innovation and Management, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

³Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Bang Phra, Sriracha, Chonburi, Thailand 20110

*Corresponding author: apirunchanthong@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอุปกรณ์เซนเซอร์ที่เหมาะสมกับการออกแบบโดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด ซึ่งได้ทำการทดลองและทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด ผลการวิจัยพบว่า ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด นั้นมีความคลาดเคลื่อน ± 0.2 โดยการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดที่สร้างขึ้นโดยทดสอบกับเกษตรกรชาวสวนยางพาราจะส่งไปขายยังพ่อค้าคนกลาง ทั้งนี้เกษตรกรได้ใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดเป็นข้อมูลที่สามารถเพิ่มคุณภาพน้ำยางสดและมีข้อมูลอ้างอิงก่อนนำน้ำยางพาราสดไปขายกับพ่อค้าคนกลาง เพื่อค่าตอบแทนในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างสูงสุด

คำสำคัญ: น้ำยางพาราสด เครื่องมือวัด ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research is aimed to explore the proper censoring equipment design. The micro controller was applied to control and create the operation of Fresh Latex Quality Measurement Machine (FLQM). According to research findings, the results revealed that designing and constructing the FLQM was discrepant at 0.2 from the results of using this equipment. In addition, the equipment testing was demonstrated with the rubber farmers before trading through middlemen. With regard to the data collection, the rubber farmers used the FLQM as the data to increase the quality of fresh latex as well as its relevant information before trading via the middlemen. This was the reason for increasing the highest payment of agricultural products.

Keywords: latex, measuring instrument, microcontrollers

คำนำ

จากข้อมูลงานวิจัย ศึกษาสภาพการณ์ตลาด และเศรษฐกิจการยาง จากกรมวิชาการเกษตรพบว่าประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติ (NR : Natural Rubber) มากที่สุดในโลก โดยมีปริมาณการผลิตเป็นลำดับที่ 1 ตั้งแต่ปี 2534 ซึ่งผลิตได้ 1.341 ล้านตัน ปัจจุบันปี 2549 ผลิตยางได้ทั้งสิ้น 3.137 ล้านตัน จากพื้นที่ปลูกยาง 14.34 ล้านไร่ โดยมีแหล่งปลูกยางมากที่สุดในภาคใต้ 10.96 ล้านไร่ ภาคตะวันออก (รวมทั้งภาคกลาง) จำนวน 1.64 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1.54 ล้านไร่ และภาคเหนือ จำนวน 0.20 ล้านไร่ และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นทุกปีการผลิตยางทางด้านต้นน้ำ เกษตรกรผู้ปลูกยางมีทางเลือกในการขายผลผลิตในรูปแบบน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบโดยหากเกษตรกรเลือกจะขายผลผลิตในรูปแบบน้ำยางสดจะมีระเบียบการซื้อขายน้ำยางสดตามตลาดกลางยางพารา คือ ผู้ซื้อและผู้ขายยางต้องลงทะเบียนเป็นสมาชิกของตลาดกลางยางพารา ซึ่งผู้ขายยางเน้นให้บริการแก่เกษตรกรชาวสวนยางและสถาบันเกษตรกร

ซึ่งข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าในการวัดและความคลาดเคลื่อนจะมีมากอยู่พอสมควร ดังนั้นทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาซี (ธีรวัฒน์, 2560;ณิซ,2545) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (ชัยยศ,2561) (Mazidi *et al*; 2014) การใช้งานของเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (พจนานฎ, 2545; รัชชัย, 2547; Norton, 1989) ดังนั้นในการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะเรื่องการรักษาและเพิ่มรายได้ของเกษตรกรสวนยาง และเสริมสร้างเศรษฐกิจระดับพื้นฐาน รวมถึงการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์เองได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด มีวัตถุประสงค์ศึกษาหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมและการออกแบบโดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC 16F877A ในการควบคุมการทำงานและแสดงผลผ่านหน้าจอโดยการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดที่มีความคลาดเคลื่อน ± 0.5 โดยที่ตลาดกลางรับซื้อจะใช้วิธีอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟโดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจาก ผู้รับซื้อต้องกวนน้ำยางที่ต้องการวัดให้เข้ากัน จากนั้นจึงตักน้ำยางส่วนหนึ่งและนำไปชั่งและนำน้ำยางที่ชั่งแล้วไปอบด้วยระบบไมโครเวฟจนแห้ง และทำการชั่งน้ำหนักที่ได้จากการอบซึ่งขั้นตอนสุดท้ายคือการคำนวณสัดส่วนค่าน้ำหนักหลังและก่อนอบนั้นเมื่อทราบวิธีการวัดของตลาดกลางแล้วนั้นจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องนี้ขึ้นมาซึ่งจะสามารถทำให้เกษตรกรสวนยางสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำยางพาราสดได้เมื่อทราบระดับคุณภาพน้ำยางของตนเองด้วยการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารา ก่อนนำไปขายยังพ่อค้าคนกลางและสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำยางพาราสดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1. การศึกษาวิธีหาค่าคุณภาพของน้ำยางพาราตามตลาดกลางยางพาราตรวจวัดและรับซื้อ

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์โดยขั้นตอนและกระบวนการขนส่งพร้อมการตรวจวัดน้ำยางพาราสดของตลาดกลาง รวมทั้งการเข้าร่วมสังเกตการณ์การปฏิบัติงานของตลาดกลางซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาการตรวจวัดน้ำยางพาราสดของตลาดกลาง เพื่อนำมาวิเคราะห์พร้อมทั้งออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดโดยมีวิธีการเก็บน้ำยางพาราสดของเกษตรกร การขนส่งน้ำยางพาราสดไปยังแหล่งรับซื้อและการตรวจวัดน้ำยางพาราสดของตลาดกลาง ดังแสดงใน Figure 1-4

1.1 วิธีการเก็บน้ำยางพาราสด



Figure 1 The fresh latex collection from the rubber plantation



Figure 2 The fresh latex storage by the central market

1.2 การขนส่งน้ำยางพาราสดไปยังแหล่งรับซื้อ



Figure 3 Fresh latex transportation to the buying source

1.3 การตรวจวัดน้ำยางพาราสดของตลาดกลาง



Figure 4 The measurement of fresh latex by the central market

2. ศึกษาการออกแบบเครื่องวัดโดยการใช้หลักการตามคุณภาพของตลาดกลาง

เมื่อทราบหลักการต่างๆของการตรวจวัดน้ำยางพาราสดของตลาดกลาง แล้วนั้นจึงออกแบบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการตรวจวัดน้ำยางพาราสดโดยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC 16F877A โดยจัดสร้างสายวัด (Probe) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างน้ำยางพารากับเครื่องทดสอบซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์มีฟังก์ชันการทำงานต่างๆภายในตัวของมันเอง และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับตัวมันตั้งนั้นง่ายแก่การนำไปใช้งาน ดังแสดงใน Figure 5-6



Figure 5 The designing and constructing of Fresh Latex Quality Measurement Machine



Figure 6 The designing and constructing of Fresh Latex Quality Measurement Machine prior testing

3. ทดสอบการใช้งานเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด

เมื่อได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นได้ทำการทดสอบโดยเทียบกับแหล่งรับซื้อ (ตลาดกลางยางพารา) ได้ผลเป็นไปตามขอบเขตที่ทางผู้วิจัยตั้งไว้โดยทำการทดสอบเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด ดังแสดงใน Figure 7



Figure 7 The results of Fresh Latex Quality Measurement Machine by the central market

ผลการวิจัย

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดและรวบรวมข้อมูลจากการทดลองตามขั้นตอนกระบวนการตรวจวัดน้ำยางพาราสด รวมทั้งการเข้าร่วมสังเกตการณ์การปฏิบัติงานของตลาดกลางนั้นเป็นผลทำให้ได้เครื่องตรวจวัดน้ำยางพาราสดที่ทางผู้วิจัยตั้งไว้ซึ่งได้ผลเป็นไปตามขอบเขต ที่มีตั้งค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.5 และการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดนั้นมีผลของค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.2 ซึ่งทางผู้จัดทำได้ปรับตั้งค่าที่แสดงผลให้เป็นจำนวนเต็ม ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเมื่อเทียบกับการวัดแบบการหาปริมาณเนื้อยางแห้งของตลาดกลางซึ่งการใช้เครื่องมือวัดได้ค่าที่ใกล้เคียงกันโดยเครื่องที่สร้างขึ้นมาสามารถทราบผลการวัดได้อย่างรวดเร็ว

โดยน้ำยางพาราสดเป็นสารแขวนลอยประกอบด้วยน้ำและอนุภาคยาง ความเข้มข้นหรือเปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญและทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองและปรับค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรมเพื่อให้ได้ค่าที่มีความที่ตรงตามขอบเขตที่ตั้งไว้

Table 1 Comparison of experimental results of the test machine and the central market

จำนวนครั้ง	ตลาดกลางรับซื้อ (%)		เครื่องทดสอบคุณภาพน้ำยางพาราที่สร้างขึ้น(%)	
	ปริมาณน้ำยาง(%)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณน้ำยาง(%)	อุณหภูมิ (°C)
1	29	30	29	33
2	29	30	29	33
3	29	30	29	33
4	29	30	29	33
5	29	30	29	33

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการควบคุมการทำงานและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด ซึ่งได้ทำการทดลองและทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดพบว่า ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดนั้นมีความคลาดเคลื่อน ± 0.2 และทางผู้จัดทำได้ปรับตั้งค่าที่แสดงผลให้เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดที่สร้างขึ้นนี้ได้นำไปทดสอบกับเกษตรกรชาวสวนยางพาราจะส่งไปขายยังพ่อค้าคนกลาง ซึ่งน้ำยางพาราสดเป็นสารแขวนลอยประกอบด้วยน้ำและอนุภาคยาง ความเข้มข้นหรือเปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองและปรับค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรมภาษาซี เพื่อส่งผ่านไปยังตัวควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วแสดงผลของตัวเลขระบบดิจิทัลออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางแห้ง เพื่อให้ได้ค่าที่มีความที่ตรงตามขอบเขตที่ตั้งไว้ และยังมีผลการวัดที่ต่างไปจากพื้นที่การปลูกยางของเกษตรกรชาวสวนยางพาราและสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น ในการทดลองเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นต้องมีความระมัดระวัง และให้ผลการใช้เครื่องมือมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เพื่อประโยชน์แก่เกษตรกรชาวสวนยางพารา

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสด มีวัตถุประสงค์ศึกษาหาอุปกรณ์เซนเซอร์ที่เหมาะสมและการออกแบบโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดที่มีความคลาดเคลื่อน ± 0.5 หน่วย เมื่อเทียบกับการวัดแบบการหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดยการชั่งของตลาดกลางซึ่งทำให้เกษตรกรชาวสวนยางสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำยางพาราสดได้เมื่อทราบระดับคุณภาพน้ำยางของตนเองด้วยการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราสดก่อนนำไปขายยังพ่อค้าคนกลาง และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำยางพาราสดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำอย่างพาราสด ได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ และเข้าสังเกตการณ์การปฏิบัติงานจากสถานที่จริง โดยรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อนำมาซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำอย่างพาราสดให้เป็นไปตามที่ได้ศึกษา และสังเกตการณ์การปฏิบัติงานจริงเป็นผลทำให้ได้ค่าตามที่ต้องการโดยการปรับแก้โปรแกรมให้สอดคล้องกับการสำรวจข้อมูล โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์และเข้าสังเกตการณ์การปฏิบัติงานจากสถานที่จริง

การพัฒนาในระดับพื้นฐานที่ยั่งยืน คือ การช่วยรักษาและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนยางพาราเป็นสิ่งที่คณะทำงานวิจัยชิ้นนี้เล็งเห็นและมีความตั้งใจจริงที่จะทำให้สำเร็จ

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้น ไม่สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความสามารถของนักวิจัยแต่เพียงอย่างเดียว หากประกอบด้วยปัจจัยหลายประการ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่องานวิจัย คือ การได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดิน อีกทั้งความกรุณาของผู้บริหารระดับต่างๆ และเพื่อนร่วมงานที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานวิจัยจนกลายเป็นรายงานการวิจัยที่สมบูรณ์ และขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไข และกำหนดทิศทางการดำเนินงานแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชัยยศ พิทักษ์. 2561. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำรามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 233 น.
- ณัช ภู่วรรณ. 2545. เริ่มต้นเรียนรู้ C#. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด. 300 น.
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2560. คู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา C. กรุงเทพฯ: บริษัท ธีไวว่า จำกัด. 324 น.
- พจนานฎ สุวรรณมณี. 2545. เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 416 น.
- รัชชัย อินทุโส. 2547. เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์. กรุงเทพฯ: บริษัท ธีไวว่า จำกัด.
- Norton, H.N. 1989. *Handbook of Transducers*. Publisher: Prentice-Hall. 704 น.
- Mazidi, A.M., S. Naimi and S. Naimi. 2014. *The AVR Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C*. Publisher: Pearson Education Limited. 792 น.

ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีส่วนผสมของเถ้าถ่านหินก้นเตา

Ceramic Products Containing Coal Bottom Ash

กานต์ นามิผล* มณีรัตน์ องค์กรธรณี กมลชัย ยงประพัฒน์ และธนาชาติ เพ็งพรม

Kan Namepol*, Maneerat Ongwandee, Kamonchai Yongprapat and Thanachad Phengphrom

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand 44150

*Corresponding author: kan.nameepol@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าถ่านหินก้นเตามาทดแทนดินเหนียวในการผลิตเซรามิก โดยดินเหนียวที่ใช้ในการทดลองได้จากจังหวัดมหาสารคาม และเถ้าถ่านหินก้นเตาได้จากเตาเผาเชื้อเพลิงถ่านหินของโรงงานอุตสาหกรรม ใช้อัตราส่วนเถ้าถ่านหินก้นเตาแทนที่ดินเหนียวเท่ากับ ร้อยละ 0, 20 และ 40 โดยน้ำหนัก โดยหล่อวัสดุเซรามิกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบหล่ออะคริลิกสี่เหลี่ยมขนาด $30 \times 60 \times 10$ มม.³ และแบบหล่อปูนเพื่อขึ้นรูปทรงกระถางขนาด $45 \times 45 \times 45$ มม.³ ทั้งสองแบบใช้เวลาในการบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง แล้วเผาที่อุณหภูมิ $1,000^{\circ}\text{C}$. ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1.5°C . ต่อมาที่ เมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้วเผาต่ออีก 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างเซรามิกมาทดสอบ การแตกร้าว การหดตัวเชิงเส้น การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และกำลังรับแรงอัด ผลการทดสอบพบว่าเซรามิกที่หล่อด้วยแบบสี่เหลี่ยมเมื่อเผาเสร็จแล้วมีสีน้ำตาลอมส้ม ผิวเรียบไม่มีรอยแตกร้าวทุกอัตราส่วนผสมเถ้า โดยค่าการหดตัวเชิงเส้นลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้า และตัวอย่างที่ผสมเถ้าร้อยละ 20 ให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 40.95 เมกะพาสคาล สำหรับตัวอย่างที่หล่อเป็นรูปทรงกระถางเมื่อเผาเสร็จแล้วปรากฏรอยแตกร้าวที่ผิว ยกเว้นตัวอย่างที่ผสมเถ้าร้อยละ 40 ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่หล่อด้วยแบบสี่เหลี่ยม อยู่ในช่วงร้อยละ 10.9-12.5 ดังนั้นการแทนที่ดินเหนียวด้วยเถ้าถ่านหินก้นเตาในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยลดการหดตัวเชิงเส้น ลดการแตกร้าว และเพิ่มค่ากำลังรับแรงอัดได้

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์จากของเสีย เถ้าถ่านหินก้นเตา เซรามิก

Abstract

This research aims to study a possibility of using coal bottom ash to replace clay for ceramic production. Clay was obtained from Maha Sarakham Province and coal bottom ash was obtained from an industrial incinerator using coal. Clay was replaced by at 0, 20 and 40% by weight. Samples were casted into two different shapes, i.e., $30 \times 60 \times 10$ mm³ rectangular acrylic mold and $45 \times 45 \times 45$ mm³ mortar mold. Both samples were cured at room temperature for 24 hours. Consequently, they were heated at 1000°C with the heating rate of $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$. When reaching the specified temperature, the samples were heated for another 4 hours. The ceramic samples were

tested for cracking, linear shrinkage, water absorption, density and compressive strength. It can be seen that the rectangular ceramic samples were brownish orange after the treatment. Their surfaces were smooth and no cracks were observed for all ash mixtures. The linear shrinkage decreased with increasing the ash percentage. The sample with 20% ash exhibited the highest compressive strength of 40.95 MPa. For the clay pot samples, cracks were observed in every sample except the one with 40% ash. The clay pot samples had the similar water absorption to the rectangular samples, ranging from 10.9 to 12.5%. Thus, the optimum replacements of clay by the bottom ash can reduce the sample shrinkage and cracking as well as increasing the compressive strength of ceramic.

Keywords: waste utilization, coal bottom ash, ceramic

คำนำ

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากถ่านหินมีกระจายอยู่ทั่วโลกในปริมาณมากและการจัดหาถ่านหินเป็นเรื่องที่ง่าย ถ่านหินถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ กระจกโลหะและอุตสาหกรรมอื่นๆ ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีการจัดหาถ่านหินเพิ่มขึ้น 2.5 เท่า และใช้ถ่านหินในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น 3 เท่าเฉพาะในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยต้องใช้ถ่านหินถึง 31 ล้านตัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) การเผาไหม้ถ่านหินทำให้เกิดมลพิษอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) นอกจากนี้ในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินยังก่อให้เกิดของเหลือทิ้งที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้นั้นคือเถ้าถ่านหิน (Coal ash)

โดยทั่วไปเถ้าถ่านหินแบ่งเป็นสามชนิดคือ เถ้าลอย (Fly ash) เถ้าถ่านหินก้นเตาหรือเถ้าหนัก (Bottom ash) และตะกรัน (Slag) เถ้าลอยคือเถ้าฝุ่นขนาดเล็กจากการเผาไหม้ของถ่านหิน มีประมาณร้อยละ 80 ของเถ้าถ่านหินทั้งหมด ส่วนเถ้าหนักคือเถ้าถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ มีประมาณร้อยละ 20 ของเถ้าถ่านหินทั้งหมด ขนาดตั้งแต่ 0.5 มม. ขึ้นไป เนื่องจากขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากทำให้ไม่สามารถลอยออกไปพร้อมลมร้อนได้จึงตกอยู่ในห้องเผาไหม้ ตะกรันโดยทั่วไปแล้วจะเกิดในปริมาณที่น้อยมาก เกิดจากแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มักจะเกาะติดตามผนังห้องเผาไหม้ (พิธา และภิญโญ, 2554) ในอดีตเถ้าถ่านหินจะถูกกำจัดโดยการฝังกลบทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดสูงและยังเสียที่ดินในการสร้างหลุมฝังกลบทำให้เสียประโยชน์จากการใช้ที่ดินเพื่อจุดประสงค์อื่น แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการใช้ประโยชน์ของเถ้าลอยเพื่อใช้สำหรับผลิตภัณฑ์พอลิเอทิลีนหรือใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ เนื่องจากเถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan material) (อภิสิทธิ์ และคณะ, 2553) สำหรับเถ้าหนักมีการนำมาใช้ผสมคอนกรีต ใช้แทนที่วัสดุปอซโซลาน แต่ยังคงถือว่ามีความวิจัยไม่หลากหลายนัก (Bai *et al.*, 2005) เถ้าหนักมีองค์ประกอบหลักได้แก่ SiO_2 ร้อยละ 36-40, Al_2O_3 ร้อยละ 17-21 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 14-15 (สำเร็จ และคณะ, 2555) จากองค์ประกอบหลักข้างต้นของเถ้าหนักพบว่ามีความคล้ายคลึงกับตะกอนน้ำประปา ซึ่งมีการนำตะกอนน้ำประปา กากตะกอนอุตสาหกรรม ขี้เถ้าและสารเติมแต่งต่างๆมาผสมกันเพื่อผลิตเป็นเม็ดมวลเบาสังเคราะห์สำหรับวัสดุก่อสร้าง เม็ดมวลเบาสังเคราะห์มีความหนาแน่น 500-1400 กก./ลบ.ม. และมีความแข็งแรงระหว่าง 3-40 เมกะพาสคัล (พิทักษ์ และศุธีร์พันธ์, 2555) ตะกอนน้ำประปายังถูกนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา โดย

การนำไปพ่นแห้งแล้วเผาจากนั้นนำไปผสมกับเนื้อดิน เครื่องปั้นดินเผาที่ได้มีน้ำหนักเบาขึ้นร้อยละ 20 ความแข็งแรงมากขึ้นร้อยละ 30 และการดูดซึมน้ำสูงขึ้นร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่มีการผสมตะกอนน้ำประปา (Sangsuk *et al.*, 2010) นอกจากนี้มีการนำตะกอนน้ำประปาผสมกับดินเหนียวและทรายเพื่อผลิตเป็นอิฐมอญ อิฐมอญที่ผลิตได้มีกำลังอัดที่สูงกว่า 35 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 25 (ชาติ และคณะ, 2547) จากองค์ประกอบหลักของตะกอนน้ำประปาที่คล้ายกันกับเถ้าหนัก ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้าหนักไปผสมเพื่อผลิตเซรามิก ประเภทดินเหนียว (Clay products)

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการนำเถ้าหนักจากเตาเผาอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมาผสมกับดินเหนียวเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทดินเหนียว และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล เพื่อจะเป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากเถ้าหนักให้มากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ดินเหนียวที่ใช้ได้มาจากตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลปนดำ ส่วนเถ้าหนักเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตอุปกรณ์การประมงซึ่งใช้ถ่านหินปิทูนีสเป็นเชื้อเพลิง เถ้าหนักที่ได้มีลักษณะเป็นสีเงินและมีสีน้ำตาลดำปนเล็กน้อย มีลักษณะแข็งแต่เปราะ น้ำหนักเบาและมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

ลักษณะของดินเหนียวและเถ้าหนักวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดหรือ Scanning Electron Microscope (SEM) (Hitachi Tabletop Microscope, TM4000 Plus) และการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วย Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDX) (Hitachi Tabletop Microscope, TM4000 Plus) ภาพถ่ายกำลังขยาย 800 เท่าของดินเหนียว (Figure 1A) และ 40 เท่าของเถ้าหนัก (Figure 1B) จะเห็นว่าขนาดอนุภาคของดินเหนียวจะมีขนาดเล็กกว่าเถ้าหนักพื้นผิวของดินเหนียวไม่แน่นอนมีลักษณะมนไม่เป็นเหลี่ยม ส่วนเถ้าหนักมีรูปร่างไม่แน่นอนลักษณะเป็นเหลี่ยม องค์ประกอบธาตุพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน โดยทั้งสองชนิดมีคาร์บอนร้อยละ 33-37 และมีโปแตสเซียมประมาณร้อยละ 0.3 ดังแสดงใน Table 1

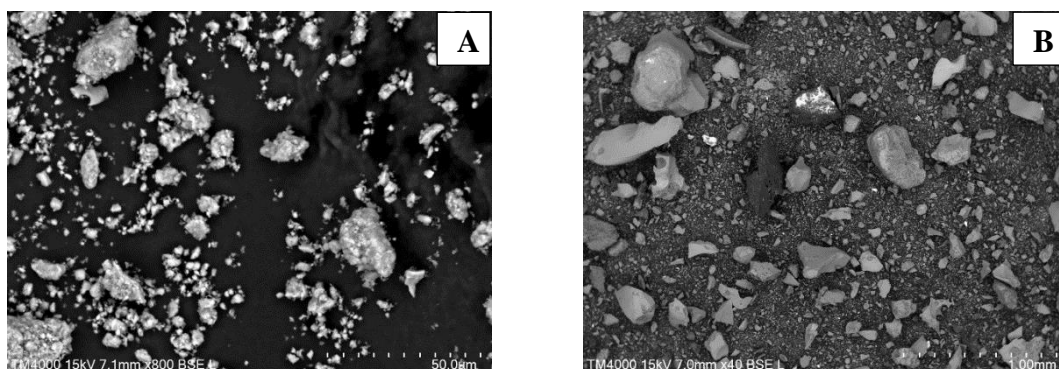


Figure 1 SEM images (A) x800 for the coal bottom ash (B) x 40 for the clay

Table 1 EDX analysis of the coal bottom ash and clay

Sample	Composition (%)						
	Carbon	Oxygen	Aluminum	Silicon	Potassium	Ferrum	LOI
Bottom ash	33.94	45.45	5.49	13.79	0.32	1.01	0
Clay	36.47	36.91	2.47	15.59	0.30	1.26	7

*LOI = loss on ignition

จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าหนักและดินเหนียวด้วยวิธี X-ray fluorescence (XRF) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าหนักส่วนใหญ่ประกอบด้วย SiO_2 และ Al_2O_3 รวมกันมากกว่าร้อยละ 75 ซึ่งสารประกอบทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นส่วนที่เรียกว่า “โครงสร้างกระดูก (Skeleton components)” ในวัสดุเซรามิก โครงสร้างกระดูกเมื่อหลอมเหลวแล้วจะทำให้เซรามิกแข็งแรงแต่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำให้หลอมเหลว นอกนั้นเถ้าหนักที่นำมาใช้ทดลองยังมีวัสดุฟลักซ์ (Flux material) คือออกไซด์ธาตุหมู่ 1 และ 2 รวมกันร้อยละ 11.38 วัสดุฟลักซ์จะช่วยให้การลดอุณหภูมิที่จะทำให้ส่วนโครงสร้างกระดูกหลอมเหลว

การเตรียมวัตถุดิบ การผสม การขึ้นรูปตัวอย่างและการทดสอบคุณสมบัติเซรามิก

ก่อนทำการผสมวัตถุดิบเข้าด้วยกันต้องอบไล่ความชื้นดินเหนียวและเถ้าหนักที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ให้ได้ขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า 300 ไมครอน เพื่อความเป็นเนื้อเดียวกันในการผสมและขึ้นรูป ในงานวิจัยนี้มีการขึ้นรูป 2 ลักษณะคือ (1) การขึ้นรูปตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ และ (2) การขึ้นรูปตัวอย่างให้มีลักษณะเหมือนกระถางเพื่อนำไปใช้งาน ซึ่งการขึ้นรูปทั้ง 2 ลักษณะใช้อัตราส่วนผสมและอุณหภูมิในการเผาเหมือนกัน

การขึ้นรูปตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ ทำการผสมเถ้าหนักกับดินเหนียว โดยเถ้าหนักจะถูกผสมลงไปแทนที่ดินเหนียวร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก (S-0), ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (S-20) และร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (S-40) เติมน้ำเพื่อให้ได้ความชื้นร้อยละ 23-26 จากนั้นผสมด้วยเครื่องกวนผสมเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ใส่ในแบบอะคริลิกขนาด 30x10x60 มม.³ จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงแล้วทำการถอดตัวอย่างออกจากแบบอะคริลิก นำตัวอย่างเข้าเตาอบไฟฟ้า (LT 5/13 Nabertherm GmbH, Germany) โดยใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิในการเผาสูงสุดที่ 1,000°C. จากนั้นปล่อยให้ตัวอย่างเย็นตัวในเตาอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิห้องแล้วจึงทำการทดสอบสมบัติของเซรามิกเป็นไปตามมาตรฐานวิธีการวัด มอก. 2398 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) ประกอบด้วย (1) การแตกร้าว (Crack) ด้วยวิธีสังเกตด้วยตา (2) การหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage) (3) การดูดซึมน้ำ (Water absorption) (4) กำลังรับแรงอัด (Compressive strength) และ (5) ความหนาแน่น (Bulk density)

การขึ้นรูปตัวอย่างเป็นรูปทรงกระถางเพื่อนำไปใช้งาน ทำการผสมเถ้าหนักกับดินเหนียว โดยเถ้าหนักจะถูกผสมลงไปแทนที่ดินเหนียวร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก (Cp-0), ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (Cp-20) และร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (Cp-40) เติมน้ำเพื่อให้ได้ความชื้นร้อยละ 23-26 จากนั้นผสมด้วยเครื่องกวนผสมเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ใส่ในแบบปูนพลาสติกเทอร์รูปลีเหลี่ยมลูกบาศก์ อัดให้แน่นแล้วทำรูตรงกลางเพื่อให้ได้

เป็นกระถางขนาด 45x45x45 ตร.มม. จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงแล้วทำการถอดตัวอย่างออกจากแบบปูนปลาสเตอร์ นำตัวอย่างเข้าเตาอบไฟฟ้าด้วยขั้นตอนเดียวกับตัวอย่างหล่อด้วยแบบอะคริลิก นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบ (1) การแตกร้าว (2) การดูดซึมน้ำ และ (3) ความหนาแน่น

ผลการวิจัย

หลังจากนำวัสดุเซรามิกทั้ง 2 แบบออกจากเตาสามารถสังเกตเห็นสีที่เปลี่ยนไปของวัสดุเซรามิก ก่อนให้ความร้อนตัวอย่างมีสีน้ำตาล-ดำ (Figure 2-3A) หลังให้ความร้อนแล้วเปลี่ยนเป็นสีส้ม (Figure 2-3B) การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างเซรามิกขนาด 30x10x60 ตร.มม. (Sample, S) และกระถางเซรามิกที่จะนำไปใช้งาน (Clay pot, Cp) ได้ผลการทดสอบ ดังแสดงใน Table 3

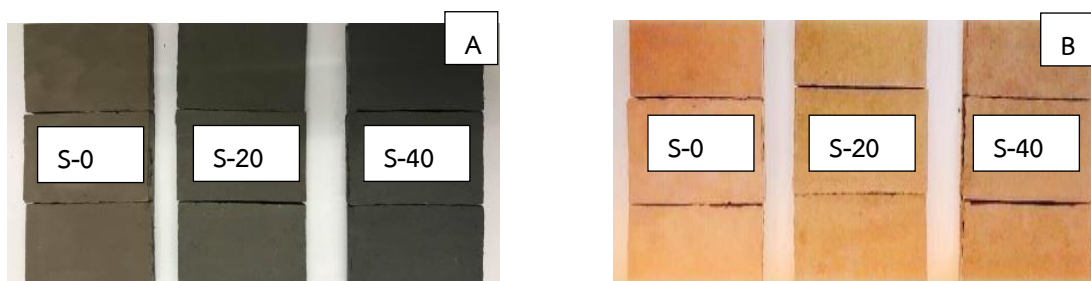


Figure 2 Image of the ceramic samples (A) before being fired (B) After being fired at 1,000°C with a rate of 1.5°C/min. The samples contained 0%, 20% and 40% of the coal bottom ash.

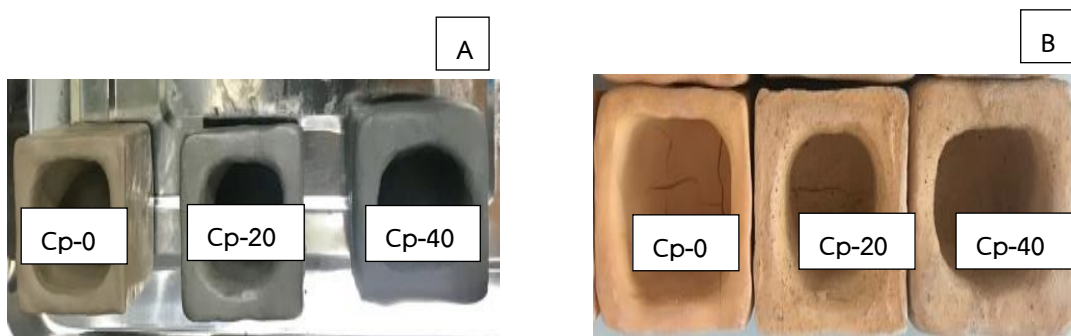


Figure 3 Image of the clay pot samples (A) before being fired (B) After being fired at 1,000°C with a rate of 1.5°C/min. The samples contained 0 20 and 40% of the coal bottom ash.

Table 2 Properties of ceramic samples.

Sample	Bottom ash content (%wt)	Crack	Linear Shrinkage (%)	Water Absorption (%)	Bulk density (kg/m ³)	Compressive Strength (MPa)
S-0	0	×	6.57±0.44	10.97±0.93	1.66±0.01	29.41
S-20	20	×	5.40±0.29	8.94±0.47	1.70±0.01	40.95
S-40	40	×	2.71±0.29	12.87±0.41	1.69±0.00	29.78
Cp-0	0	✓	N.A.	12.5	0.857	N.A.
Cp-20	20	✓	N.A.	10.9	0.913	N.A.
Cp-40	40	×	N.A.	11.2	0.961	N.A.

*N.A. =not analyzed

**✓ =a sample cracking, x =a sample not cracking

จาก Table 2 ค่าการหดตัวเชิงเส้นได้ทำการตรวจวัดเฉพาะตัวอย่างที่หล่อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.71-6.57 โดยตัวอย่างที่มีค่าการหดตัวเชิงเส้นน้อยที่สุดคือ S-40 ซึ่งมีการแทนที่ด้วยเถ้าหนักร้อยละ 40 ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 8.94-12.87 โดยตัวอย่างที่มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ S-20 ซึ่งมีการแทนที่ด้วยเถ้าหนักร้อยละ 20 ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์มีค่าอยู่ระหว่าง 1.66-1.70 กก.ต่อลบ.ม. โดยตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ S-20 และค่ากำลังรับแรงอัดได้ตรวจวัดแต่ในตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์มีค่าอยู่ระหว่าง 29.41-40.95 เมกะปาสคาล โดยตัวอย่างที่มีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุดคือ S-20

ส่วนการขึ้นรูปแบบกระถาง จะเห็นได้ว่ามีเพียง Cp-40 ที่ไม่มีรอยแตกร้าวโดย Cp-0 ซึ่งไม่ผสมเถ้าหนักเกิดการแตร้าวมากที่สุด รองลงมาคือ Cp-20 ที่ผสมเถ้าร้อยละ 20 โดยตัวอย่างทั้ง 3 อัตราส่วนจะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 10.9-12.5 และมีค่าความหนาแน่นระหว่างร้อยละ 0.857-0.961 กก.ต่อลบ.ม.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากข้อมูลผลการทดลองกลุ่มของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ (Sample) จะเห็นได้ว่าการหดตัวเชิงเส้นหลังได้รับความร้อนแปรผกผันกับปริมาณเถ้าหนักที่เติมเข้าไป เนื่องจากเถ้าหนักมีสารประกอบซึ่งเป็นวัสดุฟลักซ์ (Flux material) ซึ่งสามารถหลอมเหลวแล้วอุดรูพรุนที่ก๊าซระเหยออกมาในขณะที่เผาทำให้เกิดการหดตัวน้อย ในทางวัสดุก่อสร้างค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยและค่ากำลังรับแรงอัดที่มากจะสามารถบอกถึงคุณภาพที่ดีของวัสดุ จากข้อมูลผลการทดลองพบว่า S-20 มีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุดและมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด ส่วน S-0 และ S-40 มีกำลังรับแรงอัดไม่แตกต่างกันมาก ที่ค่ากำลังรับแรงอัดไม่ได้แปรผันตรงกับปริมาณเถ้าหนักที่เติมเข้าไปเป็นเพราะ ถ้าผสมเถ้าหนักมากเกินไปจะทำให้เกิดรูพรุนเปิด (Open pores) ซึ่งจะปลดความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดลง เหมือนงานวิจัยของ Eliche-Quesada and Leite-Costa(2016) สำหรับความหนาแน่นตัวอย่างทั้ง 3 อัตราส่วนมีความแตกต่างกันน้อยมาก

จากข้อมูลผลการทดลองตัวอย่างเซรามิกรูปทรงกระถางเพื่อนำไปใช้งาน (Clay pot) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าการดูดซึมน้ำที่แตกต่างกันน้อยมาก โดยตัวอย่างที่ค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ Cp-20 แต่เมื่อสังเกตกลับพบรอยแตกร้าวเช่นเดียวกับ Cp-0 โดยที่ Cp-0 เกิดการแตกร้าวมากที่สุด สาเหตุที่ตัวอย่างรูปทรงกระถางเกิดรอยแตกร้าวเนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างที่หล่อด้วยแบบอะคริลิก จึงทำให้หลงเหลือความชื้นอยู่ค่อนข้างมากหลังการบ่ม เมื่อนำไปเผาจึงทำให้เกิดการแตกร้าว สำหรับการผสมเจ้าหน้าที่พบว่ามีส่วนช่วยลดการแตกร้าวของวัสดุเซรามิก ระหว่างการเผาและทำให้การหดตัวของชิ้นงานลดลงโดยสังเกตได้จาก Cp-40 ที่ไม่พบการแตกร้าวหลังการให้ความร้อนและมีการหดตัวเชิงเส้นที่ต่ำที่สุดอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้เจ้าหน้าที่ของอุตสาหกรรมซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม มาแทนที่ดินเหนียวเพื่อผลิตวัสดุเซรามิกประเภทดินเหนียวพบว่า เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบด้านการแตกร้าว การหดตัวเชิงเส้น การดูดซึมน้ำ กำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น ตัวอย่างเซรามิกที่ผสมเจ้าหน้าที่ในสัดส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ทำให้เซรามิกมีกำลังอัดสูงและการดูดซึมน้ำน้อย ซึ่งเป็นคุณสมบัติเซรามิกที่เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานวิธีการวัดของ มอก. 2398 ส่วนเซรามิกดินเหนียวรูปทรงกระถาง ตามการใช้งานจริงต้องไม่มีรอยแตกร้าว ส่วนผสมที่เหมาะสมจึงเป็นผสมเจ้าหน้าที่ในสัดส่วนร้อยละ 40 อย่างไรก็ตามในการดำเนินงานวิจัยครั้งต่อไป ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ผลิตขึ้นยังจำเป็นต้องทดสอบการชะละลายของโลหะหนักออกจากตัวอย่าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในแง่การนำไปใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย (ศสอ.) โปรแกรมวิจัยเลขที่ HSM-PJ-CT-18-21 และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย และอุปกรณ์การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. **ตารางคุณภาพพลังงานของประเทศไทย.**

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079 (22 เมษายน 2561).

ชาติ เจริญไชยศรี ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา วิไล เจริญไชยศรี ปิยะ พานิชปฐม เพิ่มพล กาญจนามัย และมณฑยา แข่งศรี. 2547. **การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและการหมักปุ๋ย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์ เหล่ารัตนกุล และศุธีร์พันธ์ พันธุ์เลิศ. 2555. **เม็ทมวลเบาสังเคราะห์สำหรับวัสดุก่อสร้าง.** ราชวิทยาลัยวิทยศาสตร์วิศวกรรมประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2555. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

พิธา ศรีบุศย์ดี และภิญโญ มีชำนะ. 2554. **การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ.**

วารสารวิจัยพลังงาน 8(1): 79-86

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2553. **มาตรฐานวิธีการทดสอบผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิก**. มอก. 2398-2553. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำเร็จ รักซ้อน วัลลภ ภูผา นิโรจน์ เงินพรหม และปริญญา จินดาประเสริฐ. 2555. **นวัตกรรมการใช้เถ้าหนักในคอนกรีตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. 83 น. ใน รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- อภิสิทธิ์ โฆษิตชัยยงค์ สันติ มิตรประเสริฐพร เอกชัย วิมลมาลา อีระศักดิ์ หมากผิน และณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ. 2553. การใช้ประโยชน์จากอนุภาคเถ้าลอยเพื่อทำหน้าที่เป็นสารลดต้นทุนสำหรับผลิตภัณฑ์พอลิเอทิลีนที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการแม่พิมพ์หมุนเหวี่ยงโดยปรับปรุงสภาวะการเตรียมวัสดุผสม. **วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย** 1(1): 43-45
- Bai, Y., F.Darcy and P.A.M. Basheer. 2005. Strength and drying shrinkage properties of concrete containing furnace bottom ash as fine aggregate. **Construction and Building Materials Journal** 19(9): 691-697.
- Eliche-Quesada, D. and J. Leite-Costa. 2016. Use of bottom ash from olive pomace combustion in the production of eco-friendly fired clay bricks. **Waste Management Journal** 48(2): 323-333
- Sangsuk, S., S. Khunthon and N. Siriphan. 2010. Nano porous pottery using calcined waste sediment from tap water production as an additive. **Waste Management Journal** 28(10): 908-912.

สาขาสังคมศาสตร์
และมนุษยศาสตร์



ศึกษาความต้องการเงินทุนของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน
อำเภอเมือง จังหวัดเลย

The Study of the Capital Need of Pine Apple Planting Group,
Nam Man Sub-district, Muang District, Loei

วรรณวิศา นครขวาง

Wanwisa Naconkwang

หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการเงิน คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลข 42000

Program in Finance, Faculty of Management Science, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand 42000

Corresponding author: wanwisa.lgt@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาถึงความต้องการเงินทุนของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย 2) เพื่อเพิ่มทักษะการจัดการจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วงของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย จำนวน 102 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ จัดอบรม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) โดยรวมมีความต้องการเงินทุนระยะสั้นและระยะยาวอยู่ในระดับปานกลาง และผู้ที่มีความต้องการเงินทุนส่วนใหญ่จะมีความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะการจัดการจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ในระดับมาก 2) ผลการเพิ่มทักษะด้านการวิเคราะห์ทางการเงินของผู้ที่เข้าร่วมอบรม อยู่ในระดับมาก ซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของท่านได้ สามารถกรอกข้อมูลการขออนุมัติสินเชื่อได้ สามารถคำนวณรายได้ของท่านได้ สามารถคำนวณต้นทุนขายของท่านได้ สามารถคำนวณจุดคุ้มทุนของท่านได้

คำสำคัญ: ความต้องการเงินทุน การเพิ่มทักษะ การจัดทำแผนการเงิน การวิเคราะห์ทางการเงิน สินเชื่อ

Abstract

This research aims to 1) study the capital need of Rai Muang pineapple planting group, Nam Man Sub-district, Muang District, Loei 2) increase the skill of financial strategies management and financial analysis in order to loan the bank for business processing on Rai Muang pineapple of Rai Muang pineapple planting group, Nam Man Sub-district, Muang District, Loei.

The sampling group is 102 of pineapple planting group, Nam Mun Sub-district, Muang District, Loei. The instruments are the questionnaire, interview form, training event. The statistic on data analysis is frequency, percent, mean and standard deviation. It was found that 1) In general, short term and long term capital need is in the level of "fair" and they also need to increase skill of financial strategies and finance analysis in order request the loan credit for business processing on Rai Muang pineapple in the "high" level 2) the result of increase financial skill of the participants is in the level of " well " which can be analyzed that they can be able to fill in the loan form, calculate the income and lower the capital cost. And calculate the break-event point.

Keywords: capital need, increase the skill, financial strategies management, financial analysis, loan

คำนำ

การพัฒนาประเทศในช่วงเวลาที่ผ่านมา ภาคเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ทั้งในมิติของการผลิตที่สามารถพึ่งพาตนเองด้านอาหารและเป็นแหล่งสร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือนภาคเกษตร และเป็นฐานการผลิตที่สนับสนุนการ สร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการค้าและการส่งออกสำหรับภาคการผลิตและบริการอื่นๆ รวมถึงในมิติการพัฒนาสู่แหล่งการผลิตพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากภาคเกษตรเป็นฐานการผลิตที่เข้มแข็งด้วยมีที่ตั้งทางภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสม มีภูมิปัญญาด้านการผลิต การประยุกต์ดัดแปลงและวัฒนธรรมอาหารที่เข้มแข็งและหลากหลาย รวมทั้งเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารส่งออกที่สำคัญรายใหญ่ของโลก (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2551)

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่ปลูกประมาณ 6 แสนไร่ ปลูกในพื้นที่มากกว่า 20 จังหวัด เกือบทุกภาคของประเทศ ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 2 ล้านตัน ผลผลิต 30% บริโภคสดในประเทศ และส่งผลผลิตจำหน่ายต่างประเทศเล็กน้อย ผลผลิตส่วนใหญ่ประมาณ 70% แปรรูปจำหน่ายต่างประเทศมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก นำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 20,000 ล้านบาท ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สเปน อิสราเอล แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดระยอง จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดราชบุรี (อบต.น้ำหมานเปิดงานสับปะรดเงินล้าน, 2556)

นอกจากนั้นประเทศไทยยังเป็นประเทศผู้ส่งออกน้ำสับปะรดของโลกที่สำคัญ คิดเป็นมูลค่า 139 ล้านดอลลาร์ ประเทศเนเธอร์แลนด์ 67 ล้านดอลลาร์ ประเทศฟิลิปปินส์ 59 ล้านดอลลาร์ และประเทศอื่นๆ 214 ล้านดอลลาร์ คิดเป็นร้อยละ 29, 14, 12 และ 45 ตามลำดับ ประเทศผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องของโลกที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศไทย ส่งออกคิดเป็นมูลค่า 378 ล้านดอลลาร์ ประเทศฟิลิปปินส์ 108 ล้านดอลลาร์ ประเทศอินโดนีเซีย 101 ล้านดอลลาร์ และประเทศอื่นๆ 214 ล้านดอลลาร์ คิดเป็นร้อยละ 48, 13, 12 และ 27 ตามลำดับ (รายงานสถานการณ์สับปะรด, 2555)

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงศึกษาความต้องการทางการเงิน ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดโร่ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ว่ามีความต้องการทางการเงินเพื่อใช้ในการดำเนินธุรกิจอย่างไร เพื่อการขยายฐานการผลิต เพิ่มพื้นที่เพาะปลูก หรือแปรรูปสับปะรดในลักษณะต่างๆ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการขยายกำลังการผลิต ซึ่งหากงานวิจัยสิ้นสุดลง กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดโร่ม่วง มีความรู้ในเรื่องของการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการมากขึ้น หากพบว่ามีความเป็นไปได้ ของโครงการหรือลงทุนแล้วมีกำไร ก็จะก่อให้เกิดการกู้ยืมเพื่อการลงทุนที่มากขึ้น เมื่อ

มีผลผลิต เพื่อจำหน่ายมากขึ้น รายได้ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดก็มากขึ้น มีผลทำให้มีความเป็นอยู่ที่ดี และเศรษฐกิจในอำเภอเมืองเลยก็ดีขึ้นตามไปด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงความต้องการเงินทุนของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมืองจังหวัดเลย
2. เพื่อเพิ่มทักษะการจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง หมายถึง เกษตรกรที่เป็นสมาชิกในกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่บ้านไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย
2. ความต้องการเงินทุน หมายถึง ความต้องการขอสนับสนุนเงินทุนเพื่อให้ใช้ในการดำเนินธุรกิจของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง แบ่งเป็น 1) เงินทุนระยะสั้น และ 2) เงินทุนระยะยาว
3. ความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางการเงิน หมายถึง ความต้องการความรู้เพื่อเพิ่มทักษะการจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง
4. แนวทางการกู้ยืม หมายถึง แนวทางที่จะสามารถทำให้กู้ยืมได้ ได้แก่ ประวัติ ในการชำระหนี้ การเดินบัญชี ความสามารถในการชำระหนี้ เอกสารประกอบการกู้ยืม การค้ำประกันเงินกู้
5. การจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงิน หมายถึง ความรู้ในเรื่องของการวิเคราะห์ว่าโครงการที่จะลงทุน หากลงทุนไปแล้วจะมีผลเป็นอย่างไร โดยใช้เครื่องมือทางการเงินวิเคราะห์หาบทสรุปในการตัดสินใจในการลงทุน
6. ความเป็นไปได้ของโครงการ หมายถึง การวิเคราะห์ด้านการเงินเพื่อทราบผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการดำเนินงานตามโครงการลงทุนธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง
7. แหล่งเงินทุนในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง หมายถึง การศึกษาถึงแหล่งเงินทุนจากสถาบันการเงินที่มีบทบาทและหน้าที่ให้บริการทางการเงินแก่ผู้ประกอบการผลิตสินค้าประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ทำการวิจัย
8. การดำเนินธุรกิจ หมายถึง การกระทำหรือกิจกรรมต่างๆ ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วงเกี่ยวกับการผลิตหรือการปลูก การขยายพันธุ์ การแปรรูป การจำหน่าย และการให้บริการ
9. การเข้าถึงแหล่งเงินทุน หมายถึง การขอกู้สินเชื่อจากสถาบันการเงินในระบบที่มีอยู่ ได้ตามความต้องการการใช้เงินทุน แม้ว่าจำนวนเงินกู้จะมีวงเงินที่ไม่สูงมากก็ตาม
10. สินเชื่อ หมายถึง การขออนุมัติวงเงินกู้เพื่อดำเนินธุรกิจ โดยต้องใช้หลักทรัพย์ ค้ำประกันหรือมีการเขียนแผนธุรกิจที่มีความเป็นไปได้ของโครงการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษางานวิจัยเรื่อง ศึกษาความต้องการเงินทุน ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง ผู้ศึกษาจะดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยด้วยแบบสอบถาม ซึ่งเก็บกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัด ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane) กำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อน 0.05 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 102 คน

2. การออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลและทำการสร้างแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความต้องการทางการเงินและแหล่งเงินทุน ในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย จำนวน 102 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน ส่วนที่ 2 แบบสอบถามลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ส่วนที่ 3 ความต้องการเงินทุน ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเพิ่มทักษะทางด้านการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย เพื่อใช้ในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ตลอดจนทำการอบรมให้กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง อำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยมีขั้นตอนดังนี้ ทำหนังสือขออนุญาตและขอความร่วมมือไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จัดทำแบบสอบถามโดยการหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญจากการให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย จึงเริ่มทำการแจกแบบสอบถามความต้องการ จำนวน 102 ชุด ทำการตรวจทานความถูกต้องและสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถาม เก็บรวบรวมแบบสอบถามแบบ Simple random sampling นำแบบสอบถามที่ได้มาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล จัดการอบรมการเพิ่มทักษะทางด้านการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สำหรับงานวิจัยในเชิงคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สำหรับงานวิจัยในเชิงปริมาณ โดยทำการสังเคราะห์ด้วยสถิติ และนำเสนอในรูปแบบค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. การประยุกต์ใช้

กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วงนำผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการไปใช้ในการขยายธุรกิจการผลิตหรือปลูกสับปะรดไร้ม่วง เพื่อจำหน่ายต่อไป

ผลการวิจัย

1. การนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาถึงความต้องการทางการเงินของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีสมาชิกในครอบครัวจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 51-60 ปี มีวุฒิการศึกษาในระดับประถมศึกษา

1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย พบว่า กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วงมีการปลูกสับปะรดมากกว่า 10 ปีขึ้นไป มีการปลูกและมีการขายส่ง มีการใช้เงินทุนหมุนเวียนในการปลูกหรือดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วงน้อยกว่า 150,000 บาท ใช้พื้นที่ในการทำการปลูกหรือดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง น้อยกว่า 20 ไร่ มีรายได้จากการปลูกสับปะรดไร้ม่วงน้อยกว่า 100,000 บาท ไม่มีการกู้ยืมจากสถาบันการเงิน ไม่มีการกู้ยืมจากเงินกู้ยืมนอกระบบและมีความต้องการเข้าร่วมฝึกทักษะ

1.3 ผลการวิเคราะห์ความต้องการเงินทุนของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย พบว่า ต้องการเงินทุนภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และต้องการเงินทุนระยะสั้นมากกว่าระยะยาว ความต้องการเงินทุนระยะสั้นภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ท่านมีความต้องการเงินทุนเพื่อใช้ในการดำเนินงานปกติเกี่ยวกับธุรกิจสับปะรด อยู่ในระดับมาก ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านมีความต้องการเงินทุนเพื่อเป็นนายหน้ารับซื้อสับปะรดไปขายให้โรงงาน อยู่ในระดับน้อย ความต้องการเงินทุนระยะยาวภาพรวมอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ท่านมีความต้องการเงินทุนเพื่อใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียนในการซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการปลูก อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านมีความต้องการเงินทุนเพื่อซื้อสายพันธุ์ใหม่ๆ มาปลูก อยู่ในระดับน้อย

1.4 ผลการวิเคราะห์ความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง พบว่ามีความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงินภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านทักษะการวิเคราะห์ทางการเงิน อยู่ในระดับมาก และรองลงมา คือ ด้านทักษะการวางแผนทางการเงิน อยู่ในระดับมาก ความต้องการเงินลงทุนในด้านทักษะการวางแผนทางการเงิน พบว่า มีความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงินภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ท่านต้องการเพิ่มทักษะเกี่ยวกับการเขียนแผนธุรกิจ เช่น ด้านการจัดการการตลาด อยู่ในระดับมาก ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านต้องการเพิ่มทักษะเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของโครงการ เช่น ความคุ้มค่าของโครงการ อยู่ในระดับมาก ความต้องการเงินลงทุนในด้านทักษะการวิเคราะห์ทางการเงิน พบว่ามีความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงินภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ท่านต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญมาให้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ อยู่ในระดับมาก ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านต้องการเพิ่มทักษะเกี่ยวกับขั้นตอนการขออนุมัติเงินกู้เพื่อดำเนินธุรกิจ อยู่ในระดับมาก

2. การนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเพิ่มทักษะการจัดทำแผนการเงินและการวิเคราะห์ทางการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

2.1 ผลการวิเคราะห์การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 102 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100

2.2 ผลการฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย พบว่า กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ท่านสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของท่านได้ รองลงมา คือ ท่านสามารถคำนวณต้นทุนขายของท่านได้ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านสามารถคำนวณความสามารถในการชำระหนี้ของท่านได้

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่อง ศึกษาความต้องการเงินทุน ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ผู้วิจัยได้นำไปสู่การอภิปราย ผลดังนี้

1. จากการวิจัยพบว่า กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีความต้องการเงินทุน โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านเงินทุนระยะสั้น รองลงมา คือ ด้านเงินทุนระยะยาว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีความต้องการเงินทุนที่มาใช้หมุนเวียนในการลงทุนเพื่อปลูกสับปะรด ในช่วงแรกการต้องใช้ลงทุนค่อนข้างสูงกว่าทุกช่วง เพราะต้องทำการเตรียมดินเพื่อปลูก และขั้นตอนการปลูกลงในแปลงปลูกสับปะรดจนกระทั่งถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิต จะใช้เวลาไม่เกิน 1 ปี ก็จะสามารถขายออกสู่ตลาดได้ จึงเป็นสาเหตุที่ว่า ผลที่ได้จากการวิจัยนั้นมีความต้องการ การใช้เงินทุนระยะสั้น อยู่ในระดับสูงกว่า การต้องการการใช้เงินทุนจากแหล่งเงินทุนระยะยาว สอดคล้องกับความต้องการเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการเงินประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหมาน แนวคิดของเวเรศ (2544) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอุปสงค์และอุปทานตลาดเครดิตว่า เกิดจากความต้องการเครดิตของหน่วย เศรษฐกิจที่มีรายได้ในปัจจุบันน้อยกว่ารายจ่าย จึงจำเป็นต้องหาเงินทุนจากภายนอก ซึ่งอาจจะเป็นครัวเรือนหรือธุรกิจ ตลอดจนรัฐบาล ตัวแปรทางเศรษฐกิจที่สำคัญๆ ที่มีต่ออุปสงค์รวมของเครดิต ได้แก่ ระดับราคาสินค้า รายได้ที่แท้จริง อัตราดอกเบี้ย ต้นทุนของการออกหุ้นทุน อัตราเงินเฟ้อที่คาดคะเน และนโยบายการคลัง โดยมีรายละเอียดของตัวแปรทางเศรษฐกิจสำคัญๆ ที่เป็นตัวกำหนดอุปสงค์ของเครดิตใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรชาติ (2545) ได้วิจัยพบว่า การดำเนินงานของกลุ่มการตลาด การระดมทุน โดยเปรียบเทียบศักยภาพในด้านต่างๆ ของโรงงานผลิตภัณฑ์ไม้สักที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์และ ที่ไม่เป็นสมาชิกของสหกรณ์ ซึ่งส่งผลต่อรายได้จากการดำเนินงานกระบวนการผลิต การตลาด จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่า การที่กลุ่มโรงงานธุรกิจชุมชนหัตถกรรมผลิตภัณฑ์ไม้สัก จังหวัดสุโขทัยที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกสหกรณ์จะมีการดำเนินงานในด้านต่างๆ มีศักยภาพและประสิทธิภาพดีกว่ากลุ่มโรงงานที่ไม่เข้าร่วมเป็นสมาชิกสหกรณ์

2. จากการเพิ่มทักษะทางด้านการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านทักษะการวิเคราะห์ทางการเงิน รองลงมา คือ ด้านทักษะการวางแผนทางการเงิน สอดคล้องกับรายงานผลการสำรวจทักษะทางการเงินของไทยปี 2556 ของธนาคารแห่งประเทศไทย ได้ผลสำรวจทักษะทางการเงินของคนไทยทั่วประเทศ

พบว่า คนไทยมีคะแนนทักษะทางการเงินเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 58.5 ของคะแนนเต็ม 22 คะแนน ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ 14 ประเทศที่ร่วมโครงการสำรวจของ OECD ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 62.3 และมีอันดับการตอบถูกในแต่ละคำถามด้านความรู้ทางการเงินค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนองค์ประกอบทั้งสามด้าน พบว่า คนไทยด้อยด้านความรู้ทางการเงิน โดยมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม และมีคนไทยมากกว่าร้อยละ 30 ที่มีคะแนนความรู้ทางการเงินอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านพฤติกรรมทางการเงินและทัศนคติทางการเงินอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี โดยสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มของทั้งสองด้าน นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่า สถานภาพของบุคคลมีความสัมพันธ์กับคะแนน ทักษะทางการเงิน โดยบุคคลที่มีระดับการศึกษาและรายได้ที่ต่ำ รวมทั้งการมีอาชีพที่มีรายได้ต่ำ จะมีคะแนนทักษะทางการเงินต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ รวมทั้งการศึกษาชี้ว่า การให้ความรู้ทางการเงินจะช่วยปรับให้บุคคลมีพฤติกรรมทางการเงินที่ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

กลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีความต้องการเงินทุน โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ผลที่ได้จากการวิจัยนั้นมีความต้องการ การใช้เงินทุนระยะสั้น อยู่ในระดับสูงกว่า การต้องการการใช้เงินทุนจากแหล่งเงินทุนระยะยาว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลยมีความต้องการเงินทุนที่มาใช้หมุนเวียนในการลงทุนเพื่อปลูกสับปะรด ในช่วงแรกการต้องใช้ลงทุนค่อนข้างสูงกว่าทุกช่วง เพราะต้องทำการเตรียมดินเพื่อปลูก และขั้นตอนการปลูกลงในแปลงปลูกสับปะรดจนกระทั่งถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิต จะใช้เวลาไม่เกิน 1 ปี ก็จะสามารถขายออกสู่ตลาดได้ จากการเพิ่มทักษะทางด้านการเงิน ประกอบการขอสินเชื่อในการดำเนินธุรกิจสับปะรดไร้ม่วง ของกลุ่มผู้ปลูกสับปะรดไร้ม่วง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านทักษะการวิเคราะห์ทางการเงิน รองลงมา คือ ด้านทักษะการวางแผนทางการเงิน นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่า สถานภาพของบุคคลมีความสัมพันธ์กับคะแนน ทักษะทางการเงิน โดยบุคคลที่มีระดับการศึกษาและรายได้ที่ต่ำ รวมทั้งการมีอาชีพที่มีรายได้ต่ำ จะมีคะแนนทักษะทางการเงินต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ รวมทั้งการศึกษาชี้ว่า การให้ความรู้ทางการเงินจะช่วยปรับให้บุคคลมีพฤติกรรมทางการเงินที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าความต้องการเงินทุนรายด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านเงินทุนระยะสั้น รองลงมา คือ ด้านเงินทุนระยะยาว แสดงว่าประชาชนยังมีความรู้ทางการเงิน อยู่ในเกณฑ์ต่ำนี้ การพัฒนาทักษะทางการเงิน มีความคาดหวังว่าเมื่อประชาชนมีความรู้ ความเข้าใจทางการเงินที่ดีแล้ว จะนำไปสู่ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสามารถดูแลเรื่องการเงินของตนได้ อย่างมีประสิทธิภาพนำไปสู่ความเป็นอยู่ที่ดี อย่างยั่งยืน ของคนไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงอยากเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการวางแผนทางการเงินในการเลือกแหล่งเงินทุนระยะสั้น ว่าเมื่อใช้แหล่งเงินทุนระยะสั้นแล้วนั้นจะได้ผลกระทบ ทางการเงินในด้านใดบ้าง เพื่อให้ผู้ต้องการเงินลงทุนได้สามารถวางแผนและประมาณการทางการเงินได้อย่างชัดเจน และควรมีการศึกษาถึงอัตราผลตอบแทนของการใช้เงินทุนที่มีต้นทุนสูง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะผู้บริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยฉบับนี้ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ปถุฎฎาง จันทร์บุญเรือง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชิต พระพินิจ และดร.จุไรรัตน์ อาจแก้ว ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

รายงานสถานการณ์สับปะรด. 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.google.com/search?hl=th&ei=GAi7W-edL4ugvQSEk7_ABg&q
วเรศ อุปปาติก. 2544. **เศรษฐศาสตร์ การเงินและการธนาคาร**. ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 6 แก้ไขเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2551. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559)**. กรุงเทพฯ:กระทรวง 52 น.
อบต.น้ำหามานจัดงานสับปะรด. 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://loeitime.blogspot.com/2013/06/56.html> (2 กุมภาพันธ์ 2560).

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2561. **ตราสัญลักษณ์ G (Green Production)**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://scpdatacenter.deqp.go.th/artivies_etail.php?id=37 (11 กุมภาพันธ์ 2561).
ก่อศักดิ์ ไทวรรณกวนิชย์. 2558. **ความอยู่รอดและอนาคตใหม่: จากเศรษฐกิจสีน้ำตาลสู่เศรษฐกิจสีเขียว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.horizontal.sti.or.th/node/26> (11 ตุลาคม 2559).
ฉมาลีสา ทาศรีภู ทรงชนก บุรณะวัฒนา ธนารัตน์ เพริศพรายวงค์ และราชา มหากันธา. 2554. **แนวทางการดำเนินธุรกิจภายใต้แนวคิดธุรกิจสีเขียวสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม**. **วารสารวิชาการศิลปศาสตร์ประยุกต์** 2: 19-27.
ทิชากร เกสรบัว และอรวีรียา นามสวัสดิ์. 2556. การพัฒนาศักยภาพกลุ่มสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ผู้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารจากกล้วย. **วารสารการจัดการสมัยใหม่** 11(2): 74-86.
ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2555. **การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.
ปารีชาติ ชิตตโสภณ. 2554. **ผลการดำเนินงานของสถานประกอบการที่ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
เรวัตี ดันตยานนท์. 2555. **ธุรกิจสีเขียว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://cityogreen.blogspot.com/2012/05/blog-post.html> (15 ธันวาคม 2559)
สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. **แบบประเมินศักยภาพวิสาหกิจชุมชน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2555)**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://nayaiam/chanthaburi.doae.go.th/pdf/visahakit%20test%2055.pdf> (2 กุมภาพันธ์ 2560).
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2560. **คู่มืออุตสาหกรรมสีเขียว**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
เสนาะ ดีเยาว์. 2543. **หลักการบริหาร: การวางแผน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂
ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดปราจีนบุรี

The Study of Cost and Returns on MG₂ Lingzhi Mushroom
(*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst.) Productions and Spores in Different GEO-
Social Areas: Chiang Mai Province, Khonkaen Province and Prachinburi Province

อุมรา คำแหง^{1*} ขนิษฐา เสถียรพีระกุล² ปราโมช ศีตะโกเศศ¹ และรัตนา โปธิสุวรรณ¹
Ummara Khamhaeng^{1*}, Kanitta Satienperakul², Pramot Sitakoset¹ and Ratana Photisuwan¹

¹สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

²Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: ummara_v@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดปราจีนบุรี ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ โดยวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนต่อหน่วยการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดปราจีนบุรี เท่ากับ 57,497.46, 82,096.54 และ 97,840.48 บาทต่อโรงเรือน ผลผลิตดอกเห็ดหลินจืออบแห้ง เท่ากับ 29.85, 24.93 และ 24.96 กก. ต่อโรงเรือน ผลผลิตสปอร์เห็ดหลินจือ เท่ากับ 5.9, 5.5 และ 6.8 กก. ต่อโรงเรือน ตามลำดับ โดยมีราคาขายดอกเห็ดอบแห้งหน้าฟาร์ม ราคา กิโลกรัมละ 1,350 บาท สปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ เฉลี่ย 15,000 บาทต่อ กก. คิดเป็นผลตอบแทนสุทธิจากการผลิต เท่ากับ 71,299, 34,058 และ 37,801 บาทต่อโรงเรือน จึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในเชิงพาณิชย์ต่อเกษตรกรไทย

คำสำคัญ: เห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ต้นทุนและผลตอบแทน

Abstract

This study aimed to study the comparison of cost and returns on MG₂ Lingzhi mushroom (*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst.) productions and its spores or fungal mycelia in each diverse geo-social areas of Chiang Mai, Khon Kaen and Prachinburi provinces under MG₂ Lingzhi mushroom and its spores productions by using analysis of

cost and returns per production unit. The results of study found that the cost of production of MG₂ Lingzhi mushroom and its spores in the provinces of Chiang Mai, Khon Kaen and Prachinburi were 57,497.46, 82,096.54 and 97,840.48 Baht per one house, the yields of dried MG₂ Lingzhi mushroom were 29.85, 24.93 and 24.96 kg per one house, and the yields of MG₂ Lingzhi spores were 5.9, 5.5 and 6.8 kg per one house, respectively. Also, the dried front-farm mushroom selling price costed 1,350 Baht per kg and its spore was 15,000 Baht per kg in average price. This costed the net production returns were 71,299, 34,058 and 37,801 Baht per one house. This was possible for commercial production of MG₂ Lingzhi mushroom (*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst.) and its spores to the Thai farmers.

Keywords: MG₂ Lingzhi mushroom (*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst.) and its spores
cost and returns

คำนำ

เห็ดหลินจือมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ganoderma lucidum* (fr.) Karst. อยู่ใน family Polyporaceae (Ganodermataceae) พบได้ตั้งแต่เส้นศูนย์สูตร ที่ระดับความสูงน้ำทะเลจนกระทั่งสูงกว่า 1,000 เมตร อุณหภูมิ 8-38^oซ. ประเทศไทยมีการนำเห็ดหลินจือเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 จนปัจจุบันมีการปลูกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเห็ดหลินจือเป็นสมุนไพร มีสรรพคุณทางยาเป็นที่ได้รับการยกย่องมานาน ทั้งแพทย์แผนโบราณและแผนปัจจุบัน และในประเทศไทยมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางยาด้วย (อัญชลี, 2547) ในปี พ.ศ. 2550 โครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายฯ หรือฝ่ายงานโครงการในพระองค์และงานตามพระราชดำริ อยู่ในความดูแลรับผิดชอบของพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์ ร่วมกับกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาองค์การเภสัชกรรม สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดำเนินโครงการวิจัยเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือในประเทศไทย ประกอบด้วย 1) การผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวทางเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) 2) การวิจัยเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือในระดับพรีคลินิก 3) การวิจัยเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือในระดับคลินิก และ 4) การพัฒนาผลงานวิจัยเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสู่การใช้ประโยชน์ โดยโครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายฯ ทำการวิจัยการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวทางเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ทำการคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดหลินจือที่มีปริมาณสารสำคัญและให้ผลผลิตสูง คำนึงต่อการลงทุนเชิงพาณิชย์ เป็นฐานการผลิตทั้งดอกเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือ เพื่อนำไปทดลองและทดสอบให้เป็นยารักษาแก่ผู้ป่วย จึงทำให้โครงการฯ ได้เริ่มดำเนินการเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือขึ้นตั้งแต่นั้นเป็นต้น และได้ขยายผลการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือให้กับประชาชน นอกจากการอบรมให้ความรู้ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวทางเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) แล้วนั้น จะต้องทำการวิจัยการผลิตในพื้นที่ปลูกแต่ละภูมิภาคอีกด้วย เนื่องจากพื้นที่ในประเทศไทยในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านของภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการ

เจริญเติบโตและการออกดอกของเห็ดหลินจือ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น และภาคกลาง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งอยู่ในแต่ละภูมิภาค เพื่อจะทำการศึกษาวิจัยในด้านปัจจัยการผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตคือ จำนวน ปริมาณของผลผลิต รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ของการผลิต เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการขยายผลสู่การใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและคุ้มทุน เป็นประโยชน์ต่อประชาชน เกษตรกรที่อยากจนที่จะนำไปประกอบเป็นอาชีพ สร้างรายได้ ให้แก่ตนเองและครอบครัว สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ที่ทรงมุ่งแก้ปัญหาความยากจนหรือความด้อยโอกาส ที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคนกับพื้นที่ และการประกอบอาชีพ (อำนาจ, 2552) อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนให้เกษตรกรไทยเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือมากขึ้นอันจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศต่อไป และจะเป็นอีกหนทางหนึ่งในการเสริมสร้างการพัฒนาที่มั่นคงและยั่งยืนของประเทศต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาต้นทุนผลตอบแทนของการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดปราจีนบุรี มีวิธีการวิจัยดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการใน 3 พื้นที่ คือ 1) โครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายฯ ตำบลเมืองงาย อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นแบบ 2) พื้นที่ของนางสาววรรรชราพร ทนสมัย บ้านเลขที่ 55 หมู่ 4 ตำบลโนนสะอาด อำเภอเวียงใหญ่ จังหวัดขอนแก่น และ 3) พื้นที่ของนายธงชัย จำปากลาง บ้านเลขที่ 193 หมู่ 3 ตำบลทุ่งโพธิ์ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ขยายผล โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์และจดบันทึกเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ตามแนวเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) จากพื้นที่ต้นแบบ ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบการจัดการคุณภาพ GAP เห็ดหลินจือ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.) ซึ่งได้กำหนดวิธีปฏิบัติในการผลิตให้ได้ตามมาตรฐานระบบจัดการคุณภาพตามข้อกำหนดไว้ 11 หัวข้อ ดังนี้ 1) ข้อกำหนดด้านเชื้อเห็ด 2) ข้อกำหนดด้านพื้นที่/โรงเรือน/วัสดุอุปกรณ์ 3) ข้อกำหนดด้านวัสดุอุปกรณ์ 4) ข้อกำหนดด้านวัสดุเพาะ 5) ข้อกำหนดด้านแหล่งน้ำ 6) ข้อกำหนดด้านการใช้วัสดุอันตรายทางการเกษตร 7) ข้อกำหนดด้านกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยวและการตรวจสอบการฆ่าเชื้อ (การดูแลรักษา) 8) ข้อกำหนดด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 9) ข้อกำหนดด้านการพักผลผลิต การขนย้ายในบริเวณที่ปลูก การรักษาและรวบรวมผลผลิต 10) ข้อกำหนดด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล และ 11) ข้อกำหนดด้านการบันทึกข้อมูล

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ประกอบด้วย ต้นทุนการก่อสร้างโรงเรือน วัสดุอุปกรณ์ในการผลิต ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา เป็นต้น และผลผลิตที่ได้รับใน 2 ลักษณะ คือ ดอกเห็ดหลินจือที่อบแห้งพร้อมจำหน่าย และสปอร์เห็ดหลินจือ ราคาผลผลิต เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ โดยคำนวณต้นทุนการผลิตของแต่ละหน่วยพื้นที่ และคิดต้นทุนเฉลี่ยต่อก้อน การคำนวณหาต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ของการผลิตเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (กำพล, 2521)

$$TC = TFC + TVC$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} TC &= \text{ต้นทุนรวมในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG}_2 \\ TFC &= \text{ต้นทุนคงที่ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG}_2 \\ TVC &= \text{ต้นทุนผันแปรในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG}_2 \end{aligned}$$

แล้วนำต้นทุนรวมในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละพื้นที่ มาคำนวณหาต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยการผลิต ได้แก่ ต้นทุนเฉลี่ยต่อโรงเรือน ต้นทุนเฉลี่ยต่อตารางเมตร และต้นทุนเฉลี่ยต่อก้อน รวมทั้งผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ดังนี้

$$\begin{aligned} &\text{ต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือ ต่อหน่วยพื้นที่ (ม.}^2\text{)} \\ &= \frac{\text{ต้นทุนการผลิตทั้งหมด}}{\text{จำนวนพื้นที่โรงเรือนทั้งหมด}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{ต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือ MG}_2 \text{ ต่อก้อนเห็ด} \\ &= \frac{\text{ต้นทุนการผลิตทั้งหมด}}{\text{จำนวนก้อนของเห็ดหลินจือทั้งหมด}} \end{aligned}$$

2. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการผลิตเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ โดยคำนวณหาผลผลิตเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือต่อหน่วยการผลิต และราคาจำหน่ายผลผลิต
ผลผลิตเห็ดหลินจือ/สปอร์เห็ดหลินจือ ต่อหน่วยพื้นที่ (ม. ²)

$$= \frac{\text{ผลผลิตเห็ดหลินจือ/สปอร์เห็ดหลินจือทั้งหมด}}{\text{จำนวนพื้นที่โรงเรือนทั้งหมด}}$$

นำข้อมูลที่ได้นำมาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂

ผลการวิจัย

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดปราจีนบุรี มีรายละเอียดดังนี้

1. บริบทการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂

การผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในแต่ละภูมิภาคของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดปราจีนบุรี ได้ดำเนินการตามแนวเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ในจังหวัดเชียงใหม่ ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงาย ร่วมกับกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาองค์การเภสัชกรรม สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการเป็นฐานการผลิตและใช้เป็นพื้นที่ต้นแบบ โดยใช้ระบบการจัดการคุณภาพ GAP เห็ดหลินจือ ซึ่งได้กำหนดวิธีปฏิบัติในการผลิตให้ได้ตามมาตรฐานระบบจัดการคุณภาพตามข้อกำหนดทั้ง 11 ข้ออย่างเคร่งครัดทำให้เกิดคู่มือในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2553) และขยายผลไปยังพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดปราจีนบุรี ในปี พ.ศ. 2555 โดยมีโครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายฯเป็นต้นแบบ ในการดำเนินการผลิตตามคู่มือในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสม ทั้งนี้ในขั้นตอนข้อกำหนดด้านเชื้อเห็ด จังหวัดขอนแก่นและปราจีนบุรีไม่ได้ทำการผลิตก้อนเชื้อเห็ดด้วยตนเอง แต่จัดซื้อก้อนเชื้อเห็ดจากแหล่งที่ได้มาตรฐานตามคู่มือดังกล่าว

2. ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂

2.1 ต้นทุนในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂

ต้นทุนคงที่ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาวัสดุ อุปกรณ์ และค่าเช่าที่ดิน ต้นทุนผันแปรในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ประกอบด้วย ค่าวัสดุอุปกรณ์ เงินเดือน ค่าแรงงานในการผลิตและหลังการเก็บเกี่ยว ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง โดยดำเนินการศึกษาในฤดูกาลผลิต (Crop) ปี พ.ศ.2558 ดำเนินการผลิตในโรงเรือน ขนาด 4x12 เมตร บรรจุก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 5,000 ก้อน โดยมีรายละเอียดต้นทุนการผลิตในแต่ละพื้นที่ใน Table 1

ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดปราจีนบุรี เท่ากับ 57,497.46, 82,096.54 และ 97,840.48 บาทต่อโรงเรือน ซึ่งต้นทุนการผลิตของจังหวัดขอนแก่น และปราจีนบุรี มีต้นทุนสูงกว่าจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากมีต้นทุนผันแปรในการซื้อก้อนเชื้อเห็ด ที่มีราคาแพงกว่าการผลิตก้อนเชื้อเอง เมื่อคิดต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 11.50, 16.42 และ 19.52 บาทต่อก้อน ตามลำดับ

2.2 ผลตอบแทนในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂

ผลผลิตที่ได้รับจากการผลิตเห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ สามารถเก็บผลผลิตได้ 2 ลักษณะ คือ ดอกเห็ดหลินจืออบแห้งพร้อมจำหน่าย และสปอร์เห็ดหลินจือ จากตาราง (Table 2) พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของดอกเห็ดหลินจืออบแห้งที่พร้อมจำหน่ายของจังหวัดเชียงใหม่ ได้ปริมาณมากที่สุดถึง 29.85 กก. ต่อโรงเรือน รองลงมาคือ ขอนแก่น และปราจีนบุรี 24.93 และ 24.92 กก.ต่อโรงเรือน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลผลิตของสปอร์เห็ดหลินจือที่พร้อมจัดจำหน่าย จังหวัดปราจีนบุรีสามารถผลิตได้น้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดถึง 6.8 กก.ต่อโรงเรือน

ปัจจุบันราคาซื้อขายเห็ดหลินจืออบแห้งสายพันธุ์ MG₂ ในตลาดเมืองไทย ราคาหน้าฟาร์ม (Farm gate price) ราคา กิโลกรัมละ 1,350 บาท (อ้างอิงราคากลางจากองค์การเภสัชที่รับซื้อในปัจจุบัน) ในขณะที่ราคาซื้อขายสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ มีราคาตั้งแต่ 15,000 บาท ถึง 30,000 บาท (ราคาเฉลี่ย 15,000 บาท) เมื่อทำการคำนวณผลตอบแทนสุทธิที่ได้รับจากการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ พบว่า จังหวัดเชียงใหม่

มีผลตอบแทนสุทธิจากการผลิตมากที่สุด เท่ากับ 71,299 บาท ต่อโรงเรือน รองลงมาคือ ปราจีนบุรี และขอนแก่น 37,801 และ 34,058 บาท ต่อโรงเรือน ตามลำดับ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดใน Table 3 จะเห็นได้ว่าผลตอบแทนสุทธิที่ได้รับมีความเป็นไปได้ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร หากนำไปขยายผลให้แก่เกษตรกรรายอื่นที่สนใจในการประกอบอาชีพ

Table 1 Production cost and spores of *Ganoderma lucidum* species MG₂ in Chiang Mai, KhonKaen and Prachinburi

Details	Chiang Mai	Khon Kaen	Prachinburi
Fixed Cost (Baht)			
- Depreciation of equipment	14,942.26	4,059.66	3,909.99
- rent of land	5,000.00	500.00	500.00
Variable Cost (Baht)			
- Cost of materials	109,210.83	363,559.58	458,172.90
- Salary	168,333.34	100,000.00	100,000.00
- Labor costs in production and post-harvest	43,875.35	23,900.00	23,900.00
- Electricity	2,700.00	-	-
- water	362.50	-	-
- Fuel Charge	560.00	570.00	570.00
Total Cost (Baht)	344,984.78	492,579.24	587,042.89
Per Mushroom house	57,497.46	82,096.54	97,840.48
Per Square meter (m ²)	7,187.18	10,262.07	12,230.06
Per Kilogram (kg)	1,932.11	3,932.98	3,298.58
Per Pack	11.50	16.42	19.57

Table 2 Volume of the *Ganoderma lucidum* species MG₂ product in Chiang Mai, KhonKaen and Prachinburi

<i>Ganoderma lucidum</i> Product	Chiang Mai	Khon Kaen	Prachinburi
Dried sporocarp (kg)	29.85	24.93	24.92
Dried spore powder (kg)	5.9	5.5	6.8

Table 3 Cost and returns and spores of *Ganoderma lucidum* species MG₂ in Chiang Mai, KhonKaen and Prachinburi

List	Chiang Mai	Khon Kaen	Prachinburi
Total Cost (Baht/Mushroom house)	57,497.46	82,096.54	97,840.48
Total Revenue (Baht/Mushroom house)	128,797.00	116,155.00	135,642.00
Net Revenue (Baht/Mushroom house)	71,299.54	34,058.46	37,801.52

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในปี 2558 พบว่ามีต้นทุนในการเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในจังหวัดเชียงใหม่ อยู่ที่ 11.50 บาทต่อก้อน จังหวัดขอนแก่น อยู่ที่ 16.42 บาทต่อก้อน และจังหวัดปราจีนบุรี อยู่ที่ 19.57 บาทต่อก้อน ทั้งนี้ต้นทุนที่สูงกว่าของจังหวัดขอนแก่นและปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ขยายผลไม่ได้ผลผลิตก่อนซื้อเห็ดเอง ถึงแม้ว่าวัสดุในการก่อสร้างโรงเรือนจะถูกกว่าแต่ในกระบวนการผลิตรวมแล้วส่งผลให้เกิดต้นทุนรวมที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 11.50 บาทต่อก้อนเป็นต้นทุนที่สูงกว่าต้นทุนการผลิตในงานวิจัยของอานนท์ (2544) ที่พบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 2.83 บาทต่อก้อน และสูงกว่าพงษ์ศิริ (2552) ที่พบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 4.87 บาทต่อก้อน ทั้งนี้เพราะว่าต้นทุนการผลิตที่สูงนั้นเป็นการผลิตในฟาร์มที่ผลิตตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ซึ่งมีมาตรฐานการผลิตที่สูงกว่าฟาร์มอื่นๆ ปัจจุบันราคาซื้อขายเห็ดหลินจืออบแห้งสายพันธุ์ MG₂ ในตลาดเมืองไทย ราคาหน้าฟาร์ม (Farm gate price) ราคา กิโลกรัมละ 1,350 บาท (อ้างอิงราคากลางจากองค์การเกษตรที่รับซื้อในปัจจุบัน) ในขณะที่ราคาซื้อขายสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ มีราคาตั้งแต่ 15,000 บาท ถึง 30,000 บาท เมื่อทำการคำนวณต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม ทำให้ทราบว่า จังหวัดเชียงใหม่ มีต้นทุนต่อกิโลกรัม เป็นเงิน 1,932.11 บาท จังหวัดขอนแก่น มีต้นทุนต่อกิโลกรัม เป็นเงิน 3,298.58 บาท และจังหวัดปราจีนบุรี มีต้นทุนต่อกิโลกรัม เป็นเงิน 3,932.98 บาท ซึ่งเมื่อเทียบแล้ว ดอกเห็ดหลินจืออบแห้งและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ราคาจำหน่ายรวมต่ำสุดต่อ 1 กก. เท่ากับ 16,350 บาท จึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงพาณิชย์ แต่ถ้าจะส่งเสริมให้เกษตรกรของแต่ละภูมิภาค ซึ่งแตกต่างภูมิสังคมปลูกต้องคำนึงถึงความพร้อมในการลงทุนของเกษตรกร รวมทั้งความรู้และทักษะ ในการผลิตตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ต่อไป สิ่งที่จะต้องทำการศึกษาต่อเนื่องคือการหาส่วนแบ่งทางการตลาดของอาหารเสริมและยา เพราะราคาในการจัดจำหน่ายขึ้นอยู่กับ การตลาดซึ่งเราสามารถเลือกที่จะจำหน่ายตลาดบนหรือตลาดล่างก็ได้ พร้อมทั้งสร้างความมั่นใจให้คนไทยหันมาสนใจผลิตภัณฑ์ของไทยที่มีคุณภาพมากขึ้นอย่างน้อย 2 ปี (รัตนาน, 2552) ซึ่งปัจจุบันมีการแข่งขันทางการตลาด ในการจำหน่ายเห็ดหลินจือค่อนข้างสูง นอกจากเราจะมีผลผลิตที่ดีมีคุณภาพแล้ว รูปแบบสินค้าและการให้บริการ จึงมีความจำเป็นในการช่วงชิงพื้นที่ทางการตลาดในปัจจุบัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ในแต่ละภูมิภาค พบว่า จังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น ปราจีนบุรี มีต้นทุนอยู่ที่ 11.50 16.42 และ 19.57 บาทต่อก้อน หรือเท่ากับ 57,497.46 82,096.54 และ 97,840.48 บาทต่อโรงเรือน ตามลำดับโดย

มีผลผลิตดอกเห็ดหลินจืออบแห้ง ของจังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น ปราจีนบุรี เท่ากับ 29.85, 24.93, 24.96 กก.ต่อโรงเรือน ผลผลิตสปอร์เห็ดหลินจือ เท่ากับ 5.9, 5.5 และ 6.8 กก. ต่อโรงเรือน ตามลำดับ โดยมีราคาขายดอกเห็ดอบแห้งหน้าฟาร์ม ราคา กิโลกรัมละ 1,350 บาท สปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ เฉลี่ย 15,000 บาทต่อกก. คิดเป็นผลตอบแทนสุทธิจากการผลิต เท่ากับ 71,299, 34,058 และ 37,801 บาทต่อโรงเรือน จึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือสายพันธุ์ MG₂ ในเชิงพาณิชย์ต่อเกษตรกรไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอำนาจ เดชะ คุณธีระยุทธ อินตะเสน และคุณจารุณี เชื้อนเพชร ซึ่งเป็นอดีตผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของโครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงาย หมู่ 1 ตำบลเมืองงาย อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นแบบ คุณวรรณราพร ทันสมัย คุณธงชัย จำปากกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่ขยายผล จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดปราจีนบุรี ตามลำดับ รวมถึงคุณมาลี วัชรไทย์ ที่ปรึกษางานเห็ดหลินจือของโครงการฯ ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านข้อมูลและคำแนะนำการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาการพัฒนามนุษย์สังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.กระทรวงสาธารณสุข. 2553. **คู่มือการผลิตเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือตามแนวเกษตรที่ดีที่เหมาะสม.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.
- กำพล อุดลวิทย์. 2521. **เศรษฐศาสตร์การผลิตทางการเกษตร.** ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร, คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 214 น.
- พงษ์ศิริ วิพุทธพงษ์, 2552. **ต้นทุนการผลิตเห็ดหลินจือในระบบควบคุม.** เชียงใหม่. (สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2552).
- รัตนา โพธิ์สุวรรณ. 2552. **ต้นทุนการผลิตเห็ดและสปอร์เห็ดหลินจือในโครงการพิเศษสวนเกษตรเมืองงายในพระองค์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พ.ศ 2552. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก 8(1): 39-45.**
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับเห็ดเพาะในถุง.** กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- อัญชลี จาละ. 2547. **การผลิตเห็ดหลินจือโดยใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมของขี้เลื่อยยางพาราสำหรับทำก้อนเชื้อในแนวเศรษฐกิจพอเพียง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(4): 495-500.**
- อานนท์ เอื้อตระกูล. 2544. **การเพาะเห็ดหลินจือ. พิมพ์ครั้งที่ 2.** กรุงเทพฯ: คมชัด.
- อำนาจ เดชะ. 2552. **การศึกษาสายพันธุ์ของเห็ดหลินจือที่คุ้มค่าเชิงพาณิชย์. น. 1-3. ใน บทคัดย่อผลงานวิจัยชุดโครงการวิจัยเห็ดหลินจือและสปอร์เห็ดหลินจือในประเทศไทยปีงบประมาณ 2552. นนทบุรี: สถาบันการแพทย์ไทย-จีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.**

การใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม
ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

The Use of Accounting Information of Silverware and Niellowares Entrepreneurs
in Muang District, Nakhon Si Thammarat

จตุพร อภิโชติภูตินันท์ ศิริพร ทุมรัตน์* ปาริฉัตร หนูเกื้อ อัญชลี สาธิกุล
กนกพร ตระการศิริวัฒน์ และปณิสรา รัตนบุรี

Jatuporn Apichotphudinun, Siriporn Thumrat*, Parichat Nukuea, Anchalee Satikul

Kanokphon Trakransirivat and Panisara Rattanaburi

สาขาการบัญชี คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Accounting Department Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: Thumrat102@gmail.com

บทคัดย่อ

วิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีและเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการ
ใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัด
นครศรีธรรมราช จำนวน 20 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าความถี่
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานใช้ T-test independent การวิเคราะห์ความแปรปรวน
แบบทางเดียว (One-Way Anova) และการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีเชฟเฟ (Scheffe's
Analysis)

ผลการวิจัย พบว่าผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม เป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนเท่ากัน
ส่วนใหญ่ อายุระหว่าง 36-45 ปี มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา มีประสบการณ์ในการบริหารงานมากกว่า 11 ปี ขึ้นไป
มีทุน ณ วันเริ่มธุรกิจ 1,000,000 บาท ถึง 5,000,000 บาท ระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจมากกว่า 16 ปีขึ้นไป และ
พบว่ามิระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีในภาพรวมอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า
ผู้ประกอบการใช้สารสนเทศทางการบัญชีในด้านการวางแผน อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนด้านการสั่งการ ด้านการ
ควบคุมและด้านการตัดสินใจมีระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชี อยู่ในระดับน้อย

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชี คือ ปัจจัยด้านเพศ โดยเพศ
ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชีด้านการสั่งการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
0.05

คำสำคัญ: สารสนเทศการบัญชี ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม

Abstract

This research objectives of this study were to study the level of using accounting information and to investigate the factors affect the use of accounting information of the silverware and Niellowares business operators in Muang District, Nakhon Si Thammarat Province. The population in this study was 20 entrepreneurs in silverware and Niellowares in Muang District, Nakhon Si Thammarat. The instrument used in the research was a questionnaire. The statistics used were percentage, frequency, mean, and standard deviation.hypothesis testing T-test independent, One-Way Anova, and Scheffe Analysis.

The research found that the business of silverware and Niellowares most of the male and females are between 36-45 years of age.The study secondary education Having more than 11 years of experience in business administration, having a start capital of 1,000,000 baht to 5,000,000 baht, business operation duration of more than 16 years, and overall level of use of accounting information Little When considering each aspect, it was found that the entrepreneurs used accounting in formation in planning. At the moderate level The order. Control and decision making have low levels of accounting information.

The results of the hypothesis test showed that Factors that affect the use of accounting information are gender. The difference in sex between the two groups was significantly different at the 0.05 level.

Keywords: accounting Information, business operators silverware and niellowares

คำนำ

การประกอบธุรกิจทุกประเภทมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ข้อมูลต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถบริหารงานและตัดสินใจในการทำงานให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร การใช้ข้อมูลสารสนเทศทางการบัญชีเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่สำคัญในการบริหารงานและตัดสินใจ ทำให้องค์กรทราบถึงฐานะทางการเงิน ผลการดำเนินงาน การเปลี่ยนแปลงของเงินสดและความสามารถในการทำกำไรขององค์กร การนำข้อมูลสารสนเทศทางการบัญชีมาใช้ในการบริหารจัดการธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นด้านการวางแผนที่จะช่วยให้การดำเนินภารกิจเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมีการกำหนดวิธีปฏิบัติไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ การสั่งการ เป็นการชี้แนะและควบคุมของผู้บังคับบัญชาเพื่อให้กิจการบรรลุเป้าหมายของกิจการที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุม เป็นการควบคุมเกี่ยวกับประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้วัตถุดิบทรัพยากรของกิจการให้บรรลุตามวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการตัดสินใจที่จะนำไปสู่เป้าหมายสำคัญต่อทุกองค์กรธุรกิจ ดังนั้นองค์กรจึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมด้านการบริหารจัดการทรัพยากร โดยใช้สารสนเทศทางการบัญชีให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ธุรกิจการเงินและเครื่องมในอำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราชมีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ในอดีต นับเป็นหนึ่งในศิลปะขั้นสูง ได้รับความนิยมนจนถึงปัจจุบัน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2560) เนื่องจากยังรักษาคุณภาพ มีความประณีต ความละเอียดและมีชื่อเสียงโด่งดังทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผู้ประกอบธุรกิจการเงินและเครื่องมในจังหวัดนครศรีธรรมราช จะต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม การแข่งขันทางธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ การเงิน สังคมและเทคโนโลยี รวมถึงกลยุทธ์ทางธุรกิจด้านต่างๆ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการธุรกิจให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (Laudon and Laudon, 1998) และในปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการข้อมูลทางธุรกิจจนกระทั่งได้สารสนเทศสำหรับผู้ประกอบธุรกิจและโดยเฉพาะสารสนเทศทางการบัญชีที่มีความสำคัญต่อองค์กรดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาว่าผู้ประกอบการธุรกิจการเงินและเครื่องมในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีอยู่ในระดับใดและมีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชี เพื่อได้ทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาผู้ประกอบการธุรกิจการเงินและเครื่องมต่อไป นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมในอดีต พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการบริหารงานส่งผลต่อระดับการใช้ข้อมูลทางการบัญชีในการบริหารจัดการกองทุนหมู่บ้าน ในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ดวงพร, 2559) และข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ ได้แก่ ทุน ณ วันเริ่มธุรกิจและระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจส่งผลต่อคุณภาพ ประสิทธิภาพและการเลือกใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้บริหารบริษัทจำกัด ในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (กนกวรรณและคณะ, 2559) ดังนั้นจึงเป็นที่มาของสมมติฐานการวิจัย คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการบริหารงาน ทุน ณ วันเริ่มธุรกิจและระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจส่งผลต่อการเลือกใช้สารสนเทศทางการบัญชี ด้านการวางแผน การสั่งการ การควบคุมและด้านการตัดสินใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการธุรกิจการเงินและเครื่องม จำนวน 20 ราย (ข้อมูลจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ณ วันที่ 27 กรกฎาคม 2560) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ข้อมูลเกี่ยวกับระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชี 3) ข้อเสนอแนะอื่นๆ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปทำการทดสอบแบบสอบถาม (Pre-test) กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจำนวน 5 ชุด เพื่อตรวจสอบว่าคำถามสามารถสื่อความหมายตรงตามความต้องการตลอดจนมีความเหมาะสมหรือไม่ มีความยากง่ายเพียงใดจากนั้นจึงนำมาทดสอบ ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามวิธี Cronbach พบว่าค่าความเชื่อมั่นโดยรวมเท่ากับ 0.990 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่นผลคือแบบสอบถามอยู่ในเกณฑ์ความเชื่อมั่นสูง วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าความถี่ (Frequency) วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจการเงินและเครื่องม ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และนำเสนอข้อมูลที่วิเคราะห์ในลักษณะข้อมูลเชิงพรรณนา และทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยใช้ T-test independent (บุญธรรม, 2549) สรุปได้ว่า สถิติที่ใช้เปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยกลุ่มเดียว มี 2 ตัว คือ Z-test กับ t-test หากไม่ทราบความแปรปรวนของประชากรถ้ามีตัวอย่างขนาดเล็กหรือน้อยกว่า 30 ราย ให้ใช้ t-test แต่ถ้ามีขนาดใหญ่ คือ มากกว่า 30 ราย จะใช้ Z-test ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกวรรณ, (2555) ได้ศึกษาเรื่องการใช้ข้อมูลสารสนเทศทางการบัญชีเพื่อการวางแผนและควบคุมของธุรกิจอุตสาหกรรมโรงสีในจังหวัดนครสวรรค์ที่เป็นบริษัทจำกัด จำนวน 18 ราย การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีเชฟเฟ่ scheffe' ดังนั้นจึงจัดพิมพ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปสอบถามผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมในอำเภอเมือง จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยลักษณะคำถามเป็นคำถามแบบมาตราส่วนและประเมินค่าแบบ Likert's Scale (Rating Scale) และกำหนดเกณฑ์เฉลี่ยของระดับความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง มีการใช้สารสนเทศทางการบัญชีมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง มีการใช้สารสนเทศทางการบัญชีมาก ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง มีการใช้สารสนเทศทางการบัญชีปานกลางค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง มีการใช้สารสนเทศทางการบัญชีน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง มีการใช้สารสนเทศทางการบัญชีน้อยที่สุด (ชานินทร์, 2553) และรวบรวมข้อมูล 2 แหล่ง คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) จากผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมในจังหวัดนครศรีธรรมราชทั้งสิ้น 20 ราย 2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) โดยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีที่มาจากแหล่งต่างๆ ทั้งเอกสารตำราและการค้นคว้าผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

Table 1 The number and percentage of silverware and niellowares entrepreneurs classified by sex, age education experience in managing, capital on business startup. duration of business

Independent variables		Percentage
Sex	male/female	50
Age	36-45 year old	40
Education	secondary education	45
experience in managing	more than 11 years	70
Capital on business Startup	1,000,000-5,000,000 Baht	90
Duration of business	more than 16 years	85

percentage of silverware and niellowares entrepreneurs 20 Male is 50%, female is 50%. Overall, it is between 36 and 45 years old. 40% Secondary education 45% of experience in management over 11 years or above, accounting for 70%. Capital at the commencement of business from 1,000,000 to 5,000,000 Baht or 90% of the business operation over 16 years or more, representing a percentage. 85 (Table 1)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชี

Table 2 Average deviation The use of accounting information of silverware and filling machine business operators in Muang district, Nakhon Si Thammarat Province

The use of accounting information	\bar{X}	S.D.	Information use of business operators, silverware and filling machine
Planning total	3.40	0.53	moderate
Order total	2.48	0.57	little
Control total	1.82	0.50	little
Decision making total	2.48	0.49	little
All Sides	2.59	0.45	little

The use of accounting information of silverware and nielloware business operators in Muang District, Nakhon Si Thammarat Province. The overall mean was (\bar{X} =2.59, S.D.=0.45). When considering each side, it was found that. The mean of the planning was highest (\bar{X} =3.40, S.D.=0.53). Second, the order of magnitude (\bar{X} =2.48, S.D.=0.57) Decision making (\bar{X} =2.48, S.D.=0.49) And the lowest is the control. (\bar{X} =1.82, S.D.=0.50) (Table 2)

ส่วนที่ 3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

Table 3 Comparison of differences in personal factors affecting the level of using accounting information by gender sex, age, education experience in managing, experience in management capital on business startup, duration of business

Factor			\bar{X}	S.D	t	P-Value	Test results hypothesis
Sex	Oder	m	2.85	0.60	-2.63	0.01*	Accept
		f	3.54	0.53			
Age	Between groups	2	2.08	1.04	2.91	0.08	Reject
	Within the group	16	5.71	0.35			
	Total	18	7.08				
Education experience in managing	Between groups	2	1.04	0.52	1.44	0.26	Reject
	Within group	17	6.17	0.36			
	Total	19	7.21				

Table 3 (Continue)

Factor			\bar{X}	S.D	t	P-Value	Test results hypothesis
Experience in management	Between groups	1	0.74	0.37	0.97	0.39	Reject
	Within the group	18	6.47	0.38			
	Total	19	7.21				
Capital As of Business Startup	Between groups	1	0.34	0.34	0.91	0.35	Reject
	Within the group	18	6.87	0.38			
	Total	19	7.21				
Duration of business	Between groups	2	1.01	0.50	1.39	0.27	Reject
	Within the group	17	6.20	0.36			
	Total	19	7.21				

* Significant at the 0.05 level.

The results of the hypothesis testing using the Independent t-test showed that the difference in sex had a significant difference in P-Value of 0.01. That is, reject the hypothesis. H0 accepts the hypothesis. H1 means Different accounting information was used in the business of silverware and nielloware in Mung district. The difference in Nakhon Si Thammarat.

When considering each aspect. found The only difference is the order. statistical significance was at 0.05. Control and decision making are not difference in

Age factor Education Experience in capital management at the start of business and business operation time. The statistical significance was 0.05. refers to accounting information that is not different in the silver and non-alcoholic beverage business in the Mung are. Differences in Nakhon Si Thammarat (Table 3)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชพบว่า ระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม โดยภาพรวม อยู่ในระดับน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเศกสรรค์ (2556) ได้ศึกษาถึงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ในองค์การบริหารส่วนตำบลควนศรี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษาพบว่า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ใช้ในการปฏิบัติงานเป็นระบบที่มีผู้ใช้งานที่ใช้ได้เฉพาะตำแหน่ง หรือสายงานที่เป็นผู้รับผิดชอบ ในแต่ละระบบมีผู้ใช้งานได้ในจำนวนน้อย การที่จะพัฒนาศักยภาพผู้ใช้งานนั้น จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมหรือสอนงานให้มากกว่าที่เป็นอยู่ ผู้วิจัยจึงคาดว่า การที่ผู้ประกอบการเครื่องเงินและเครื่องถม ใช้ระบบสารสนเทศทางการบัญชีอยู่ในระดับน้อยอาจจะเกิดจากการดำเนินธุรกิจที่ได้รับการตกทอดมาจากบรรพบุรุษ จึงทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นแบบครอบครัวไม่ได้คาดหวังถึงประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจมากนัก จึงทำให้ธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมยังไม่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำสารสนเทศทางการบัญชีมาใช้ มีเพียงการบันทึก รายการต่างๆ ที่เกิดขึ้นเท่านั้นเพื่อให้รับรู้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับธุรกิจ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการ

บัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม คือ ปัจจัยด้านเพศ โดยเพศที่แตกต่างกันส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชีด้านการสั่งการแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงพร (2559) ได้ทำวิจัยเรื่องการใช้ข้อมูลทางการบัญชีของกองทุนหมู่บ้านในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า เพศและระดับการศึกษาที่แตกต่างกันส่งผลต่อการใช้ข้อมูลทางการบัญชีในการบริหารจัดการกองทุนหมู่บ้านที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งอาจเกิดจากพฤติกรรมเฉพาะที่เพศหญิงมีความดูแลเอาใจใส่ธุรกิจ มีความละเอียด รอบคอบ ซึ่งเป็นพฤติกรรมเฉพาะที่มีมากกว่าเพศชาย ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการสั่งการ ขยายสินค้า การบริการให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและสั่งการในเรื่องการเพิ่มขีดความสามารถกับคู่แข่งทางการค้าได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการแข่งขันทางการค้าเป็นเรื่องธรรมชาติที่ทุกธุรกิจจะต้องมีการแข่งขันกันเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของธุรกิจที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับธุรกิจ

สรุปผลการวิจัย

การใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมใน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม จำนวน 20 ราย เป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนเท่ากัน อายุระหว่าง 36-45 ปี มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ประสบการณ์ในการบริหารงานมากกว่า 11 ปี ขึ้นไป มีทุน ณ วันเริ่มธุรกิจ ตั้งแต่ 1,000,000-5,000,000 บาท มีระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจมากกว่า 16 ปี ขึ้นไป ระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมโดยภาพรวม อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการวางแผนมีระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีอยู่ในระดับสูงที่สุด ด้านการควบคุมมีระดับการใช้สารสนเทศทางการบัญชีที่ต่ำที่สุด ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถม คือ ปัจจัยด้านเพศ โดยเพศที่แตกต่างกันส่งผลต่อการใช้สารสนเทศทางการบัญชีด้านการสั่งการแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่ให้การสนับสนุนและขอขอบพระคุณผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องเงินและเครื่องถมในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้สละเวลาในการตอบแบบสอบถามที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ คงปาน และคณะ. 2559. ศึกษาคุณภาพประสิทธิภาพและการเลือกใช้งานสารสนเทศทางการบัญชีของบริษัทจำกัด ในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 102 น.

- กนกวรรณ ปีมหัทธัญญา. 2555. การใช้ข้อมูลสารสนเทศทางการบัญชี เพื่อการวางแผนและควบคุมของอุตสาหกรรมโรงสีในจังหวัดนครสวรรค์. การค้นคว้าแบบอิสระบัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://tdc.thailis.or.th> (18 กรกฎาคม 2560).
- ดวงพร สิทธิดำรง. 2559. การใช้ข้อมูลทางการบัญชีในการบริหารจัดการของกองทุนหมู่บ้านในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2553. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 11 กรุงเทพฯ: วี.อินเตอร์พรีนซ์. 520 น.
- เศกสรรค์ คงชวัน. 2556. การพัฒนาศักยภาพบุคลากรในการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในองค์การบริหารส่วนตำบลควนรี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/download/30915/26661> (25 กรกฎาคม 2560).
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2560. เครื่องมไทยในปัจจุบัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://kanchanapisek.or.th> (16 กรกฎาคม 2560).
- Laudon, K.C. and J.P.Laudon. 1998. **Management Information Systems**. Bangkok: Pearson Education Indochina, Inc.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- จำเนียร แก้วกันธา. 2558. การใช้ข้อมูลสารสนเทศทางการบัญชีของผู้ประกอบธุรกิจสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในจังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระบัญชีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://tdc.thailis.or.th> (15 กรกฎาคม 2560).

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู
โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร

The Development of Information Systems for the Performance Management
of the Teachers in Wilderness Highland School

สุขสันต์ สอนนวล

Sooksun Sonnual

บริหารการศึกษา/ภาควิชา ครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงราย 57100

Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand 57100

Corresponding author: sooksun2511@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ดำเนินการตามขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาสภาพการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร 2) ศึกษาองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร โดยวิธีพหุกรณีศึกษา (Multi-case studies) 3) ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการศึกษสภาพการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร พบว่า 1) สภาพการใช้งาน ยังจัดเก็บในรูปแบบเอกสาร แบ่งหมวดหมู่แบ่งตามประเภทการประเมินครูผู้ช่วยและการประกันคุณภาพภายในเป็นหลัก ส่วนผู้รับผิดชอบงานอยู่ที่ครูทุกคน 2) มีปัญหาด้านความล่าช้าในการค้นหาข้อมูล ความถูกต้องในการประมวลผล และหลักฐานร่องรอยที่ใช้รับรองผลงาน 3) แนวทางการแก้ไข ควรจัดทำระบบสารสนเทศแบบออนไลน์ และรวบรวมประเด็นการประเมินผลงานครูให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อลดภาระงานครูลง

2. ผลการศึกษารายละเอียดของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ได้องค์ประกอบตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงาน 3 องค์ประกอบ คือ 1) ตัวชี้วัดผลสำเร็จการปฏิบัติงานของครู มี 4 รายการ 2) ตัวชี้วัดด้านพฤติกรรมกรรมการปฏิบัติงานของครูมี 11 รายการ 3) งานอื่นที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชา มี 5 รายการ

3. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร พบว่า ได้องค์ประกอบเพื่อนำไปออกแบบสร้างระบบสารสนเทศ ดังนี้

3.1 ได้องค์ประกอบของระบบสารสนเทศที่ได้ คือ 1) ขั้นตอนการทำงาน (Procedure) มี 25 กิจกรรม 2) ข้อมูล (data) มี 38 ข้อมูล 3) สารสนเทศ (information) มี 56 รายการ

3.2 ได้ออกแบบจำลองของระบบสารสนเทศในรูปแบบ 1) แผนภูมิการไหล (Flow Chart) 2) แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล (ER-Diagram) 3) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) 4) พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพ ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร พบว่าในภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test) มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test) อยู่ในระดับ ดี ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test) อยู่ในระดับ ดี และภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) อยู่ในระดับดี ดังนั้นการตัดสินใจผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ถือว่า สามารถนำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับดี

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบสารสนเทศ การบริหารผลการปฏิบัติงาน โรงเรียนพื้นที่สูง ถิ่นทุรกันดาร

Abstract

The purposes of this research were to development the information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. The research composed of three steps which were: 1) study the use of information system for the performance management of the teachers in wilderness highland school. 2) To study the components of the information system for the performance management of the teachers in wilderness highland school. Multi-case studies 3) Design and development The information system for the performance management of teachers in wilderness highland school. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and percentage. Analyze qualitative data by descriptive analysis.

The research found that

1. The results of the study on the use of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. Found that: 1) Storage is also documented only. 2) The problem of using. There is a delay in searching data. Accuracy in processing and Evidence used to certify the work.

2. The results of the study on the components of the information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. There are 3 components of performance indicators: 1) There are 2 indicators of teacher performance. 2) There are 11 indicators of teacher behavior. 3) Other assignments are 5 items.

3. The results of the development of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school found that the components to design information systems were.

3.1 The information system components are: 1) the procedure has 25 activities 2) the data has 38 data 3) the information has 56 items

3.2 Simulation of information system in Figure 1) Flow chart 2) Database structure model 3) Data flow diagram 4) Data dictionary

3.3 Results of Performance Evaluation information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school found that The efficiency to meet the needs of the users (Functional Requirement Test) are good. Performance of the system functions (Function Test) are good. Performance of the Ease of Use (Usability Test) are good. Performance of the security of information systems (Security Test) are good. Therefore, the evaluation of efficiency information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. So we can use the information system to manage the performance of the teachers in wilderness highland school. To use effectively.

Keywords: development of information system, performance management, highland school, wilderness

Abstract

The purposes of this research were to development the information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. The research composed of three steps which were: 1) study the use of information system for the performance management of the teachers in wilderness highland school. 2) To study the components of the information system for the performance management of the teachers in wilderness highland school. Multi-case studies 3) Design and development The information system for the performance management of teachers in wilderness highland school. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and percentage. Analyze qualitative data by descriptive analysis.

The research found that

1. The results of the study on the use of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. Found that: 1) Storage is also documented only. 2) The problem of using. There is a delay in searching data. Accuracy in processing and Evidence used to certify the work.

2. The results of the study on the components of the information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. There are 3 components of performance indicators: 1) There are 2 indicators of teacher performance. 2) There are 11 indicators of teacher behavior. 3) Other assignments are 5 items.

3. The results of the development of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school found that the components to design information systems were.

3.1 The information system components are: 1) the procedure has 25 activities 2) the data has 38 data 3) the information has 56 items

3.2 Simulation of information system in Figure 1) Flow chart 2) Database structure model 3) Data flow diagram 4) Data dictionary

3.3 Results of Performance Evaluation information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school found that The efficiency to meet the needs of the users (Functional Requirement Test) are good. Performance of the system functions (Function Test) are good. Performance of the Ease of Use (Usability Test) are good. Performance of the security of information systems (Security Test) are good. Therefore, the evaluation of efficiency information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school. So we can use the information system to manage the performance of the teachers in wilderness highland school. To use effectively.

Keywords: development of information system, performance management, highland school, wilderness

คำนำ

ปัจจุบันการศึกษาที่รัฐจัดบริการให้แก่ประชาชนยังประสบปัญหามากมาย ซึ่งปรากฏเป็นข้อเท็จจริงระดับคุณภาพการจัดการศึกษาของไทยที่ตกต่ำเมื่อเทียบกับบรรดาประเทศต่างๆ และผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของโรงเรียนในสังกัดต่างๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ มีคะแนนสอบเฉลี่ยในระดับต่ำในทุกกลุ่มวิชา ทั้งหมดจำนวน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2558)

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงเรียนที่อยู่ในพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร มีปัญหาในด้านต่างๆ ดังนี้ 1) ด้านการบริหารงานทั่วไป ปัญหาด้านบริหารงานวิชาการ งบประมาณน้อย และขาดแคลนบุคลากรครู 2) ด้านการบริหารงานวิชาการปัญหาการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาการอ่านออกเขียนได้ การสื่อสาร การคิดวิเคราะห์และการคิดคำนวณ 3) ด้านการบริหารงานงบประมาณ การจัดสรรงบประมาณน้อย ไม่เพียงพอในการบริหารจัดการ 4) ด้านการบริหารงานบุคคล มีปัญหาขาดแคลนบุคลากรครู ครูย้ายบ่อย ครูไม่ครบตามสาระครูสอนไม่ตรงตามวิชาเอก ภาระงานของครูมาก ขาดขวัญและกำลังใจ ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้การสอนการจัดการเรียน (มานิตย์ และคณะ, 2558)

ในขณะที่มีงานวิจัยหลายชิ้นพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่พบเหมือนกันทุกระดับชั้น คือ ตัวแปรคุณลักษณะของครูโดยค่าน้ำหนักที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง (วิทยากร, 2555) จากปัญหาคุณภาพของผู้เรียนที่กล่าวมาข้างต้น น่าจะเชื่อมโยงกับเหตุปัจจัยของตัวแปรสำคัญ คือ คุณภาพของครูโดยเฉพาะด้านความสามารถในการจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นบทบาทหน้าที่หลัก จึงสะท้อนให้เห็นว่า

การบริหารผลการปฏิบัติงานของครูในปัจจุบันยังไม่ส่งผลให้ครูปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของครูที่ดีซึ่งหลักการการบริหารผลการปฏิบัติงาน (Performance Management System: PMS) เป็นเครื่องมือที่ช่วยทำให้ผลงานทั้งขององค์กรหน่วยงานและพนักงานประสบความสำเร็จ เป็นการกำหนดเป้าหมาย (Goal setting) ที่มีการเชื่อมโยงหรือบูรณาการจากเป้าหมายองค์กรสู่การนำไปปฏิบัติที่ชัดเจนและเป็นไปได้ เน้นการสื่อสารสองทางแบบมีส่วนร่วม (Two-way Communication) ไม่ใช่เป็นการบังคับให้ลูกน้องยอมรับเป้าหมายของผลงานที่หัวหน้างานกำหนดขึ้นมา โดยทีมงานบุคคลจะมีหน้าที่ในการกำหนดกรอบหรือแนวทางในการวัดผลงานเพื่อใช้เป็นมาตรฐานร่วมกัน เช่น การนำแนวคิดของตัวชี้วัดผลงานหลัก (Key Performance Indicators: KPLS) มาใช้ในการบริหารผลการปฏิบัติงานต่อไป (อาภรณ์, 2553) โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมบันทึกข้อมูล และเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมยุคโลกาภิวัตน์ในปัจจุบัน ที่องค์กรต่างๆ ต้องอาศัยการขับเคลื่อนและการแข่งขันกันด้วยข้อมูลสารสนเทศที่ถูกต้องรวดเร็ว ผู้ศึกษาจึงสนใจในทำการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูในโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร (The development of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school) เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศที่สมบูรณ์ต่อไป

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนในการพัฒนา

การพัฒนาสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร มีขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาสภาพการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูง ในถิ่นทุรกันดาร จากการศึกษาเอกสารและวิธีการสัมภาษณ์กลุ่มครูผู้อำนวยการโรงเรียนและผู้อำนวยการฝ่ายนโยบาย และแผนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ที่มีโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร จำนวน 7 กลุ่ม

1.2 ศึกษาองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูง ในถิ่นทุรกันดาร โดยวิธีพหุกรณีศึกษา (Multi-case studies) โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารการศึกษาและผู้อำนวยการโรงเรียนที่มีวิธีปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร จำนวน 12 คน

1.3 ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่น ทุรกันดารโดยออกแบบแผนภูมิการไหล (Flow Chart) แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล (ER-Diagram) แผนภาพ กระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) และ พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) แล้วดำเนินสร้างโปรแกรมที่มี ลักษณะทำงานแบบออนไลน์ ไปทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริงและการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศ กับกลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ ครู รองผู้อำนวยการและผู้อำนวยการโรงเรียนที่ใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการ ปฏิบัติงาน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 โรงเรียน 95 คน

ผลการวิจัย

ผลจากการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ในแต่ละขั้นตอนการศึกษาได้ผลดังนี้

1. ผลการศึกษาสภาพการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่น ทุรกันดาร พบว่า

1.1 สภาพการใช้งาน ยังจัดเก็บในรูปแบบเอกสาร แบ่งหมวดหมู่แบ่งตามประเภทการประเมินครูผู้ช่วย และการประกันคุณภาพภายในเป็นหลัก ส่วนผู้รับผิดชอบงานอยู่ที่ครูทุกคน

1.2 มีปัญหาด้านความล่าช้าในการค้นหาข้อมูล ความถูกต้องในการประมวลผล และ หลักฐานร่องรอยที่ ใช้รับรองผลงาน

1.3 แนวทางการแก้ไข ควรจัดทำระบบสารสนเทศแบบออนไลน์ และ รวบรวมประเด็นการประเมินผล งานครูให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อลดภาระงานครูลง

2. ผลการศึกษาคู่ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงใน ถิ่นทุรกันดาร ได้องค์ประกอบตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงาน 3 องค์ประกอบคือ

1.1 ตัวชี้วัดผลสำเร็จการปฏิบัติงานของครู มี 4 รายการ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามสาระการเรียนรู้ 2) ค่าเฉลี่ยคะแนนผลการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน 3) ค่าเฉลี่ยคะแนนผลการ ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 4) ค่าเฉลี่ยคะแนนความสำเร็จตาม KPI ในโครงการที่เกิดจากแผนปฏิบัติการ

1.2 ตัวชี้วัดด้านพฤติกรรมการปฏิบัติงานของครู มี 11 รายการ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้ 2) การวิจัย เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ 3) การจัดทำหรือพัฒนาแผนการเรียนรู้ 4) การสร้างและหรือการพัฒนาหลักสูตร 5) การพัฒนา ผู้เรียนคุณภาพของผู้เรียน 6) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 7) การบริหารจัดการชั้นเรียน 8) ทำงานร่วมกับชุมชน

9) การพัฒนาตนเอง และ วินัย คุณธรรม จริยธรรมสำหรับข้าราชการครู 10) การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนที่ไม่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาแม่ 11) การจัดการเรียนรู้อาชีพเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีพื้นฐานในการประกอบอาชีพ

1.3 งานอื่นที่เกี่ยวข้องกับผลการปฏิบัติงานครู มี 5 รายการ ได้แก่ 1) งานพิเศษตามโครงสร้างการบริหารในสถานศึกษา เช่น งานวิชาการ งานการเงิน-พัสดุ งานกิจการนักเรียน เป็นต้น 2) งานธุรการที่ต่อเนื่องจากระบบงานสารบรรณ 3) งานที่ผู้บริหารมอบหมายอื่น 4) การมาปฏิบัติราชการ ในเวลาราชการและนอกเวลาราชการ 5) การปฏิบัติหน้าที่สอนแทนครูที่ลา หรือไปราชการ

3. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดารพบว่า ได้องค์ประกอบเพื่อนำไปออกแบบสร้างระบบสารสนเทศ ดังนี้

3.1 ได้องค์ประกอบของระบบสารสนเทศที่ได้คือ

1) ขั้นตอนการทำงาน (Procedure) มี 25 กิจกรรม ได้แก่ 1) กำหนดข้อมูลพื้นฐาน 2) บันทึกโครงการ 3) บันทึก ID Plan 4) บันทึกแผนการสอน 5) บันทึกงานสารบรรณ 6) บันทึกกำหนดการส่งงาน 7) กำหนดเป้าหมายร่วมกัน 8) อนุมัติให้ดำเนินโครงการ 9) ติดตามสถานการณ์ดำเนินโครงการ 10) อนุมัติ ID Plan 11) ตรวจสอบบันทึกแผนการสอน 12) บันทึกหลังการสอน 13) เกษียณหนังสือสั่งการ 14) แจกหนังสือราชการ 15) ติดตามเรื่องเวลาการมาปฏิบัติงาน 16) บันทึกการนิเทศ 17) บันทึกการการสอนงาน Coaching 18) บันทึก PLC 19) บันทึกการไปอบรม 20) บันทึกการไปศึกษาดูงาน 21) ประเมิน ID Plan 22) ประเมินแผนการสอน 23) ประเมินงานสารบรรณ 24) ประเมินการทำงานตามคำสั่ง 25) รายงานผลงานประจำปี



เข้าสู่ระบบ

ชื่อผู้ใช้:

รหัสผ่าน:

จดจำฉันไว้

[Sign Up](#) [ลืมรหัสผ่าน?](#)

Figure 1 Screening of information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school



ข้อมูลโครงการ, แก่ไข [บ้านพญาไพร, 2561, 1]

เสนอโครงการ

รหัสโรงเรียน *

ปีงบประมาณ *

รหัสสำนักงานเขตพื้นที่ *

ชื่อโครงการ

ไฟล์โครงการ

เก็บ ลบ สู่เพจ

Figure 2 The screen shows the usage of project information in the information systems for the performance management of the teachers in wilderness highland school

2) ข้อมูล (data) มี 38 ตาราง ได้แก่ 1) ข้อมูลโรงเรียน 2) ข้อมูลครู 3) ข้อมูลประเภทโครงการ 4) ข้อมูลสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา 5) ข้อมูลประเภทงาน 6) ข้อมูลชื่องานย่อย 7) ข้อมูลการสอนแทน 8) ข้อมูลมาตรฐาน 9) ข้อมูลตัวชี้วัดรายวิชา 10) ข้อมูลระดับชั้นเรียน 11) ข้อมูลตำบล 12) ข้อมูลอำเภอ 13) ข้อมูลจังหวัด 14) แผนยุทธศาสตร์โรงเรียน 15) ข้อมูลแผนยุทธศาสตร์ชาติ 16) ข้อมูลสถานะโครงการ 17) ข้อมูลโครงการ 18) ข้อมูล ID Plan 19) ข้อมูลรายวิชา 20) ข้อมูลแผนการสอน 21) ข้อมูลทะเบียนหนังสือรับ 22) ข้อมูลทะเบียนหนังสือส่ง 23) ข้อมูลหนังสือภายนอก 24) ข้อมูลหนังสือภายใน 25) ข้อมูลตารางกำหนดการส่งงาน 26) ข้อมูลการกำหนดเป้าหมาย 27) ข้อมูลการมาปฏิบัติราชการ 28) ข้อมูลการลา 29) ข้อมูลการนิเทศ 30) ข้อมูลการ Coaching 31) ข้อมูลการทำ PLC 32) ข้อมูลการไปอบรม 33) ข้อมูลการไปศึกษาดูงาน 34) ข้อมูลการผลิตสื่อการสอน 35) ข้อมูลงานสารบรรณ 36) ข้อมูลการทำงานตามคำสั่ง 37) รายงานผลงานประจำปีรายคน 38) รายงานผลงานประจำปีรายโรงเรียน

3) สารสนเทศ (information) มี 56 รายการ ได้แก่ 1) ปฏิทิน Calendar การดำเนินงาน 2) แผนภูมิ Gantt chart ติดตามความก้าวหน้าโครงการ 3) กราฟแสดงสัดส่วนงบประมาณในโครงการ 4) ระบบเตือนผู้ดำเนินโครงการให้เตรียมการดำเนินโครงการตามแผนทางไลน์แอปพลิเคชัน 5) ระบบเตือนการตรวจสอบโครงการแล้วแจ้งต่อผู้บริหารด้วยสถานะของสี 6) แผนภูมิ Gantt chart ติดตามความก้าวหน้ากิจกรรมพัฒนาตนเองของครู 7) ปฏิทิน Calendar พัฒนาตนเองของครู 8) ปฏิทิน Calendar ติดตามงานอื่น ๆ ที่ผู้บริหารมอบหมาย 9) กราฟแสดงร้อยละของครูที่จัดทำแผนการสอน 10) กราฟแสดงร้อยละของแผนการสอนที่มีลักษณะเป็น Active Learning/Passive Learning 11) กราฟแสดงข้อมูลการรับ/ส่งหนังสือราชการต่อวัน 12) กราฟแสดงจำนวน/ร้อยละของหนังสือราชการในแต่ละวัน 13) กราฟแสดงร้อยละของหนังสือราชการที่ครูดำเนินการสำเร็จ/ไม่สำเร็จตามเวลา 14) รายชื่อหนังสือราชการที่มีความสำคัญต่อสถานศึกษา 15) แผนภูมิวงกลมแสดงตามรายคน 16) แผนภูมิวงกลมแสดงตามรายโรงเรียน 17) กราฟแสดงจำนวนร้อยละของเป้าหมายความสำเร็จ 18) กราฟแสดงยอดงบประมาณที่อนุมัติ 19) สัดส่วนงบประมาณ ต่อจำนวนนักเรียน 20) ร้อยละการดำเนินโครงการ 21) กราฟสัดส่วนงบประมาณโครงการ 22) รายงาน

ข้อมูลโครงการที่ดำเนินการเสร็จสิ้น 23) รายงานข้อมูลโครงการที่อยู่ระหว่างการดำเนินการ 24) รายงานข้อมูลโครงการที่ยังไม่ดำเนินการ 25) รายงานโครงการตามผลการประเมินโครงการ 26) ร้อยละการอนุมัติ ID Plan 27) ร้อยละของการพัฒนาตนเองที่เป็นไปตามแผน 28) ร้อยละของการพัฒนาตนเองที่ไม่เป็นไปตามแผน 29) รายงานร้อยละแยกตามกลุ่มสมรรถนะที่ครูต้องการพัฒนา 30) รายงานร้อยละแยกตามรายวิชาเอก 31) รายงานร้อยละแยกตามแผนที่ตรวจแล้ว 32) รายงานร้อยละการรับทราบและดำเนินการตามหนังสือราชการ 33) รายงานร้อยละหนังสือราชการแยกตามสถานะการดำเนินการ 34) รายงานร้อยละการรับทราบและดำเนินการตามหนังสือ 35) รายงานร้อยละแยกตามผลการดำเนินการ 36) สถิติการมาปฏิบัติราชการ มา/มาสาย ลา/ลาป่วย/ไปราชการ 37) ร้อยละการนิเทศ 38) รายงานผลการนิเทศ 39) รายงานผลการดำเนินการตามข้อนิเทศ 40) ความพึงพอใจต่อการนิเทศ 41) ร้อยละ Coaching 42) รายงานผล Coaching 43) รายงานผลการดำเนินการตามข้อ Coaching 44) สถิติความพึงพอใจต่อการ Coaching 45) สถิติ PLC 46) รายงานผล PLC 47) รายงานผลการดำเนินการตามข้อ PLC 48) ความพึงพอใจต่อการ PLC 49) รายงานร้อยละการไปอบรม 50) รายงานร้อยละการไปศึกษาดูงาน แยกตามการศึกษาดูงาน ภายในจังหวัด/นอกจังหวัด/ในเขตฯ/นอกเขต 51) กราฟแสดงร้อยละผลการพัฒนาตามการประเมิน Rating scale 5 ระดับ 52) กราฟแสดงร้อยละแผนการสอนตามการประเมิน Rating scale 5 ระดับ 53) กราฟแสดงร้อยละประเมินงานสารบรรณที่ดี/ไม่ดี ตามการประเมิน Rating scale 5 ระดับ 54) กราฟแสดงร้อยละประเมินงานทำงานตามคำสั่ง ที่ดี/ไม่ดี ตามการประเมิน Rating scale 5 ระดับ 55) รายงานผลการประเมินผลการปฏิบัติงานในทุกรายการ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แยกตาม/สมรรถนะ/ผลสำเร็จของงาน/คำสั่งของผู้อำนวยการ 56) รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี

3.2 ผลการออกแบบจำลองของระบบสารสนเทศในรูปแบบ

- 1) แผนภูมิการไหล (Flow chart)
- 2) แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล (ER-diagram)
- 3) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow diagram)
- 4) พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary)

3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพ ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครู โรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร

- 1) ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement test) มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ ดี
- 2) ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function test) อยู่ในระดับ ดี
- 3) ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) อยู่ในระดับ ดี
- 4) ภาพรวมของการประเมินประสิทธิภาพด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) อยู่ในระดับ ดี

Table 1 Performance evaluation: information systems for the performance management information systems for teachers in the highland school in the wilderness

No.	List	\bar{X}	S.D	Performance
1	The efficiency to meet the needs of the users (Functional requirement test)	4.07	0.514	Good
2	Performance of the system functions (Function test)	4.03	0.313	Good
3	Performance of the ease of use (usability test)	3.88	0.423	Good
4	Performance of the security of information systems (Security test)	3.82	0.423	Good
Total		3.96	0.339.	Good

จากผลการประเมินทั้งสี่ด้านจึงสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ถือว่า สามารถนำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับดี

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยนี้ พบว่า สารสนเทศที่เกิดจากระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร นั้นมีความสอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนา ครูเพื่อนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการนำระบบนี้ไปใช้นั้นมีความมุ่งหมายหลักของการจัดทำสารสนเทศนี้ขึ้นมา ให้เป็นไปเพื่อการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของครูให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในยุค Thailand 4.0 ที่มีความถูกต้อง รวดเร็ว ชัดเจนและเป็นระบบ สอดคล้องกับ แนวทางการพัฒนาครูบุคลากรทางการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติที่ระบุไว้ในกรอบภารกิจกำหนดให้มีกลุ่มพัฒนาทรัพยากรบุคคล มีหน้าที่และภารกิจ ศึกษา วิเคราะห์ ข้อมูล จัดทำข้อเสนอนโยบาย และแผนพัฒนาทรัพยากรบุคคล ให้เป็นไปตามนโยบายและการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดทำและพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศของครูและบุคลากรทางการศึกษาเพื่อใช้ในการคัดกรองจำแนกกลุ่มครู เพื่อการพัฒนา ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการวางแผนพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษาขั้นพื้นฐานดังนั้น ผู้บริหารสถานศึกษาจึงต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากรตามแผนพัฒนาที่กำหนด (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558)

ซึ่งการจัดกระทำข้อมูลที่ซับซ้อนนี้ ต้องอาศัยความสนใจในการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังต้องอาศัยระบบการเชื่อมต่อเครือข่าย Internet ที่เสถียร และมีความเร็วในการส่งสัญญาณดีพอจึงจะเกิดสารสนเทศ ตามที่ต้องการได้ ดังนั้นโรงเรียนที่จะนำระบบนี้ไปใช้จะต้องมีระบบเครือข่าย Internet ที่ดีด้วย

จุดเด่นที่พบคือการนำเอาระบบสารสนเทศแบบประมวลรายการ (TPS: Transaction Processing System) มาช่วยเป็นเครื่องมือในการทำงานของครู เพื่อช่วยรวบรวมข้อมูลที่เกิดจากการทำงาน เช่น ระบบ e-office ระบบบันทึกแผนการสอนออนไลน์ และระบบบันทึกโครงการ โดยครูไม่รู้สึกรู้ว่า เป็นการเรียกบันทึกเพื่อเก็บข้อมูลอย่างเดียว

แต่เป็นส่วนหนึ่งของการทำางานที่ทำอยู่เป็นประจำ ส่วนผลที่เก็บบันทึกไว้ ระบบจะนำเอาไปประมวลผลเป็นระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS: Management Information System) เองโดยอัตโนมัติภายหลัง ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานเพราะมีข้อดีคือ

1. ยึดหลักการพัฒนาครูในโรงเรียนเป็นหลัก (Teacher base training) กล่าวคือ มุ่งเน้นให้ครูได้พัฒนางานแบบ On the job training และให้ผู้บริหารได้มีโอกาส นิเทศ ติดตาม สอนงาน (Coaching) ให้ครูผู้สอน และใช้วิธีการสื่อสาร แบบสองทางผู้บริหารได้พูดคุยกับครู ก่อนที่จะบันทึกประเด็นสนทนาและองค์ความรู้ที่ได้ ลงในระบบเพื่อจัดเก็บไว้ประมวลผลต่อไป

2. เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บผลงานครูทำหน้าที่คล้าย E-port folio หรือ Logbook จึงช่วยลดเวลาในการทำงานที่ไม่ต้องบันทึกข้อมูลใหม่ซ้ำอีก เช่น แผนการสอนหลักฐานร่องรอยการจัดการเรียนรู้ ผลงานผู้เรียน โครงการ และภาพกิจกรรมการดำเนินโครงการในแผนงาน เป็นต้น

3. เป็นเครื่องมือช่วยบริหารคุณภาพครู ตามแนวคิดของ Prof. Robert Kaplan ที่กล่าวไว้ว่า “If we cannot measure we cannot manage, If we can measure we can manage” (ชาติชาย, 2553) กล่าวคือ หากเราต้องการที่จะพัฒนาสมรรถนะครูในการจัดการเรียนรู้ เราต้องนำประเด็นเงื่อนไขสมรรถนะนั้นมาเป็นเกณฑ์ในการวัดผลประสิทธิภาพการทำงานของครูเพื่อให้ครูได้มุ่งสร้างผลการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามเกณฑ์และนำไปพัฒนาตัวเองให้เกิดผลดีและส่งผลต่อผู้เรียนเป็นลำดับต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดาร ได้ระบบสารสนเทศที่สอดคล้องกับการพัฒนาวิชาชีพครูและผลการปฏิบัติงานของครูส่งต่อการพัฒนาผู้เรียนโดยตรง เป็นรูปแบบการนำระบบสารสนเทศแบบประมวลรายการ (TPS: Transaction Processing System) มาช่วยครูทำงานเพื่อเก็บข้อมูลไปประมวลผลเป็นระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS: Management Information System) ยึดหลักการพัฒนาครูในโรงเรียนเป็นหลัก (Teacher base training) ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บผลงานครู และใช้เป็นเครื่องมือช่วยบริหารคุณภาพครู และผลจากการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ทั้ง 4 ด้าน พบว่า ประสิทธิภาพด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional requirement test) อยู่ระดับ ดี ประสิทธิภาพด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test) อยู่ระดับดี ประสิทธิภาพด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability test) อยู่ระดับดี ประสิทธิภาพด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security test) อยู่ระดับดี และในภาพรวม สามารถนำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารผลการปฏิบัติงานครูโรงเรียนพื้นที่สูงในถิ่นทุรกันดารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.เกศทิพย์ ศุภวานิช ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผอ.ประยูร สุธาบุรณียอดครุผู้มีอุดมการณ์ ประจำปี 2555 ท่าน ผอ.ดร. กัญญาสมบุรณ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านวนาหลวง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ยอดครุผู้มีอุดมการณ์ ประจำปี

2558 ผอ.ดร.ณรงค์ อภัยใจ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านเมืองกีด ประธานชมรมนั้กจัดการศึกษาโรงเรียนพื้นที่สูงมีส่วนสำคัญในการให้คำแนะนำและให้ข้อมูลอันมีค่าอึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชาติชาย จาตตานิม. 2556. การประเมินผลงาน การประเมินผลงานระดับองค์กร การประเมินผลงานระดับ **ตัวบุคคล**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=qFa7-tNGefw> (20 พฤศจิกายน 2559).
- มานิตย์ แก้วกันระ อินทร์ จันทร์เจริญ จำนง แจ่มจันทร์วงษ์ และพรภวิชัย มนตร์วัชรินทร์. 2558. การบริหารสถานศึกษาบนพื้นที่สูงที่มีนักเรียนหลายชนเผ่าเรียนรวมกัน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจังหวัดเชียงราย. วารสารศึกษาศาสตร์ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น 9(2): 106-112
- วิทยากร เชียงกุล. 2555. รายงานเรื่องสภาวะการศึกษาไทย ปี 2552-2553 "จะปฏิรูปการศึกษาให้เกิดผลจริงได้อย่างไร". กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 134 น.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2558. รายงานประจำปี 2558. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 159 น.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- วุฒินันท์ ชุมภู. (ผู้แปล) วีรุธ มาชะศิริรานนท์ (ผู้เรียบเรียง). 2556. วิธีการประเมินผลงาน. กรุงเทพฯ: เอ็กซ์เปอร์เน็ท. 272 น.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553. แนวทางการส่งเสริมการจัดการศึกษาวิชาชีพระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 124 น.

การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้ง
ของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช
Implementation of Analytic Hierarchy Process (AHP) for Selecting the Location
of Oil Palm Purchase Points: Nakhon Si Thammarat Province

สารณี จุลแก้ว^{1*} กันต์ธมน สุขกระจ่าง² และธนระรัตน์ รัตนกุล²
Sarapee Chunkaow^{1*}, Kantamon Sukkrajang² and Tanarat Rattnakool²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

²คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

¹Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

²Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: skantamon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช และ (2) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้บริหารหรือผู้มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน จำนวนทั้งสิ้น 9 ราย โดยการเลือกตัวอย่างประชากรแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในการสร้างแบบสัมภาษณ์จะนำข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทำการสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยด้านต้นทุน และปัจจัยด้านขนส่ง ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ทำเลที่ตั้ง จุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน

Abstract

The aim of the research to Application Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to choose the location of oil palm purchase points: Nakhon Si Thammarat Province were The determining factor, Analysis and create mode to select oil palm purchase points location by executive or the authority with purposive sampling 9 case because such groups had fully cooperated to collect data. The analysis of this study was used information from document and relating factors to form model for comparing main factor with secondary factor.

The result of the weight of the main factor indicated that the important weight value of main factor was sorted in descending order as follows: Basic structure Cost and Transportation.

Keywords: Applying the Analytic Hierarchy Process, location, oil palm purchase points

คำนำ

ในการเลือกทำเลที่ตั้งถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากของเกษตรกร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนย้ายจากเกษตรกรไปยังผู้บริโภคได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้ตัดสินใจเลือกจุดรับซื้อจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างมากมาย ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญและได้เลือกวิธีการตัดสินใจตัดสินใจแบบการวิเคราะห์ลำดับชั้นมาประยุกต์ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ เพราะเป็นการเลียนแบบวิธีคิดและการใช้เหตุผลของมนุษย์ในการแยกปัญหาออกเป็นลำดับชั้น (Vargas, 1990) ซึ่งวิธีการดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งเพื่อดำเนินกิจกรรมต่างๆ เช่น ทำเลที่ตั้งก๊าซ LPG (กันต์ธมนและคณะ, 2560) และทำเลที่ตั้งห้องเย็นเพื่อเก็บอาหารทะเล (กันต์ธมนและคณะ, 2559) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถวางแผนและพัฒนากลยุทธ์ของตนเองให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อสามารถแข่งขันกับคู่แข่ง ได้ดียิ่งขึ้น (นันทกานต์, 2549) อีกทั้งยังสามารถกระจายรายได้ให้แก่ผู้ที่จะจัดตั้งจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อกำหนดปัจจัยที่ผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดรายละเอียดของการสำรวจประชากรและพื้นที่เป้าหมาย รวมถึงรายละเอียดของการดำเนินการที่สำคัญ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตด้านเนื้อหา การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- 1.1 สืบค้นเอกสารงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้อ้างอิงในการค้นคว้า
- 1.2 สร้างแบบสำรวจ สำหรับเก็บข้อมูล
- 1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.4 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

2. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน จำนวนทั้งสิ้น 9 ราย โดยการเลือกตัวอย่างประชากรแบบเจาะจง (Purposive sampling) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2542)

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

จุดรับซื้อปาล์มน้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช แสดงใน Google Maps Figure 1

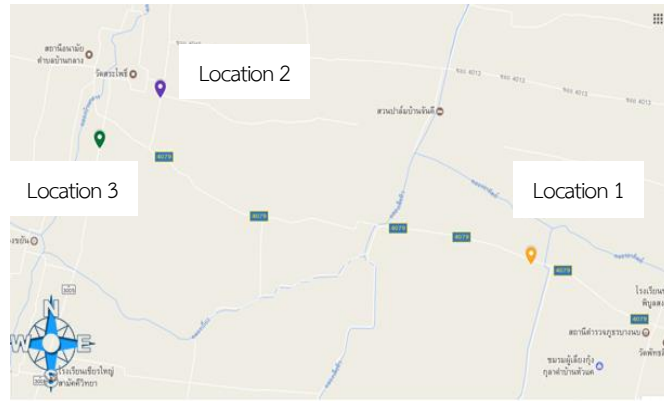


Figure 1 Google Maps : Oil palm plantation

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัย คือ แบบสอบถามสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกทำเลที่ตั้ง และทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาแบ่งกลุ่มเพื่อสร้างแบบสัมภาษณ์ปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

1.2 หลังจากที่มีการเก็บรวบรวมปัจจัยดังกล่าวแล้ว จะนำแบบสัมภาษณ์มาสร้างโครงสร้างปัจจัยที่มีผลในการเลือกทำเลที่ตั้ง เพื่อทำการคำนวณน้ำหนักของปัจจัยแต่ละปัจจัย โดยผู้ตอบแบบสัมภาษณ์จะเป็นผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ

1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ของผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้ง มาทำวิเคราะห์เพื่อทำการหาน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย และนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและนำค่าน้ำหนักที่ได้ใส่ลงในเมตริกซ์แล้วทำการเปรียบเทียบทีละคู่ จะได้ลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้ง ในการวิเคราะห์การเลือกทำเลที่ตั้ง จะมีขั้นตอนการคัดเลือกดังนี้

2.1 นำแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น (ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักแต่ละคู่ และตอนที่ 2 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองแต่ละคู่) โดยให้ผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ

2.2 เมื่อได้ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและปัจจัยรองแล้ว จะทำการคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยรอง โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยรอง = น้ำหนักค่าเฉลี่ยปัจจัยหลัก x น้ำหนักค่าเฉลี่ยปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักจะได้ ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

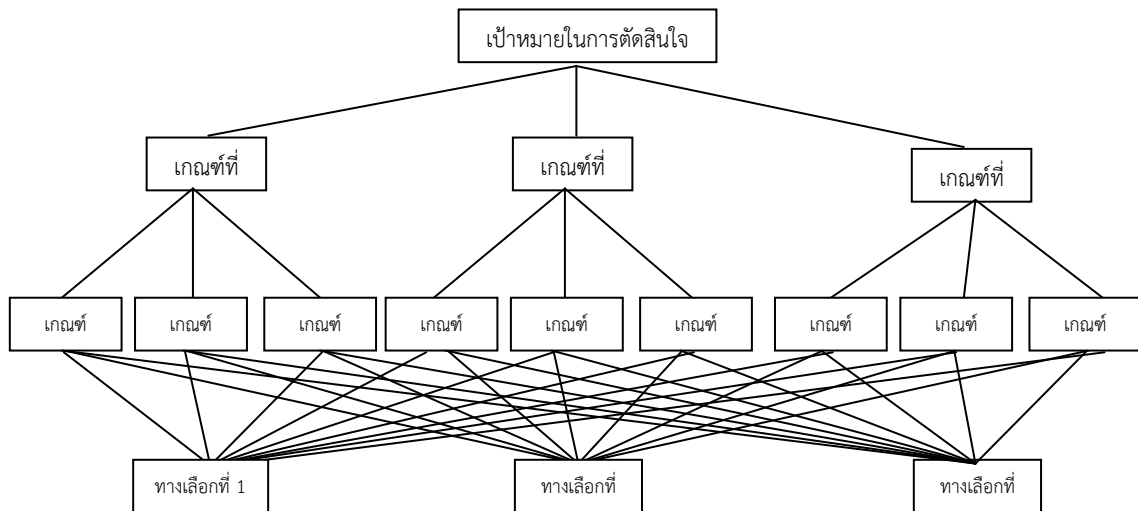


Figure 2 Analytic Hierarchy Process Structure

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสร้างแบบสัมภาษณ์ โดยทำการศึกษาจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการเลือกทำเลที่ตั้ง และทำการเก็บรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้กับจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน สำหรับ ทางเลือกปัจจัยหลักได้กำหนดไว้ 5 เกณฑ์หลัก คือ 1) ด้านต้นทุน 2) ด้านโครงสร้างพื้นฐาน 3) ด้านการขนส่ง 4) ด้านการแข่งขัน 5) ด้านความปลอดภัย และกำหนดเกณฑ์ปัจจัยสำหรับทางเลือกปัจจัยรองได้กำหนดไว้ 15 เกณฑ์ย่อย คือ 1) ค่าที่ดิน 2) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง 3) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 4) ขนาดที่ดิน 5) ภูมิศาสตร์ 6) สิ่งแวดล้อม 7) ระยะทาง 8) เวลา 9) ใกล้แหล่งสาธารณูปโภค 10) เส้นทางนำเข้า-ส่งออก 11) การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ 12) ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ 13) ประสิทธิภาพของลูกค้า 14) ความปลอดภัยในการขนส่งและคลังสินค้า 15) การก่อการร้าย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้งของปัจจัยหลัก (Table 1) และปัจจัยรอง (Table 2-6) ดังนี้

Table 1 The Weight Evaluation Result of Primary Factor

Primary Factor	Weighting
Cost	0.244
Infrastructure	0.383
Transportation	0.152
Competition	0.124
Security	0.098

Table 1 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน ได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ โครงสร้างพื้นฐาน ต้นทุน การขนส่ง การแข่งขันและความปลอดภัย

Table 2 The weight evaluation result of secondary factor in cost.

Secondary Factor	Weighting
Land Cost	0.449
Transportation Cost	0.247
Operation Cost	0.132

Table 2 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านต้นทุน ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ค่าที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งค่าที่ดิน ถือเป็นปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นปัจจัยที่เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภคมากที่สุด

Table 3 The weight evaluation result of secondary factor in infrastructure.

Secondary Factor	Weighting
Land Size	0.350
Geographic	0.428
Environment	0.136

Table 3 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านโครงสร้างพื้นฐาน ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ขนาดที่ดิน/ภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งขนาดของที่ดิน ค่าน้ำหนักมากที่สุด เพราะจะเกี่ยวข้องกับพื้นที่ในการสร้างจุดรับซื้อน้ำมัน

Table 4 The weight evaluation result of secondary factor in transportation.

Secondary Factor	Weighting
Distance	0.308
Time Delivery	0.299
Public Utility	0.105
Import-export Route	0.142

Table 4 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านการขนส่ง ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ระยะทาง เวลา ใกล้เคียงสาธารณูปโภคและเส้นทางการ

นำเข้า-ส่งออก ซึ่งระยะทาง ถือเป็นปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากการเคลื่อนย้ายสินค้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยสินค้าที่ขนส่งต้องมีความปลอดภัยและทันต่อเวลาที่กำหนด

Table 5 The weight evaluation result of secondary factor in competition.

Secondary Factor	Weighting
Economic Growth	0.554
Social Stability	0.289
Customer	0.156

Table 5 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านการแข่งขัน ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์ม น้ำมันได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ความมั่นคงทางสังคม และประสิทธิภาพของลูกค้า ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมได้แต่ต้องมีการวางแผนและควบคุมเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตมากเกินไป

Table 6 The weight evaluation result of secondary factor in security.

Secondary Factor	Weighting
Transportation and Warehousing Security	0.850
Terrorism	0.150

Table 6 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านความปลอดภัย ในการเลือกทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์ม น้ำมันได้น้ำหนักความสำคัญเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า ซึ่งถือว่ามีค่าสำคัญอย่างมากในการขนส่งสินค้า เพราะหากสินค้าได้รับความเสียหาย จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตอย่างมาก และค่าน้ำหนักของปัจจัยที่รองลงมาคือ ปัจจัยด้านคลังสินค้าและการก่อการร้าย

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษา เรื่อง การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้ง ของจุดรับซื้อปาล์ม น้ำมันในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยด้านต้นทุน และปัจจัยด้านขนส่ง ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลในการเลือกทำเลที่ตั้งของกลุ่มอื่นๆ นั้น พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้ง จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผู้ประกอบการ มักให้ความสำคัญกับ ปัจจัยด้านความมีชื่อเสียงของบริษัท ทุน คมนาคม แรงงาน และการตลาด (พรสุรีย์, 2543) และวัลลภ (2539) ทำการศึกษาเรื่องทำเลที่ตั้งอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้ง คือ ปัจจัยด้านแหล่งวัตถุดิบ ความมีชื่อเสียงของพื้นที่ และค่าขนส่ง ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กันต์ธมน และธนรัตน์ (2559) ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนากระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้ง

ของอุตสาหกรรมห้องเย็นโดยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ผลการวิจัยพบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านรายละเอียดทั่วไป (0.396) แหล่งวัตถุดิบ (0.204) แหล่งลูกค้า (0.146) สิ่งอำนวยความสะดวก (0.139) และแรงงานและความสัมพันธ์ (0.115)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มปัจจัยรองทางด้านโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ครอบคลุมและละเอียดกว่านี้

2. ควรศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด หรืออาจเป็นการจัดประชุมสัมมนาของผู้เชี่ยวชาญให้ได้ข้อสรุปของปัจจัยที่มีความจำเป็นต่อการตัดสินใจมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กันต์ธมน สุขกระจำง และธนะรัตน์ รัตนกุล. 2559. การพัฒนากระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของอุตสาหกรรมห้องเย็นโดยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น. น. 258-263. ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ประจำปี 2559. 26 สิงหาคม 2559. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กันต์ธมน สุขกระจำง ธนะรัตน์ รัตนกุล และพุดิธร ตุ๊กเตียน. 2560. กระบวนการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งปั๊มแอลพีจีในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น. น. 531-537. ใน รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2560 7-8 ธันวาคม 2560 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทกานต์ ก้อนทองคำ. 2549. การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ลำดับที่ 3 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยบูรพา. 61 น.
- พรสุรีย์ ภักดีไทย. 2543. การวิเคราะห์ที่ตั้งของอุตสาหกรรมเซรามิกสีในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วัลลภ ทองอ่อน. 2539. การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งอุตสาหกรรมเชิงพฤติกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 179 น.
- Vargas, L.G. 1990. An overview of the analytic hierarchy process and its application', *European Journal of Operational Research* 48(1): 57-64.

แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี Guideline for Improvement of Cultural Destination in Udon Thani Province

วัฒน์จรรย์ เวชชินินนท

Watchirachai Wetchaninnart

สาขาวิชาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000

Department of Marketing, Faculty of Management Science, UdonThaniRajabhat University, UdonThani, Thailand 41000

*Corresponding author: wetchaninnart@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี และเสนอแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม จำนวน 11 คน ได้แก่ 1) ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานแหล่งท่องเที่ยว 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการดำเนินงานด้านการท่องเที่ยว เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัย พบว่า จังหวัดอุดรธานี มีแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่สำคัญและมีชื่อเสียง ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดอุดรธานี แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี คือ พัฒนาคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมให้ได้มาตรฐานและมีเอกลักษณ์ การจัดให้มีหน่วยงานสนับสนุน การวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยว ส่งเสริมเพิ่มการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ ปรับปรุงภูมิทัศน์ของแหล่งท่องเที่ยว สร้างเครือข่ายพันธมิตรทางธุรกิจการท่องเที่ยว และพัฒนาบุคลากรในชุมชนให้มีความรู้เกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยว

คำสำคัญ: การดำเนินงาน แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อุดรธานี

Abstract

The aims of the study were 1) to study the operations of the cultural destination in Udon Thani province and 2) to propose the guidelines for improvement of the cultural destination in Udon Thani province. The population of this study divided into 2 groups of 11 people that were 1) the stakeholders of the improvement of cultural destination and 2) the experts in the improvement of cultural destination. The tools were the interviews. The results showed that Udon Thani province had the famous cultural destination where attracted the tourists both of Thais and foreigners to travel in Udon Thani province. The guidelines for improvement of the cultural destination in Udon Thani province were to improve the quality of cultural destinations to be a standard and unique place, to provide the support units for analyzing the potential of the cultural destination, to promote the public relation through online media, to improve the landscape of the cultural destination, to create a network of travel business partners, and to develop and educate people in the community to have knowledge about the cultural destination.

Keywords: Improvement, Cultural Destination, Udon Thani

คำนำ

ภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในส่วนมหภาคและจุลภาค เกิดการรวมตัวของกลุ่มเศรษฐกิจ ในภูมิภาคต่างๆ ประเทศภายในกลุ่มอาเซียนได้ลงนามความร่วมมือเกิดการจัดทำข้อตกลงเขตการค้าเสรี การร่วมมือ พัฒนา การดำเนินกิจกรรมต่างๆ เช่น การส่งเสริมความร่วมมือด้านการท่องเที่ยวระหว่างประเทศไทยกับประเทศ เพื่อนบ้าน โดยใช้รูปแบบการท่องเที่ยวชุมชนซึ่งเป็นการท่องเที่ยวที่มุ่งสร้างรายได้และขยายโอกาสให้กับชุมชน เพื่อยกระดับและพัฒนาคุณภาพชีวิตให้กับประชาชนในแหล่งท่องเที่ยว ผ่านกลยุทธ์ที่สำคัญ 5 กลยุทธ์ ได้แก่ 1) การ พัฒนาคนในชุมชนและท้องถิ่นเพื่อให้สามารถบริหารจัดการแหล่งท่องเที่ยวของตนเองได้ 2) การเพิ่มมูลค่าทรัพยากร ท้องถิ่น 3) การตลาดที่เหมาะสมกับชุมชน 4) การสร้างความเข้มแข็งให้กับเครือข่ายมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพชุมชน ให้สามารถเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนทรัพยากร ความรู้และประสบการณ์ร่วมกันเพื่อทำงานเป็นเครือข่ายภาคประชาชน และ 5) การประเมินผลด้วยตัวชี้วัดความสุขของชุมชนและนักท่องเที่ยว (องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการ ท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, 2561) ซึ่งผลของการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามกลยุทธ์ดังกล่าวส่งผลให้การท่องเที่ยวเป็น อุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็ว สร้างโอกาสและรายได้ให้กับชุมชนในท้องถิ่นสามารถพัฒนาอย่างทั่วถึง

การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวได้รับแรงดลใจหรือสิ่งกระตุ้นให้เดินทาง ไปยังจุดหมายปลายทางเพื่อสังเกต เรียนรู้ มีประสบการณ์ร่วม และตระหนักคุณค่าวัฒนธรรมของชุมชนในจุดหมาย ปลายทางนั้น ซึ่งครอบคลุมถึงงานสร้างสรรค์ ประเพณีขนบธรรมเนียม และกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนจุดหมาย ปลายทาง ทั้งนี้นักท่องเที่ยวและคนในชุมชนต้องเคารพ เรียนรู้ และเข้าใจวัฒนธรรมของกันและกันเพื่อให้เกิดมิตรภาพ และสันติภาพระหว่างชุมชนอย่างยั่งยืน (นุชนารถ, 2554) ซึ่งจังหวัดอุดรธานีมีแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ที่มีความสำคัญ อาทิเช่น พิพิธภัณฑสถานเมืองอุดรธานี วัดทิพยรัฐนิมิตร ศาลหลักเมืองอุดรธานี ศาลเจ้าปู่-ย่า พิพิธภัณฑ สถานเมืองอุดรธานี วัดโพธิสมภรณ์ บ้านคำชะโนด วัดป่าบ้านค้อ วัดป่าภูก้อน และวัดมหาธาตุเจดีย์ดอนแก้ว เป็นต้น ซึ่งจาก การสอบถามนักท่องเที่ยวและหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบด้านการท่องเที่ยว พบว่า แม้จะมีรายละเอียดของแหล่ง ท่องเที่ยวที่สำคัญในจังหวัดอุดรธานีที่นักท่องเที่ยวสามารถหาข้อมูลทางเว็บไซต์หรือคู่มือท่องเที่ยว แต่ยังพบว่าแหล่ง ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมขาดระบบการดำเนินงานในการให้บริการแก่นักท่องเที่ยว ส่งผลให้การให้บริการแก่นัก ท่องเที่ยวขาดประสิทธิภาพตามมา

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ทำการสำรวจ รวบรวม จุดเด่น จุดด้อยและปัญหาข้อมูลด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัดอุดรธานี ซึ่งค้นพบว่ายังขาดข้อมูลที่จะใช้ในการ ประกอบการตัดสินใจและสามารถนำเอาข้อมูลมาเป็นกลยุทธ์ในการแข่งขัน งานวิจัยเรื่องแนวทางการพัฒนาการ ดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำเนินงานและเสนอแนว ทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี ผลการวิจัยสามารถนำไปเป็นข้อมูล ประกอบการตัดสินใจพัฒนาเสริมสร้างศักยภาพด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **ประชากร** คือ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานแหล่งท่องเที่ยว จำนวน 6 คน และผู้เชี่ยวชาญการ ดำเนินงานด้านการท่องเที่ยว จำนวน 5 คน รวมทั้งสิ้น 11 คน ทำการสุ่มโดยเจาะจง

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** คือ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างจำนวน 2 ชุด ได้แก่

2.1 ชุดที่ 1 เพื่อศึกษาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีมีข้อคำถามจำนวน 16 ข้อ ใช้เก็บข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานแหล่งท่องเที่ยวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

2.1.2 ข้อมูลสภาพการณ์การดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 9 ด้าน จำนวน 16 ข้อ

2.2 ชุดที่ 2 เพื่อแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีมีข้อคำถามจำนวน 2 ข้อ ใช้เก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญการดำเนินงานด้านการท่องเที่ยว ได้แก่

2.2.1 แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานหลัก

2.2.2 แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานรอง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ โดยนักวิจัยศึกษาบริบท ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน และแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยว

4. การวิเคราะห์ข้อมูล นำเอาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหาเพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศาลหลักเมืองอุดรธานี เป็นสถานที่ศักดิ์สิทธิ์คู่เมืองอุดรธานี บริเวณรอบๆมีสิ่งศักดิ์สิทธิ์อีก 2 แห่ง ได้แก่ หลวงพ่อพระพุทธรูปโพธิ์ทองและท้าวเวสสุวรรณ ซึ่งมีความเชื่อในความศักดิ์สิทธิ์และความเป็นสิริมงคลในแต่ละด้าน ภายในบริเวณสะอาด และสงบ โดยมีการจัดพิธีบวงสรวงศาลหลักเมืองในวันที่ 29 มกราคม ของทุกปี โดยประชาชนในจังหวัดอุดรร่วมกันบวงสรวงเจ้าพ่อศาลหลักเมือง วัดโพธิสมภรณ์เป็นวัดที่มีลักษณะเด่นทางประวัติศาสตร์ คู่เมืองอุดรธานีมาอย่างยาวนาน สร้างขึ้นในสมัยรัตนโกสินทร์ ปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ภายในบริเวณวัดมีสิ่งศักดิ์สิทธิ์เพื่อใช้ประชาชนได้เข้ามาสักการะ ได้แก่ พระพุทธรูปทองสำริด สร้างในสมัยสุโขทัยเป็นพระประธานในพระอุโบสถ พระพุทธรูปศิลาแลงสร้างในสมัยลพบุรี ต้นพระศรีมหาโพธิ์ รอยพระพุทธรูปบาทจำลอง ตู้อพระไตรปิฎกกลายทองลดน้ำ และพระบรมธาตุธรรมเจดีย์ ที่เป็นศูนย์รวมทางด้านพระพุทธศาสนาของชาวอุดรธานี โดยยังไม่มีรายการท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงไปกับสถานที่ท่องเที่ยวแหล่งอื่นๆ วัดทิพยรัตนมิตตั้งอยู่ภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี มีการทำกิจกรรมทำบุญตักบาตรทุกวันพระ ทุกเย็นตั้งแต่ 17.00-21.00 น. จะมีการอบรมฝึกบำเพ็ญเพียรภาวนาให้แก่พุทธศาสนิกชนเป็นประจำทุกวัน ศาลเจ้าปู่-ย่า เป็นสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ที่คนไทยเชื้อสายจีนและเชื้อสายไทยให้ความเคารพและนับถือ ดำเนินกิจกรรมโดยมูลนิธิศาลเจ้าปู่-ย่า มีกิจกรรมที่น่าสนใจสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนได้แก่ 1) กิจกรรมการเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์วัฒนธรรมไทย-จีน เป็นการจำลองภาพวัฒนธรรมไทย-จีนที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน เช่น การเชิดสิงโต การแห่เจ้าปู่ย่ารอบเมืองอุดรธานี การแสดงหน้ากากของจีน และการแสดงเอ็งกอ เป็นต้น 2) กิจกรรมบริเวณศาลเจ้าปู่ย่า เปิดให้ประชาชนและนักท่องเที่ยวเข้าไปสักการะขอพร เจ้าปู่ย่า ซึ่งจะประกอบไปด้วยสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหมด 6 สิ่ง ได้แก่ ทีกี่แป้อหรือศาลเทพยดาฟ้าดิน ปิงเถ่ากงม่าหรือศาลเจ้าปู่ย่า ศาลเจ้าพ่อหนองบัว เจ้าที่เจ้าทาง พระสังกัจจารณ์ และฉั่งง่วนส่วย พิพิธภัณฑ์อุดรธานี ภายในพิพิธภัณฑ์มีห้องเสนอประวัติความเป็นมาของจังหวัด

อุดรธานีทั้งหมด 26 ห้อง โดยเทศบาลนครอุดรธานีที่ให้การสนับสนุนการท่องเที่ยว โดยนำรณรงค์ที่จะพานักท่องเที่ยว เยี่ยมชมสถานที่ต่างๆที่สำคัญในเมืองอุดรธานีพร้อมเล่าประวัติก่อนที่จะมาเป็นเมืองอุดรธานี อาทิเช่น ศาลเจ้าปู่ย่า วัดโพธิ์สมภรณ์ พิพิธภัณฑ์เมืองอุดรธานี ศาลเจ้าปู่ย่า เป็นต้น มีการสร้างการร่วมมือกับชุมชนรอบๆแหล่งท่องเที่ยว มีการสนับสนุน เพราะ มีนักท่องเที่ยวมา ทางชุมชนก็มีรายได้จากการขายสินค้ามากขึ้น วัดเกษตรศิลปคุณ (วัดป่าบ้านตาด) ก่อตั้งโดยพระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตามหาบัว ญาณสมฺปนฺโน) องค์หลวงตาต้องการให้พระและประชาชนที่เดินทาง มายังวัดป่าบ้านตาดได้มุ่งปฏิบัติธรรมเพื่อให้หลุดพ้นการเวียนว่ายตายเกิด แต่ศิษยานุศิษย์ได้สร้างพิพิธภัณฑ์ขึ้นเพื่อ เก็บรักษาอัฐบริวารของหลวงตาพระมหาบัว ญาณสมฺปนฺโน และให้ประชาชนได้เข้ามาสักการะ ท่านสั่งสอนให้ลูกศิษย์ มุ่งปฏิบัติธรรมเพื่อการพ้นทุกข์ ห้ามไม่ให้สร้างวัดถ่มงคใด ๆ เพื่อจัดจำหน่าย มีเพียงลูกศิษย์ที่ศรัทธาในองค์หลวงตาได้ สร้างวัดถ่มงคเพื่อแจกจ่ายให้กับคณะญาติธรรมที่มาปฏิบัติหรือแจกในงานพิธีใหญ่ของวัดเท่านั้น วัดมหาธาตุเจดีย์ ดอนแก้ว ตั้งอยู่ที่บ้านดอนแก้ว อำเภอกุมภวาปี เป็นวัดที่มีศิลปะและวัฒนธรรมร่วมสมัย เก็บรักษาโบราณวัตถุที่สำคัญ ได้แก่ เสมาและใบลาน ปัจจุบันมีพระสงฆ์จำพรรษาจำนวน 12 รูป สามเณรจำนวน 8 รูป และมัคทายกจำนวน 5 คน ที่ทำหน้าที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆภายในวัด การเดินทางไปยังวัด สามารถเดินทางโดยรถยนต์ระยะทางห่างจาก อำเภอกุมภวาปีประมาณ 5 กม. ทางวัดจัดกิจกรรมร่วมกับชาวบ้านและหน่วยงานในท้องถิ่นในวันสำคัญทาง พระพุทธศาสนา เช่น วันเข้าพรรษาและวันออกพรรษา ซึ่งมีการจัดการรักษาความปลอดภัยวัดโดยการจัดเวรยามของ อปพร. หมู่บ้าน ในการดูแลรักษาความปลอดภัย ในช่วงวันเสาร์-อาทิตย์ และช่วงเทศกาล ภายในวัดมีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกขั้นพื้นฐานให้ เช่น ห้องน้ำ ลานจอดรถ วัดป่าบ้านค้อ ก่อตั้งขึ้นโดยพระอาจารย์ทูล ขิปปปัญญา เป็น สถานที่ปฏิบัติธรรมที่มีชื่อเสียง โดยจังหวัดอุดรธานีได้กำหนดให้เป็นศูนย์พัฒนาจิตเฉลิมพระเกียรติประจำจังหวัด อุดรธานี จัดอบรมด้านธรรมะให้แก่เยาวชน นักเรียน และนักศึกษา สภาพแวดล้อมภายในวัดเงียบสงบเหมาะแก่การ ปฏิบัติธรรม ภายในวัดมีสิ่งปลูกสร้างที่สำคัญได้แก่ พระมหาธาตุเจดีย์ที่บรรจุพระบรมสารีริกธาตุ ต้นพระศรีมหาโพธิ์ ซึ่งอันเชิญมาจากประเทศศรีลังกา วิหารสังเวชนียสถาน 4 ตำบล และพิพิธภัณฑ์หลวงพ่อทูล ขิปปปัญญา วัดป่าภูก้อน ตั้งอยู่บนภูเขาอยู่ท่ามกลางธรรมชาติ มีความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และสัตว์ป่า ภายในบริเวณวัดมีการแบ่งพื้นที่ในการ ให้บริการแก่นักท่องเที่ยวและผู้มาปฏิบัติธรรมอย่างชัดเจน เช่น บริเวณลานจอดรถ บ้านพัก ป้อมตำรวจ และหน่วย รักษาความปลอดภัยคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว วัดป่าภูก้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง ของจังหวัดอุดรธานี (Unseen) ภายในศาลาการเปรียญ มีพระประธานประดิษฐานหน้าองค์ปฐมรัตนบูรพาจารย์ มหาเจดีย์มีพระพุทธรูปไสยาสน์โลกนาถศาสดามหามุนี เป็นพระพุทธรูปปรินิพพานทำด้วยหินอ่อน มีความวิจิตรและ สวยงามเป็นอย่างมาก คำชะโนด เป็นสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ มีความเชื่อว่าเป็นทางเชื่อมระหว่างเมืองบาลและโลกมนุษย์ ชาวบ้านเคารพนับถือเดินทางมาขอพรและมีโชคลาภเป็นจำนวนมาก ภายในคำชะโนดมีกิจกรรมการท่องเที่ยว ได้แก่ กราบสักการะหลวงปู่คำตา (เจ้าอาวาสผู้ก่อตั้ง) ศาลหลวงปู่ทันใจ ศาลเจ้าปู่ศรีสุทโธและย่าศรีปทุมมา

2. แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี

แนวทางการพัฒนาหลัก 1) จังหวัดควรมีการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมให้มีความน่าสนใจ 2) หน่วยงานของภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องสนับสนุนในการดำเนินงานแหล่งท่องเที่ยว 3) วิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยว 4) กำหนดจุดเด่นทางด้านวัฒนธรรมเพื่อให้เกิดการรับรู้ 5) ส่งเสริมเพิ่ม การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ 6) ปรับปรุงภูมิทัศน์ของแหล่งท่องเที่ยวให้สอดคล้องเหมาะสม 7) วิเคราะห์กลุ่ม นักท่องเที่ยวที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักและกลุ่มเป้าหมายรอง 8) สร้างเครือข่ายพันธมิตรทางธุรกิจการท่องเที่ยวเชิง วัฒนธรรม และ 9) พัฒนาบุคลากรในชุมชนให้มีความรู้เกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยววันนั้นๆ

แนวทางการพัฒนารอง 1) สร้างองค์ความรู้ให้กับผู้เกี่ยวข้อง เพื่อกระตุ้นให้เกิดความรู้และการมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์ 2) การเตรียมความพร้อมด้านที่พหุภาคี 3) ถ่ายทอดองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญในสถาบันอุดมศึกษาสู่ชุมชนในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ชุมชน 4) ผสมผสานการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมกับการท่องเที่ยวแบบอื่นๆ และ 5) พัฒนาคนในท้องถิ่นเพื่อเป็นเจ้าบ้านที่ดีและสามารถรักษาการท่องเที่ยวของชุมชนเอาไว้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีสามารถสรุปและวิจารณ์ผลตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี

จังหวัดอุดรธานีนอกจากจะมีแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่มีชื่อเสียง เป็นที่รู้จักแก่นักท่องเที่ยวโดยทั่วไปแล้ว ยังมีแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีชื่อเสียง มีเอกลักษณ์แสดงถึงความเป็นมาและภูมิปัญญาของคนในท้องถิ่น ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมเป็นจำนวนมาก แต่แหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมยังประสบปัญหา อาทิ เช่น ขาดการศึกษาถึงรูปแบบการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอย่างแท้จริง ส่งผลให้การดำเนินงานไม่ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยว สอดคล้องกับมนรัตน์และคณะ (2559) ลักษณะสำคัญของการดำเนินงานด้านการตลาดท่องเที่ยวเชิงมรดกวัฒนธรรมจะต้องสามารถตอบสนองความต้องการและสร้างความพึงพอใจให้กับนักท่องเที่ยวกลุ่มเป้าหมาย พร้อมทั้งคำนึงถึงคุณค่าและความสำคัญทางมรดกวัฒนธรรมในแหล่งท่องเที่ยว เพื่อให้เกิดการพัฒนาการท่องเที่ยวควบคู่ไปกับการอนุรักษ์มรดกวัฒนธรรม

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อหาแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานี

แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีควรมีกระบวนการพัฒนาที่สำคัญที่สุด คือ กระบวนการจัดการความคาดหวังของนักท่องเที่ยว ซึ่งแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมควรค้นหาความคาดหวังที่แท้จริงและจัดการความคาดหวังเหล่านั้น สอดคล้องกับธัมมามนตร์และคณะ (2557) จัดการให้เกิดความคาดหวัง การรับรู้คุณค่า และความพึงพอใจในบริการก่อน จึงจะทำให้เกิดความภักดีต่อบริการในภายหลัง ด้านการสร้างการมีส่วนร่วมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ซึ่งจะเกิดเป็นนโยบายการมีส่วนร่วมให้เกิดการพัฒนาในด้านต่างๆ สอดคล้องกับพระพัฒน์ชัยและพระครูสุตธรรมมาภรณ์ (2559) ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการพื้นที่และสถานที่ท่องเที่ยวของชุมชน ภาคท้องถิ่นใช้หลักธรรมาภิบาล ในการปกครองดูแลประชาชนในชุมชน ดูแลเรื่องความสะอาด รณรงค์ให้ประชาชนในท้องถิ่นได้มีจิตสำนึกในเรื่องการรักษาความสะอาด โดยรูปแบบการพัฒนาการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวควรพิจารณาให้ความสำคัญกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเป้าหมายเป็นหลัก การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆแก่นักท่องเที่ยว ตลอดจนสร้างกิจกรรมการให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามามีส่วนร่วม สอดคล้องกับรัฐนันท์และคณะ (2556) การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของนักท่องเที่ยวมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ เช่น สิ่งอำนวยความสะดวกสบายและมีความเป็นธรรมชาติของวิถีการดำเนินชีวิตของชุมชน สิ่งที่ต้องดูนักท่องเที่ยวให้มาท่องเที่ยวที่นั่นควรให้มีกิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตร โดยการถ่ายทอดภูมิปัญญาชาวบ้าน วิถีการดำเนินชีวิตของชุมชน ซึ่งหากภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำแนวทางการพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของแหล่งท่องเที่ยวไปปฏิบัติจะช่วยให้แหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีเกิดการพัฒนายั่งยืน

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการและการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

1. แหล่งท่องเที่ยวควรศึกษาการเชื่อมโยงกิจกรรมการท่องเที่ยวระหว่างแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ในพื้นที่ใกล้เคียง
2. แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมค้นหาและสร้างอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวให้ชัดเจนและกิจกรรมการท่องเที่ยวที่โดดเด่นและน่าสนใจ

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการมีส่วนร่วมของการดำเนินงานระหว่างชุมชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายหรือแนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดอุดรธานีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์ วิทยากร นักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ธัมมามนตร์ คุณรัตนากรณี สมจิตร์ ล้วนจำเจริญ ราณี อธิชัยกุล และวัชรินทร์ ไชยมงคล. 2557. อิทธิพลของส่วนประสมการตลาดและภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีต่อความภักดีในการท่องเที่ยวเพื่อเรียนรู้วัฒนธรรมไทยของนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ. **วารสารดุขภูภินทิตทางสังคมศาสตร์ (Ph. D. in Social Sciences Journal)** 4(3): 100-117.
- นุชนารถ รัตนสุวงศ์ชัย. 2554. กลยุทธ์การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม. **วารสารมนุษยศาสตร์** 18(1): 31-50
- พระพัฒนชัย กิตติภทโท และพระครูสุตธรรมาภรณ์. 2559. การมีส่วนร่วมในการจัดการแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมบนความหลากหลายทางสังคมพหุวัฒนธรรมอย่างยั่งยืนในชุมชนตลาดคลองสวน 100 ปี. **Journal of MCU Social Development (JMDS)** 2(2): 46-58.
- มนรัตน์ ใจเอื้อ พนิต กุลศิริ ธนภูมิ อติเวทิน และวรินทรา ศิริสุทธิกุล. 2559. รูปแบบการตลาดเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงมรดกวัฒนธรรม: ชุมชนบางหลวง ตำบลบางหลวง อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม. **วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี** 12(3): 12-24.
- รัฐนันท์ พงศ์วิริทธิ์ธร เบญญาภา กันทะวงศ์วาร รุจิรา สุขมณี และชัชวิน วรปรีชา. 2556. แนวทางการพัฒนาส่วนประสมทางการตลาดโครงการหลวงหนองหอยเพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืนโดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์คานาโมเดล. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี** 7(1): 17-35.
- องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. 2561. การท่องเที่ยวโดยชุมชนอย่างยั่งยืน. [Online]. Available <http://www.tatreviewmagazine.com/article/cbt-thailand/> (10 กรกฎาคม 2561).

การจัดการขยะมูลฝอยบนพื้นที่สูง กรณีศึกษา บ้านตุงลอย ตำบลอมก๋อย
อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

Highland Waste Management: a Case Study Baan Tung Loi,
Omkoï Sub-district, Omkoï District, Chiang Mai

ต่อพงศ์ ตี๋มั่ง¹ ฐปน ชื่นบาล² ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล³ ผานิตย์ นาขยัน¹ รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย¹
และปรามินทร์ นาระทะ¹

Torpong Tibmung¹, Tapan Cheunbarn², Tipsuda Tangtragoon³, Phanit Nakayan¹
Ratchanon Somboonchai¹ and Porramin Narata¹

¹การพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University
Chiang Mai, Thailand 50290

²Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

³Program in Biology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: Tor5012@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมของชุมชนบ้านตุงลอย ตำบลอมก๋อย อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่าง คือ ชาวกระเหรี่ยงโปว์ของบ้านตุงลอย จำนวน 50 ครัวเรือน ใช้วิธีคัดเลือกแบบสุ่มโดยบังเอิญ ใช้แบบสอบถามและจัดเวทีชุมชน สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณขยะของกลุ่มตัวอย่าง สามารถจำแนกขยะ เป็น 4 ประเภท คือ ขยะรีไซเคิล ร้อยละ 48.83 ขยะทั่วไป ร้อยละ 24.12 ขยะย่อยสลายได้ ร้อยละ 21.76 และขยะอันตราย ร้อยละ 5.29 ทำให้ชุมชนได้ทราบและตระหนักถึงชนิดและปริมาณของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น เกิดการยอมรับถึงสภาพปัญหาภายในชุมชน กลุ่มตัวอย่างจึงต้องการหาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนร่วมกัน ได้มีการกำหนดกฎระเบียบการทิ้งขยะของชุมชนร่วมกัน มีวิธีการจัดการขยะ 3 วิธี คือ การจัดการขยะด้วยวิธีการเผา (ตอนกลางวัน) การขุดหลุมทิ้งขยะที่สามารถย่อยสลายได้ และการทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้ นอกจากนี้ได้จัดอบรมให้ความรู้การจัดการขยะมูลฝอยที่ดี และการส่งตัวแทนหรือกลุ่มผู้นำชุมชนไปศึกษาดูงาน เพื่อนำความรู้มาร่วมกันแก้ไขปัญหาและพัฒนาการจัดการขยะภายในชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการขยะมูลฝอย พื้นที่สูง

Abstract

This research was a qualitative participatory action research. Objectives were to study the appropriate waste management methods. The sample were 50 paw Karen of Baan Tung Loy, Omkoi Sub-district, Omkoi District, Chiang Mai Province were selected by random. Data collection used questionnaire and Community forum. Statistic Technique used were percentage. Results showed that the waste can be classified into 4 types as is a 48.83% recyclable waste, 24.12% general waste, 21.76% biodegradable waste and 5.29% hazardous waste. From type of waste in their community make people realized in their problem. Therefore, they were needs to solving the problem and develop good practices in solid waste management. Community regulations have been set for the dumping of communal waste. The ways of waste manage have 3. It is a waste management method of burning (daytime), digging dump and composting for a biodegradable waste. Additionally, the knowledge of good waste management training course and study visit have been done for a representatives or community leaders to bring knowledge to solve problems the community.

Keywords: solid waste management, highland

คำนำ

เมื่อประชากรโลกเพิ่มขึ้น การอุปโภคทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อการดำรงชีวิตย่อมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลที่ตามมาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติประการหนึ่ง คือ เศษซากของที่ใช้แล้วที่เรียกว่าขยะมูลฝอยที่นับวันได้เพิ่มปริมาณจนไม่อาจจัดเก็บออกจากชุมชนและทำลายได้ทันเหตุการณ์ มลภาวะจากขยะมูลฝอยนี้สร้างความสกปรกส่งกลิ่นรบกวน อีกทั้งยังเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคและนำไปสู่โรคร้ายได้ ปริมาณขยะในประเทศไทยจากปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณขยะมูลฝอย 23.93 ล้านตัน เพิ่มขึ้นเป็น 27.06 ล้านตัน ในปีพ.ศ.2559 โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 0.5 ล้านตัน ตามอัตราการขยายตัวของจำนวนประชากร เรื่องขยะมูลฝอยเป็นปัญหาใหญ่ระดับชาติในระยะยาวที่ยังไม่มีทางออก เนื่องจากทางภาครัฐยังไม่มีสถานที่และวิธีการที่ถูกต้องในการแก้ไขปัญหา (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) ในปัจจุบันปริมาณขยะมูลฝอย 27.06 ล้านตัน ถูกกำจัดแบบถูกต้อง จำนวน 9.57 ล้านตัน (ร้อยละ 35) กำจัดแบบไม่ถูกต้อง 11.68 ล้านตัน (ร้อยละ 44) และปริมาณขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ 5.81 ล้านตัน (ร้อยละ 21) มีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยรวม 2,810 แห่ง แต่เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้องเพียง 330 แห่ง (ร้อยละ 11.74) ส่วนที่เหลืออีก 2,480 แห่ง (ร้อยละ 88.26) เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบไม่ถูกต้อง เช่น การฝังกลบแบบกำจัดแบบเทกอง การกำจัดแบบเผากลางแจ้ง วิธีดังกล่าวไม่มีระบบการกำจัดมลพิษทางอากาศ ปริมาณขยะในอำเภอมก๋อยในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณ 1 ตันต่อวัน โดยไม่มีสถานที่กำจัดขยะ และมีการทิ้งขยะในบริเวณพื้นที่ป่า (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 (เชียงใหม่), 2561)

ชุมชนบ้านตุงลอยเป็นชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง อาศัยอยู่ที่ระดับความสูง 1,012 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีพื้นที่ 18,727.30 ไร่ อยู่ในเขตพื้นที่ป่าสงวนอมก๋อย ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และหาของป่า ชุมชนบ้านตุงลอยมีการจัดการขยะมูลฝอยอย่างไม่เหมาะสม เช่น การทิ้งขยะมูลฝอยเกลื่อนกลาดเคลื่อนตามสถานที่ต่างๆ ภายในหมู่บ้าน รวมถึงพื้นที่ป่าชุมชน และมีการเผาขยะในพื้นที่ป่าชุมชน ทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ปัญหาหมอกควัน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ อาทิเช่น ระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจ ระบบสมอง เป็นต้น เพราะไม่มีการกำจัดขยะอย่างถูกวิธีและขาดการส่งเสริมจากหน่วยงานในท้องถิ่น

จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการศึกษาชนิดของขยะเพื่อหาวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม โดยมีการเก็บข้อมูลและการสำรวจปริมาณขยะในชุมชน เพื่อทำการวิเคราะห์ แล้วนำข้อมูลที่ศึกษามาแจกจ่าย ในรูปสติกติดอย่างง่าย ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research-PAR) โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาเอกสารทุติยภูมิต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ ได้แก่ เอกสารและสิ่งพิมพ์ขององค์การบริหารส่วนตำบลอมก๋อย เพื่อใช้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในการลงพื้นที่
2. สร้างแบบสอบถามการวิจัย โดยกำหนดคำถาม ออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลพื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับขยะมูลฝอยและการจัดการขยะมูลฝอย แล้วนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนำเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะและจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ นำไปใช้ในการวิจัยเก็บข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ด้วยความสมัครใจ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ครั้วเรือน
3. จัดเวทีชุมชน เพื่อทำความเข้าใจ และชี้แจงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยร่วมกับผู้นำชุมชน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านตุงลอย คณะครูโรงเรียนบ้านตุงลอยและชาวบ้าน เรื่องปัญหาขยะมูลฝอย เพื่อสร้างความตระหนักให้แก่ชุมชน พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อหาวิธีการจัดการขยะมูลฝอยให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน
4. การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในชุมชน โดยใช้แบบสำรวจ ซึ่งกำหนดประเภทขยะเป็น 4 ประเภท คือ ขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไป ขยะย่อยสลายได้ และขยะอันตราย จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ครั้วเรือน เพื่อนำมาประเมินสถานการณ์ปัญหาขยะมูลฝอยของชุมชน
5. วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับชุมชน เพื่อหาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนาและรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจปริมาณขยะ แล้วนำข้อมูลที่ศึกษามาแจกจ่ายในรูปสติกติดอย่างง่าย เพื่อ

บรรยาย ค่าร้อยละของประเภทขยะ ค่าเฉลี่ยต่อปริมาณกลุ่มตัวอย่างครัวเรือน จำนวน 50 ครัวเรือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน 2560 โดยสำรวจปริมาณขยะทุกๆ วันที่ 1 และ 15 ของเดือน รวมจำนวน 8 สัปดาห์ (4 เดือน) แล้วนำข้อมูลมาจำแนกและจัดหมวดหมู่ เพื่อจัดทำให้เป็นระบบและใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลแบบสอบถาม พบว่า ชุมชนบ้านตุงลอยขาดองค์ความรู้ในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ ชุมชนไม่มีการคัดแยกขยะมูลฝอย และทิ้งกลาดเกลื่อนทั่วไปตามสถานที่ต่างๆ ภายในชุมชน รวมถึงขาดการส่งเสริมที่ต่อเนื่องจากภาคีเครือข่าย จึงส่งผลกระทบต่อชุมชน จากสภาพดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงถึงปัญหาต่างๆ ได้ เช่น ปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ชาวบ้านมีการลักลอบทิ้งขยะมูลฝอยภายในเขตป่าชุมชนของตนเอง ซึ่งไม่มีการฝังกลบ ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยสะสมคั่งค้างอยู่บนพื้นที่ป่าไม้เป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยตรง ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศส่งกลิ่นเหม็นรบกวนออกมาภายในชุมชน การเผาขยะในเขตป่าชุมชนทำให้เกิดก๊าซต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก รวมถึงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและพาหะของโรค เกิดปัญหาด้านสุขภาพ นอกจากนี้ชาวบ้านได้มี การทิ้งขยะอันตราย เช่น กระจังรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ทำกรเกษตรเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ ทางดิน และทางอากาศ ส่งผลกระทบต่อชาวบ้านส่วนใหญ่มีสารเคมีตกค้างในร่างกายสูง โดยมีการเจาะตรวจเลือดจากกลุ่มชาวบ้าน โดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านตุงลอย

สภาพปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกิดการหาแนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีส่วนร่วม โดยเริ่มจากผู้นำชุมชนทำเป็นตัวอย่างในการคัดแยกขยะจากครัวเรือน เพื่อให้ลูกบ้านได้เห็นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งนำชาวบ้านในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการคัดแยกขยะจากครัวเรือน เริ่มต้นจากร้านค้า โรงเรียน เป็นการสร้างจิตสำนึกให้เห็นคุณค่าของการคัดแยกขยะ และการจัดการขยะมูลฝอยภายในครัวเรือนและชุมชนอย่างมีส่วนร่วม โดยมีการน้อมนำเอาหลักการพัฒนาตามแนวทางพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร (รัชกาลที่ 9) มาใช้เป็นหลักคิดในการพัฒนา คือ เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา เริ่มจาก ชั้นเข้าใจ คือ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชน นักพัฒนา เพื่อหาแนวร่วมปฏิบัติ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและความร่วมมือจากชุมชน ในการทำวิจัย นักพัฒนาและชุมชนเกิดการเรียนรู้ หรือการเข้าใจสภาพบริบทของชุมชนจึงเป็นสิ่งสำคัญดังนั้นจึงได้เข้าพื้นที่เพื่อสร้างสัมพันธ์ภาพที่ดี และสร้างทัศนคติที่ดีต่อกันกับชาวบ้าน นักพัฒนามีการเข้าถึงชุมชนทั้งในการปฏิบัติงาน และชีวิตส่วนตัว ขณะเดียวกันได้เรียนรู้วัฒนธรรมประเพณี ค่านิยมที่ดีต่อชุมชนทั้งผู้นำชุมชนและชาวบ้านทำให้ชุมชนมีสัมพันธ์ภาพที่ดีต่อผู้วิจัยและเกิดการยอมรับต่อโครงการวิจัย ผลจากการสร้างความสัมพันธ์ ก่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างชุมชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นๆ เป็นแนวร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย ประกอบด้วย ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน คณะกรรมการชุมชน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล และคณะครูโรงเรียนบ้าน ตุงลอย และนักเรียนโรงเรียนบ้านตุงลอย เมื่อได้ทีมงานในการวิจัย และแนวร่วมปฏิบัติแล้ว จึงได้ร่วมกันจัดเวทีสนทนาเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และร่วมกันวางแผนในการดำเนินงานวิจัย โดยเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชน และพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับขยะมูลฝอย เพื่อเป็นการทราบข้อมูลและทำความเข้าใจสภาพชุมชนในปัญหาการ

จัดการขยะมูลฝอยชุมชน จากนั้นจึงวางแผนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาร่วมกัน นำมาวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุ และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยชุมชน

ด้านการสำรวจสภาพชนิดปริมาณขยะและพฤติกรรมการจัดการขยะของชุมชน สามารถสรุปได้ 2 ด้าน คือ 1) ด้านสถานการณ์ปัญหาขยะมูลฝอยชุมชน ประกอบด้วย ประเภทและปริมาณขยะมูลฝอย และ 2) ด้านพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับขยะมูลฝอย ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

Table 1 Percentage of waste sorting behavior before disposing

Waste sorting behavior	Number of households	Percent
Waste separation	12	24
Un-waste separation	38	76
Total	50	100

พฤติกรรมการกำจัดขยะมูลฝอยก่อนนำไปทิ้ง พบว่า กลุ่มตัวอย่าง 50 ครัวเรือน ครัวเรือนร้อยละ 76 ของกลุ่มตัวอย่าง ไม่ได้คัดแยกขยะก่อนนำไปทิ้ง มีเพียงครัวเรือนร้อยละ 24 ของกลุ่มตัวอย่าง ที่มีการคัดแยกขยะก่อนนำไปทิ้ง ทั้งนี้เกิดจากกลุ่มตัวอย่างขาดความรู้ความเข้าใจการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธี รวมถึงความสำคัญและประโยชน์ของการคัดแยกขยะมูลฝอย (Table 1)

Table 2 Waste quantity from 50 households

Time	Recyclable waste		Biodegradable waste		General waste		Hazardous waste		total	
	total (kg)	%	total (kg)	%	total (kg)	%	total (kg)	%	total (kg)	%
1	431.60	53.95	139.20	17.40	174.20	21.78	55.00	6.88	800.00	100
2	432.50	52.11	169.20	20.39	191.60	23.08	36.70	4.42	830.00	100
3	410.80	50.10	175.80	21.44	194.20	23.68	39.20	4.78	820.00	100
4	363.20	46.09	177.50	22.53	200.70	25.47	46.60	5.91	788.00	100
5	377.50	46.89	187.50	23.29	196.70	24.43	43.30	5.38	805.00	100
6	385.20	47.15	186.70	22.85	203.40	24.90	41.70	5.10	817.00	100
7	389.00	47.27	189.90	23.07	205.80	25.01	38.30	4.65	823.00	100
8	394.30	47.11	193.50	23.12	205.90	24.60	43.30	5.17	837.00	100
Per week		48.84		21.77		24.12		5.27	815.00	100

จากการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยของกลุ่มครัวเรือนตัวอย่างจำนวน 50 ครัวเรือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง เมษายน พ.ศ. 2560 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการสร้างความเข้าใจต่อสถานการณ์ขยะมูลฝอยของหมู่บ้านตุงลอยและ การทำกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา สามารถสรุปปริมาณขยะมูลฝอยของชุมชน ดังนี้คือ มีปริมาณขยะมูลฝอยรวม ทั้งหมด 815 กก.ต่อสัปดาห์ ส่วนใหญ่เป็นขยะรีไซเคิลที่สามารถจำหน่ายให้กับพ่อค้ารับซื้อของเก่าได้ร้อยละ 48.84 รองลงมาพบว่า เป็นขยะทั่วไปหรือที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ เช่น ของขมม ฤงพลาตติคปนเปื้อน ร้อยละ 24.12 และขยะย่อยสลายได้ ร้อยละ 21.77 ส่วนขยะอันตรายพบในปริมาณที่น้อยที่สุด ร้อยละ 5.27 เมื่อนำมาคิดปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นต่อสัปดาห์ต่อครัวเรือนภายในชุมชน พบว่ากลุ่มครัวเรือน ตัวอย่างจะก่อให้เกิดปริมาณขยะมูลฝอยค่าเฉลี่ย 16.31 กก.ต่อครัวเรือนต่อสัปดาห์ หรือค่าเฉลี่ยปริมาณขยะมูลฝอย 2.33 กก.ต่อครัวเรือนต่อวัน (Table 2)

การวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับชุมชน เพื่อหาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอย

ได้นำหลักการพัฒนาของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร (รัชกาล ที่ 9) ใน เข้าขั้นถึง เป็นการดำเนินงานวิจัย เพื่อหาแนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยร่วมกัน มีการจัดเวทีสนทนา เพื่อนำข้อมูล ที่ได้จากการศึกษาสำรวจมาสะท้อนถึงสภาพปัญหาให้ชุมชนรับทราบข้อมูลเชิงตัวเลข เป็นขั้นตอนวางแผนเพื่อหา วิธีการจัดการขยะที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิสังคมของชุมชน ชุมชนได้รับรู้และเข้าใจถึงสภาพปัญหาการทิ้งขยะภายใน ชุมชน และร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมกันเสนอแนวทางในการหาวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม ของชุมชน ดังนี้ คือ 1) กำหนดพื้นที่ในการทิ้งขยะมูลฝอยจากครัวเรือนของหมู่บ้าน มีจำนวน 1 หลุม ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 3 เมตร ในพื้นที่ป่าชุมชน สำหรับโรงเรียน มีจำนวน 2 หลุม ขนาด 3 เมตร กว้าง 5 เมตร ลึก 2 เมตร สำหรับใช้ทิ้งขยะทั่วไป 2) มีการจัดตั้งคณะกรรมการจัดการขยะมูลฝอยในการดำเนินงานในการจัดการขยะมูลฝอย จำนวน 15 คน ประกอบด้วย ผู้ใหญ่บ้าน 1 คน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน 2 คน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล 2 คน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน 8 คน ครู 2 คน มีการกำหนดกฎ ข้อห้าม ระเบียบการทิ้งขยะของชุมชนร่วมกัน เช่น มีการจัดการขยะด้วยวิธีการเผา (ตอนกลางวัน) การขุดหลุมทิ้งขยะ การทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้ และบดทอนโขศ โดยมีคณะกรรมการจัดการขยะมูลฝอยและชุมชนกำหนดขึ้นอย่างมีส่วนร่วมและให้คณะกรรมการ เป็นผู้ดูแลและตัดสินใจในการปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ ข้อห้ามของชุมชน มีการจัดอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะอยู่ เป็นประจำ

ด้านขั้นพัฒนา ปัจจุบันกลุ่มครัวเรือนตัวอย่างได้เริ่มทำการคัดแยกขยะมูลฝอย และจัดการขยะมูลฝอย โดย แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ 1) ขยะรีไซเคิลมีการรวบรวมขายให้กับพ่อค้ารับซื้อภายในหมู่บ้าน เดือนละ 1 ครั้ง (2) ขยะ ย่อยสลายได้ เช่น เศษอาหารต่าง ๆ ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ส่วนเศษใบไม้ชาวบ้านจะเก็บรวบรวมกองไว้เพื่อใช้ทำปุ๋ยหมัก 3) ขยะทั่วไปจะเผาตอนกลางวันภายในครัวเรือน โดยมีผู้ควบคุม ดูแลการเผาอย่างน้อยจำนวน 1 คน ส่วนขยะที่เผา ไม่ได้ เนื่องจากมีขนาดใหญ่หรือเปียกชื้นจะนำไปทิ้งในหลุมขยะของชุมชน 4) ขยะอันตรายจะมีการรวบรวมเก็บไว้ เพื่อนำส่งให้ทางองค์การบริหารส่วนตำบลนำไปกำจัดต่อไปจากการทดลองปฏิบัติการจัดการขยะมูลฝอยภายในชุมชน เมื่อดำเนินการทดลองรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยครบ 3 เดือนแล้ว ทางคณะกรรมการจัดการขยะมูลฝอยร่วมกับ ชาวบ้าน จึงได้จัดเวทีสนทนา ในวาระการประชุมประจำเดือนของหมู่บ้าน โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ครู และชาวบ้าน ในการสรุป และวิเคราะห์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาในการดำเนินงาน และวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จากมติในที่ประชุมเห็นควรให้มีการจัดการขยะมูลฝอยต่อไป สามารถสรุปรายละเอียดที่ได้จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ในครั้งนี้ ชุมชนได้กำหนดแผนการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อการพัฒนาศักยภาพของชุมชน โดยให้มีการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการคัดแยกขยะ และการให้ความรู้เรื่องการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธี รวมถึงการส่งกลุ่มตัวแทนของชุมชนไปศึกษาดูงานวิธีการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนที่ประสบความสำเร็จ และนำรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ถูกต้องมาใช้พัฒนาในชุมชนของตนเอง เพื่อให้ชุมชนสามารถคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนนำไปทิ้งและสามารถจัดการขยะมูลฝอยแต่ละประเภทได้อย่างถูกวิธี

การถอดบทเรียนจากการดำเนินงานการจัดการขยะมูลฝอย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในบริเวณชุมชน พบว่า การทิ้งเศษขยะมูลฝอยลดน้อยลง ดูสะอาดและน่าอยู่มากขึ้น และชาวบ้านได้ตระหนักถึงความสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอยทำให้ได้รูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชน โดยมีการคัดแยกขยะก่อนนำไปทิ้งทุกครั้ง เกิดความสามัคคีและความร่วมมือในการจัดการปัญหาขยะมูลฝอย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ร่วมคิด ร่วมทำ ทำความเข้าใจในการปฏิบัติ ทำให้สามารถลดปริมาณขยะลงได้ ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการปัญหาขยะชุมชน ส่วนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการดำเนินงานในครั้งนี้ คือ การมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้านในการจัดการขยะมูลฝอย สามารถเรียนรู้การคัดแยกประเภทของขยะ และนำขยะไปกำจัดตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ จากปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น การสื่อสารภาษาของผู้สูงอายุ เนื่องจากชาวบ้านเป็นชนเผ่ากะเหรี่ยง ทำให้เกิดปัญหาในการสื่อสารคำศัพท์ในการคัดแยกขยะ รวมถึงการนำขยะมูลฝอยต่างๆ ไปทิ้งในเขตป่า เนื่องจากหลุมทิ้งขยะเต็มเร็วจากสภาพพื้นที่ที่มีจำกัด

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะมูลฝอยพื้นที่สูง กรณีศึกษา บ้านตุงลอย ตำบลอมก๋อยอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ อย่างมีส่วนร่วม ชุมชนได้มีการกำหนดกฎระเบียบการทิ้งขยะของชุมชนร่วมกัน คือ การจัดการขยะด้วยวิธีการเผา (ตอนกลางวัน) การขุดหลุมทิ้งขยะ การทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้และมีการจัดอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะอยู่เป็นประจำ เพื่อนำมาเสนอในการแก้ไขปัญหาร่วมกันภายในชุมชน พบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของจตุพงศ์ (2557) ที่กล่าวว่า การบูรณาการร่วมกับการใช้หลักการพัฒนาตามแนวพระราชดำริ คือ เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่น ๆ จะทำให้เกิดความร่วมมือในการจัดการขยะมูลฝอยและตระหนักถึงปัญหาสาเหตุ และได้กำหนดแนวทางจัดการขยะมูลฝอยร่วมกัน โดยมีการกำหนดกฎระเบียบชุมชนร่วมกันจัดทำโครงการจัดการขยะมูลฝอยโดยไม่ต้องพึ่งพาหน่วยงานภายนอก รวมถึงการจัดอบรมให้ความรู้ความเข้าใจในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธี เพื่อนำความรู้ที่ได้มาปรับใช้ในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกัน จะส่งผลให้ชุมชนเกิดความสามัคคีและนำไปสู่ความร่วมมือในด้านอื่นๆ ต่อไป นอกจากนี้ วิมลวัลย์ (2554) ได้รายงานว่าการจัดการขยะของครัวเรือนทุกวัน โดยมีการคัดแยกขยะก่อนทิ้งหรือกำจัดขยะทุกครั้งโดยการฝังกลบ และมีการคัดแยกขยะก่อนนำไปขาย รวมถึงชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนอย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่การร่วมคิด การร่วมดำเนินการ และการร่วมประเมินผล โดยผู้นำชุมชนมีบทบาทในการจัดการขยะในชุมชนอย่างต่อเนื่องและจริงจัง ซึ่งชาวบ้านสามารถร่วมเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อช่วยหาแนวทางการจัดการขยะของชุมชนร่วมกัน พิรุณพร (2560) กล่าวถึง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดการขยะของชุมชน การรับรู้ข้อมูลข่าวสารการคัดแยกขยะ การให้ความรู้ความเข้าใจการคัดแยกขยะก่อนนำไปทิ้ง การนำเศษอาหาร ไปไม้ที่มีอยู่ในครัวเรือนมาทำปุ๋ยหมัก และมีกระบวนการจัดการขยะแต่ละชนิดได้ถูก

ประเภทและวิธีการกำจัดขยะได้ถูกต้องตาม กรมควบคุมมลพิษ รวมถึงการเข้าร่วมฝึกอบรมเรื่องการจัดการขยะของชุมชน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการขยะภายในชุมชน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าการจัดการขยะมูลฝอยบนพื้นที่สูง กรณีศึกษา บ้านตุงลอย ชุมชนได้มีแนวทางในการจัดการขยะ 4 วิธี คือ 1) การคัดแยกประเภทขยะ 2) การจัดการขยะด้วยวิธีการเผา (ตอนกลางวัน) 3) การทำปุ๋ยหมักจากขยะที่ย่อยสลายได้ 4) จัดอบรมให้ความรู้การคัดแยกขยะ และมีการจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินงานในการจัดการขยะมูลฝอยของหมู่บ้านตุงลอย จำนวน 15 คน ประกอบด้วยผู้ใหญ่บ้าน เป็นประธาน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน 2 คน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล 2 คน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน 8 คน ครู 2 คน เพื่อกำหนดกฎ ระเบียบ ข้อห้าม และบทลงโทษ เพื่อกำหนดพื้นที่การทิ้งขยะของชุมชน จำนวน 1 หลุม ภายในพื้นที่ป่าชุมชน ขนาด ส่วนพื้นที่การทิ้งขยะภายในโรงเรียนบ้านตุงลอย จำนวน 2 หลุม ใช้สำหรับทิ้งขยะได้เฉพาะประเภทขยะทั่วไป และจากการจัดเวทีเสวนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในครั้งนี้ ชุมชนได้กำหนดแผนการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อการพัฒนาศักยภาพของชุมชน โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการคัดแยกขยะ และการให้ความรู้เรื่องการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธี รวมถึงการส่งกลุ่มตัวแทนของชุมชนไปศึกษาดูงานวิธีการจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนที่ประสบความสำเร็จและนำรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ถูกต้องมาใช้พัฒนาในชุมชนของตนเอง เพื่อให้ชุมชนสามารถคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนนำไปทิ้งและสามารถจัดการขยะมูลฝอยแต่ละประเภทได้อย่างถูกวิธี

ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน ควรสร้างคู่มือหรือชุดความรู้ในการจัดการขยะมูลฝอยที่ถูกต้องไว้ให้กับชุมชนและควรมีถังขยะสำหรับคัดแยกประเภทต่างๆ สำหรับไว้ในครัวเรือนของตนเอง เพื่อให้เกิดพฤติกรรมคัดแยกขยะและทัศนคติต่อขยะมูลฝอยก่อนนำไปทิ้ง รวมทั้งดำเนินกิจกรรมการอบรม การศึกษาดูงานนอกสถานที่อย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาใช้ในพัฒนากระบวนการจัดการขยะมูลฝอยภายในชุมชนของตนเองอย่างถูกวิธีและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทูสนับสนุนการดำเนินการวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ขอขอบคุณนายสุวรรณ ดีแสบ ผู้ใหญ่บ้านบ้านตุงลอย คณะกรรมการบ้านตุงลอย คณะครูโรงเรียนบ้านตุงลอย อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และกลุ่มชาวบ้านตุงลอยทุกท่านที่ได้ช่วยประสานงานและร่วมวางแผนการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2559. **สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย**

ปี 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.pcd.go.th/Public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2014&id=17119> (20 พฤศจิกายน 2559).

- จตุพงศ์ อภิพรไพศาล. 2557. การจัดการขยะมูลฝอยบนพื้นที่สูง โดยความร่วมมือระหว่างโรงเรียนกับชุมชน ในเขตบริการโรงเรียนบ้านป่าชางนาเงิน ตำบลแม่ฟ้าหลวง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 146 น.
- พิรุณพร น้ำผึ้ง. 2560. กระบวนการจัดการขยะชุมชน บ้านป่าเส้าหลวง ตำบลสันปูเลย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วิมลวัลย์ ไชยกาญจน์. 2554. การจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนบ้านแพะขวางตำบลน้ำแพร่ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 94 น.
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 (เชียงใหม่). 2561. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.reo01.mnre.go.th/th/new.detai/> (19 กุมภาพันธ์ 2561).

การควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาล

สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

Internal Control under the COSO Concept of Governmental Hospitals within Ministry of Public Health in Nakhon Si Thammarat

อัญชลี บ่มไธ^{1*} พัชญ์สินี แก้วคงจันทร์² จตุพร อภิโชติภูตินันท์² ปุณยพรรณ คงแก้ว² อารยา แก้วคง²
กชกร สุวรรณจำรูญ² กมลชนก วงศ์สิงห์² เกียรติศักดิ์ อินทรมณี² และสุดาร์ตน์ มนัสชล²
Anchalee Bomlai^{1*}, Pachsinee Kaewkongjum², Jatuporn Apichotphudinun²
Punyathad kongkeaw², Araya Kaewkhong², Kotchakorn Suwanjamroon²
Kamolchanok Wongsing², Kiatisuk Intaramanee² and Sudarat manatchon²

¹สาขาการบัญชี คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

²หลักสูตรบัญชีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

¹Accounting Department, Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya
Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

²Program in Accountancy, Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya
Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: anchalees_charoen@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่อง การควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข ในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในโรงพยาบาล รัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช 2) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญ ในการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างโดยใช้การทดสอบแบบทดสอบ (t-Test) ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) การทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Scheffe

พบว่า ระดับความคิดเห็นในการให้ความสำคัญในการควบคุมภายใน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ปัจจัย ด้านประสบการณ์ทำงานที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยด้าน เพศ อายุ และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ที่ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: โรงพยาบาลของรัฐ การควบคุมภายใน

Abstract

The study title was the importance on internal control under the COSO concept of governmental hospitals within Ministry of Public Health in Nakhon Si Thammarat. The objective was to study (1) the level of importance on internal control of governmental hospitals within Ministry of Public Health in Nakhon Si Thammarat and (2) the factors affected to the level of importance on internal control of governmental hospitals within Ministry of Public Health in Nakhon Si Thammarat. The questionnaire was used to collect data. The statistics used in this research were frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, One-way ANOVA and Two-way difference test with Scheffe method.

The results showed that the opinion level of importance on internal control in overall was at the highest. The factor of different working experiences affected to the level of importance on internal control under the COSO concept differently at the statistically significance of 0.05 level, and the differences in factors of gender, age and educational level affected to the importance on internal control under the COSO concept indifferently at the statistically significance of 0.05 level.

Keywords: Governmental hospitals, Internal control

คำนำ

การขาดระบบการควบคุมภายในที่ดีนำมาสู่ความเสียหายของธุรกิจ ผู้บริหารควรคำนึงถึงกระบวนการทำงาน และขั้นตอนการปฏิบัติงานว่ามีประสิทธิภาพต่อการดำเนินงานหรือไม่ เครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการที่สามารถช่วยกำกับดูแลให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือการควบคุมภายในซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยลดความเสี่ยงจากการผิดพลาด ลดการทุจริต ภาครัฐจึงได้นำระบบการควบคุมภายในที่ดีมาเป็นแนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงาน โรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐได้นำหลักการควบคุมภายในซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การทำงานของหน่วยงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดข้อผิดพลาด ลดความเสี่ยงและการทุจริตระบบการควบคุมภายในถือเป็นเครื่องมือประเภทหนึ่งที่ถูกนำมาช่วยในการบริหารงานและเป็นกลไกพื้นฐานสำคัญของกระบวนการกำกับดูแลการดำเนินงานต่างๆ (ดุษฎา, 2554) ของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

โรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในจังหวัดนครศรีธรรมราช จึงได้นำแนวคิดของ COSO ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อม ด้านการประเมินความเสี่ยง ด้านกิจกรรมการควบคุม ด้านสารสนเทศ และการสื่อสารในองค์กร ด้านการติดตามและประเมินผล (ชริดา, 2556) มาเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงานเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการทุจริต และการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ การนำแนวคิดของ COSO จึงมีส่วนสำคัญทำให้องค์กรมีการควบคุมภายในที่ดี โรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในจังหวัดนครศรีธรรมราช จึงให้ความสำคัญต่อระบบการควบคุมภายในซึ่งจะส่งผลให้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงพยาบาลลดลง เกิดความโปร่งใส ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษา 1) ระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในของโรงพยาบาลของรัฐบาล สังกัดกระทรวง

สาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช 2) ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญของการควบคุมภายในของโรงพยาบาลของรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อให้ทราบว่าโรงพยาบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในจังหวัดนครศรีธรรมราชให้ความสำคัญในการควบคุมภายในระดับใด และปัจจัยใดที่ส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญของการควบคุม เพื่อให้โรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในจังหวัดนครศรีธรรมราช นำผลการวิจัยไปปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการควบคุมภายในโรงพยาบาลต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช กำหนดกลุ่มประชากรคือโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชรวมทั้งโรงพยาบาลประจำจังหวัดและประจำอำเภอ จำนวน 23 แห่ง และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ หัวหน้างานด้านการเงิน งานบัญชีและงานพัสดุจำนวน 48 คน การศึกษารั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ (1) แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบสำรวจรายการ และ (2) แบบสอบถามเกี่ยวกับระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO โดยใช้คำถามที่เป็นแบบมาตรวัดแบบ Likert Type แบ่งลำดับเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยสอบถามจากหัวหน้างานด้านการเงิน งานบัญชีและงานพัสดุในโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยวิธีการสัมภาษณ์แบบเผชิญหน้า และ ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารการควบคุมภายในเกี่ยวกับการปฏิบัติตามแนวคิด COSO รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติเพื่อประมวลผลและหาค่าทางสถิติ การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิดของ COSO ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ที่ส่งผลต่อระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิดของ COSO โดยตัวแปรอิสระเพศ จะใช้สถิติการแจกแจงแบบ T-Test independent ส่วนตัวแปรอิสระอายุ ระดับการศึกษาและประสบการณ์การทำงานจะใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจากหัวหน้าการเงิน งานบัญชีและงานพัสดุในโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชรวมทั้งสิ้น 23 แห่ง จำนวน 48 คน พบว่าการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ในระดับมากที่สุด และปัจจัยด้านประสบการณ์ทำงานที่แตกต่างกันส่งผลต่อการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา และประสบการณ์ทำงาน

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
เพศ	หญิง	44	91.70
อายุ	31-40 ปี	26	54.20
การศึกษา	ปริญญาตรี	38	79.20
ประสบการณ์ทำงาน	10 >	26	54.20

The results showed that the people of governmental hospitals within Ministry of Public Health in Nakhon Si Thammarat. Mostly female 44 person percentage 91.70 age between 31-40 year quantity 26 person percentage 54.20 Bachelor's degree 38 person percentage 79.20 and work experience 10 year or more 26 person percentage 54.20

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาล รัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยภาพรวม

การควบคุมภายในตามแนวคิด COSO	\bar{X}	S.D.	ระดับการให้ ความสำคัญ
1 ด้านสภาพแวดล้อมการควบคุม	4.63	0.39	มากที่สุด
2 ด้านกิจกรรมการควบคุม	4.54	0.43	มากที่สุด
3 ด้านการประเมินความเสี่ยง	4.43	0.39	มากที่สุด
4 ด้านการติดตามและประเมินผล	4.41	0.55	มากที่สุด
5 ด้านสารสนเทศและการสื่อสารในองค์กร	4.39	0.43	มากที่สุด
รวม	4.48	1.76	มากที่สุด

The level of importance on internal control under the COSO concept of governmental hospital within ministry of Public Health in Nakhon si Thammarat. The Overall level is very high (\bar{X} = 4.48, S.D. = 1.76) When considering each aspect The results that the opinion level of importance on internal Control in overall was at the highest include Control environmental (\bar{X} = 4.63, S.D. = 0.39) Secondary is control activities (\bar{X} = 4.54, S.D. = 0.43) Risk assessment (\bar{X} = 4.43, S.D. = 0.39) Tracking and evaluation (\bar{X} = 4.41, S.D. = 0.55) Information and communication in Organizations (\bar{X} = 4.39, S.D. = 0.43)

ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา และประสบการณ์ทำงาน โดยภาพรวม

	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO	Sig.
1	เพศ	0.20
2	อายุ	0.28
3	การศึกษา	0.73
4.	ประสบการณ์ทำงาน	0.02*

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

The factor of different working experiences affected to the level of importance on internal control under the COSO concept differently at the significant statistic of 0.05 level, and the differences in factors of gender, age and educational level affected to the importance on internal control under the COSO concept indifferently at the statistically significance of 0.05 level.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยสอบถามจากหัวหน้าการเงิน งานบัญชีและงานพัสดุ ประกอบไปด้วยตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา ประสบการณ์ทำงาน และตัวแปรตามการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ สภาพแวดล้อมการควบคุม การประเมินความเสี่ยง กิจกรรมการควบคุมสารสนเทศและการสื่อสารในองค์กร การติดตามและประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของชีวรัตน์ (2558) พบว่าระดับความคิดเห็นในการให้ความสำคัญในการควบคุมภายใน มีการควบคุมภายในอยู่ในระดับมากที่สุด อันเนื่องมาจากการสัมภาษณ์บุคคลผู้ควบคุมระบบเองจึงให้ระดับคะแนนการให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด เพื่อแสดงให้เห็นว่าผู้ควบคุมระบบให้ความสำคัญของการควบคุมภายใน การควบคุมการปฏิบัติให้เป็นไปตาม กฎ ระเบียบ และข้อบังคับ แต่ไม่สามารถสรุปผลได้ว่าการดำเนินงานมีประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนั้นเพื่อให้การศึกษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรจะมีการทำการศึกษาเรื่องการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชกับประสิทธิภาพของการดำเนินงานของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชเพื่อจะทราบว่าจะระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานหรือไม่ สำหรับการเปรียบเทียบด้านประชากรศาสตร์กับระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO สอดคล้องกับสุวินชา (2555) พบว่าประสบการณ์ทำงานที่แตกต่างกัน มีระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากประชากรที่มีประสบการณ์ทำงาน 7-9 ปี และ 10 ปีขึ้นไปให้ความสำคัญในการควบคุมภายในมากกว่า เนื่องจากมีความคุ้นเคยกับองค์กรและสามารถระบุนความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยที่มากกระทบต่อการบริหารงานเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่วางไว้ได้ดีกว่าประชากรที่มีประสบการณ์ทำงานน้อย ซึ่งประโยชน์จากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้ผู้บริหารของโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชได้นำผลการวิจัยไปปรับปรุง

และพัฒนาแนวทางการควบคุมภายในโรงพยาบาลรัฐบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชต่อไปเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปทางด้านประชากร พบว่าบุคลากรของโรงพยาบาลของรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 48 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 91.70 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.20 การศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 79.20 มีประสบการณ์ทำงาน 10 ปีขึ้นไป จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 54.20 การวิเคราะห์ระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ของโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 1.76) การวิเคราะห์ปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อระดับการให้ความสำคัญของการควบคุมภายในของโรงพยาบาลรัฐบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ปัจจัยด้านประสบการณ์ทำงานที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อระดับการให้ความสำคัญในการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ เพศ อายุและระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ส่งผลกระทบต่อระดับการให้ความสำคัญต่อการควบคุมภายในตามแนวคิด COSO ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จเป็นฉบับสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์พัชณีย์สินี แก้ววงจันทร์ ที่ปรึกษาวิจัยหลัก และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน และขอขอบคุณบุคลากรโรงพยาบาลของรัฐ สังกัดกระทรวงสาธารณสุขในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ

เอกสารอ้างอิง

- ชริดดา แซ่ลี. 2556. การประเมินระบบการควบคุมภายในตามแนวทาง COSO ระบบงานบริการช่างและคลังพัสดุของโครงการแกรนด์พาร์ตเมนท์. การศึกษาอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 109 น.
- ชีวีรัตน์ สระเพ. 2558. การควบคุมภายในตามแนวคิดของ COSO ส่งผลต่อรายงานการตรวจสอบของสำนักงานตรวจสอบแผ่นดินของเทศบาลในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 76 น.
- ดนูชา อาชามาส. 2554. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมภายในระบบสารสนเทศ : การประปานครหลวง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 89 น.
- สุวินชา การพัชชี. 2555. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการควบคุมภายในของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 158 น.

ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และปัจจัยในการเลือกศึกษา
ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

The Relationship between Mathematics Achievement and the Factors for
Choosing to Study in Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla

สมิหลา คีรีศรี* และศักดิ์ชัย คีรีศรี

Samila Kirisri* and Sakchai Kirisri

หลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

Program in Mathematics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author: samila.krs@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ประชากร คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ที่เคยผ่านการลงทะเบียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา พ.ศ. 2560 จำนวน 1,500 คน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 306 คน เลือกตัวอย่างโดยวิธีแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ ในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาปัจจัย 2 ด้าน คือ ปัจจัยด้าน ลักษณะของนักศึกษาและปัจจัยด้านมหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นมาตราส่วนประเมินค่า แบบลิเคิร์ท จำนวน 1 ชุด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบไคร้สแควร์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระ 2 ตัว (The Chi-squared Test for Independence) และหาค่า ขนาดความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี (Cramer's V) ทุกปัจจัยในการเลือกศึกษาใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ปัจจัยในการเลือกศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Abstract

The objectives of this study were to study factors for choosing to study in Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla and the relationship between Mathematics achievement. Population were 1,500 students in Rajamangala university Srivijaya Songkhla who already registered in Mathematics subject in Semester 1 Academic Year 2017. Samples were 306 students by using stratified sampling. Two factors used in this study were the factor of students themselves and that

of the university. Instrument was a set of questionnaires using Likert's rating scales. Data was analyzed by frequency, percentage, mean, standard deviation and the Chi-squared Test for Independence and Carmer's V coefficient correlation.

The results were found that there was a statistical difference in the relationship among every factor for choosing to study in Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla and the relationship between Mathematics achievement.

Keywords: relationship, mathematics achievement, factors for choosing to study

Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla

คำนำ

การตัดสินใจเพื่อเลือกศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยแห่งใดแห่งหนึ่งนั้นมีความสำคัญสำหรับนักศึกษาทุกคน เพราะในปัจจุบันประเทศไทยมีมหาวิทยาลัยมากมายให้เลือกศึกษา โดยที่แต่ละมหาวิทยาลัยต่างก็มีคุณลักษณะหรือเอกลักษณ์ แตกต่างกันไป การเลือกศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยจึงเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน Hossler *et al.* (1999) กล่าวว่า “การตัดสินใจเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยเป็นการตัดสินใจที่มีความสำคัญของวัยเด็กเมื่อเริ่มย่างเข้าสู่วัยรุ่น การตัดสินใจเข้าเรียนมีผลกระทบต่อชีวิตของพวกเขาเนื่องจากการตัดสินใจนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับอนาคต รายได้ และคุณภาพชีวิตที่ดีของพวกเขา” ตัวแปรที่มีผลต่อการเลือกมหาวิทยาลัยมีมากมาย Carlson (1992) กล่าวว่า ทั้งตัวผู้เรียนและผู้ปกครองต่างก็มีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจ Astin (1997) พบว่าการตัดสินใจเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยได้รับอิทธิพลจาก ครู เพื่อน อาจารย์ที่ปรึกษา Hossler *et al.* (1989) พบว่า การเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยได้รับอิทธิพลจากเศรษฐกิจ สังคม กล่าวคือ การเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยมีความเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่าย โดยนักศึกษาจะเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ นอกจากนี้การเลือกศึกษายังมีความเกี่ยวข้องกับภูมิหลังของสภาพครอบครัว และความสามารถของนักเรียนเองชนสวัสดี (2549) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชน ได้แก่ ความสามารถทางการเรียนของตนเอง การเดินทางจากบ้านพักไปมหาวิทยาลัย อาชีพที่คาดหวัง และอิทธิพลของผู้ปกครอง

นอกจากการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยให้ได้ตรงตามความประสงค์ของนักศึกษาแล้ว เมื่อนักศึกษาสามารถเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยได้แล้ว นักศึกษาก็มีหน้าที่ที่จะต้องศึกษาอย่างเข้มข้น จริงจัง ในทุกหลักสูตรที่นักศึกษาเข้าเรียนนั้น เพื่อที่จะได้บรรลุผลถึงความสำเร็จได้รับปริญญาบัตรตรงตามเวลาที่หลักสูตรกำหนด แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยซึ่งทำการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พบว่า นักศึกษาซึ่งต้องลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานก็ดี หรือเป็นวิชาบังคับก็ดี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาโดยมากมีค่าต่ำ ทำให้นักศึกษาต้องถอนการลงทะเบียน และไม่ผ่านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กันมาก ทั้งๆ ที่วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานสำคัญในการศึกษาต่อในระดับสูงในหลายๆ สาขา นอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นวิชาที่ก่อให้เกิดการใช้ความคิดของสมอง ทำให้ผู้เรียนมีความฉลาด รู้จักการแก้ปัญหา และวิชาคณิตศาสตร์ยังส่งผลให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง มีวินัย มีความคิดสร้างสรรค์อีกด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย สงขลา เพื่อศึกษาว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์และปัจจัยในการเลือกศึกษามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อันจะทำให้ทราบถึงสาเหตุและจะนำไปสู่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาซึ่งมีค่าต่ำต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ที่เคยผ่านการลงทะเบียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา พ.ศ. 2560 จำนวน 1,500 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา มหาวิทยาลัยที่เคยผ่านการลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา พ.ศ. 2560 ขนาดตัวอย่างเลือกโดยใช้ตารางเลือกตัวอย่างของ Krejcie และ Morgan จำนวน 306 คน สุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่งเป็นชั้นภูมิ โดยใช้คณะเป็นชั้นภูมิ และสุ่มตัวอย่างแต่ละคนภายในชั้นภูมิด้วยวิธีจับฉลาก

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะของนักศึกษาและปัจจัยด้านมหาวิทยาลัยและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ (เกรดในรายวิชาคณิตศาสตร์)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 ชุด แบ่งข้อคำถามเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม มีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามวัดปัจจัยการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา มีลักษณะแบบมาตราส่วนประเมินค่าของลิเคิร์ต (Likert Scale) มีจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อ โดยแบบสอบถามข้อ 1-10 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านมหาวิทยาลัย ส่วนแบบสอบถามข้อที่ 11-20 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านลักษณะของนักศึกษา

การสร้างเครื่องมือ

เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถามวัดปัจจัยการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา โดยมีวิธีการสร้างเครื่องมือวิจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารงานและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรเรียน
2. นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาดำเนินการจัดทำแบบสอบถาม โดยเขียนข้อคำถามต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จำนวน 50 ข้อ
3. หาคุณภาพของแบบสอบถามวัดปัจจัยการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา โดยตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่น โดยดำเนินการดังนี้
 - 3.1 ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถามด้วยตนเองโดยพิจารณาว่าข้อคำถามมีความชัดเจน ครอบคลุมวัตถุประสงค์หรือไม่

- 3.2 นำแบบสอบถามไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ช่วยพิจารณาความตรงตามเนื้อหาโดยนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง
- 3.3 นำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิปรับปรุงแก้ไขและคัดเลือกข้อคำถามแต่ละข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67-1.00 ได้จำนวน 35 ข้อ
- 3.4 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักศึกษาที่มีไขกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อศึกษาปัญหาการใช้แบบสอบถาม
- 3.5 ทำการปรับปรุงแก้ไข
- 3.6 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักศึกษาที่มีไขกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน แล้วนำมาหาอำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) แล้วคัดเลือกข้อความที่มีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ ได้จำนวน 20 ข้อ
- 3.7 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นนักศึกษาที่มีไขกลุ่มตัวอย่างและเป็นคนละกลุ่มกับนักศึกษาในสองกลุ่มแรก จำนวน 40 คน เพื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟามีค่าเท่ากับ 0.83

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการแจกแบบสอบถามด้วยตนเองโดยได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อให้เกิดความเข้าใจถูกต้องตรงกัน

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ผลการวิจัยตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. คัดเลือกแบบสอบถามที่มีการตอบอย่างครบถ้วนสมบูรณ์
2. คำนวณค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา โดยการทดสอบไคส์แควร์ที่เกี่ยวข้องกับ ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (The Chi-squared Test for Independence) และหาค่าขนาดความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี (Cramer's V)

ผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้ข้อสรุปของผลการวิจัยดังต่อไปนี้

Table 1 Mean of factors in selection to study at Rajamangala University of Technology
Srivijaya Songkhla

Factors	\bar{x}	SD
University	30.12	3.40
Students	48.25	3.24

จาก Table 1 พบว่าปัจจัยด้านนักศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.25 ปัจจัยด้านมหาวิทยาลัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.12 แสดงว่า ปัจจัยด้านนักศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปัจจัยด้านมหาวิทยาลัย

Table 2 Relationship between Learning Achievement in Mathematics Subject and Factors in Selection to Study at Rajamangala University of technology Srivijaya Songkhla

Learning Achievement in Mathematics Subject Factors in selection to study at Rajamangala University of Technology Srivijaya Songkhla	χ^2	Cramer's V	p
1. (I choose to study here) because the university is famous	96.63	0.25	0.00*
2. (I choose to study here) because the university gives scholarship to students	81.153	0.32	0.00*
3. Because the university has loan foundation	146.76	0.31	0.00*
4. Because the university gives quota	123.57	0.29	0.00*
5. Because the university is situated near student's house	97.47	0.26	0.00*
6. Because the university is ready in instructional materials, sports and activities	153.13	0.32	0.00*
7. Because the university's guidance at students' former school	150.35	0.32	0.00*
8. Because of cheap expenditure	151.44	0.32	0.00*
9. Because of the announcement in radio television and websites	96.74	0.25	0.00*
10. Because it is easy to graduate	140.56	0.31	0.00*
11. Because students' friends study here	137.32	0.30	0.00*
12. Because of the value to gain university's degree	118.57	0.28	0.00*
13. Because it is easy to find jobs after graduating	128.21	0.29	0.00*
14. Because it is better than staying home doing nothing	128.45	0.29	0.00*
15. Because of parents' needs	165.12	0.33	0.00*
16. Because it suits students' ability	94.05	0.25	0.00*

Table 2 (Continued)

Learning Achievement in Mathematics Subject	χ^2	Cramer's V	p
Factors in Selection to Study at Rajamangala University of technology Srivijaya Songkhla			
17. Because students can't study in other institutions	154.86	0.32	0.00*
18. Because of the advice from their teachers in former schools	145.24	0.31	0.00*
19. Because of the advice of relatives, cousins and friends	79.27	0.23	0.00*
20. Because students wants to learn in their interests and success in their life	89.70	0.25	0.00*

จาก Table 2 แสดงว่าปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกปัจจัย โดยปัจจัยที่มีค่าขนาดความสัมพันธ์มากที่สุด คือ ท่านเลือกเรียนเพราะบิดามารดาต้องการให้เรียนโดยมีขนาดความสัมพันธ์โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี เท่ากับ 0.33 รองลงมาคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี เท่ากันรวม 5 ปัจจัย โดยมีค่าเท่ากับ 0.32 ได้แก่ ท่านเลือกเรียนเพราะมหาวิทยาลัยให้ทุนการศึกษา เลือกเรียนเพราะมีความพร้อมด้านอุปกรณ์การเรียน การกีฬา และการจัดกิจกรรม เลือกเรียนเพราะมหาวิทยาลัยได้ออกไปแนะแนวที่สถานศึกษาเดิม เลือกเรียนเพราะมีค่าใช้จ่ายถูก และเลือกเรียนเพราะไม่สามารถเข้าเรียนที่อื่นได้

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยซึ่งพบว่าบิดา มารดา เป็นบุคคลที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกศึกษาที่มหาวิทยาลัยมากที่สุด แสดงว่าปัจจัยด้านนักศึกษาโดยเฉพาะด้านครอบครัวจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยมาก ทั้งนี้เพราะครอบครัวเป็นผู้ที่มีความใกล้ชิด เป็นผู้มีอุปการะคุณแก่นักศึกษา ทำให้บทบาทของครอบครัวมีความสำคัญต่อการเลือกศึกษา ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hossler *et.al.* (1989) ที่กล่าวว่า การตัดสินใจเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยนั้นปัจจัยทางครอบครัวของนักศึกษามีส่วนสำคัญที่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยที่จะให้เข้าศึกษา รวมทั้งความสามารถและความต้องการของตัวนักศึกษาเองว่ามีความสามารถและความปรารถนาเพียงไรในการที่จะเรียน

2. เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย จากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านนักศึกษาที่มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านมหาวิทยาลัย กล่าวคือ การตัดสินใจเลือกศึกษาที่มหาวิทยาลัยมีผลมาจากบิดามารดา ต้องการให้เรียน มากกว่าปัจจัยทางด้านต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ดังนั้น บิดามารดา ล้วนมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกศึกษาของนักศึกษาซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Parker (1987) ซึ่งพบว่า บิดามารดา และอาจารย์แนะแนวมีผลต่อการตัดสินใจเรียนมากกว่าการให้ทุนเรียนของมหาวิทยาลัย และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dixson and Martin, (1991)

ที่พบว่า ปัจจัยในการเลือกศึกษาของนักศึกษาเกิดจากปัจจัยด้านสังคมจิตวิทยา และปัจจัยด้านเศรษฐกิจ และเขาเน้นว่าการแนะนำจากบิดามารดา มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกศึกษามากกว่าการแนะนำจากเพื่อน จากครู จากอาจารย์แนะแนว หรือจากศิษย์เก่า และสอดคล้องกับ Hossler and Gallagher (1987) ที่ได้กล่าวถึง การตัดสินใจเลือกศึกษาว่าเป็นขบวนการทางสมองที่นักศึกษาต้องพิจารณาถึงทางเลือกในการศึกษาต่อ โดยขั้นตอนในการตัดสินใจเลือกศึกษาในระยะเริ่มต้น คือ ระยะ Predisposition เป็นระยะที่นักศึกษาจะพิจารณาว่าจะศึกษาต่อหรือไม่ศึกษาต่อในวิทยาลัยหรือมหาวิทยาลัย โดยในระยะนี้มีตัวแปรต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเลือกศึกษาของนักศึกษา ได้แก่ สภาพเศรษฐกิจของครอบครัว ความรู้ความสามารถของตัวนักศึกษาเอง (เกรดเฉลี่ย) ระดับการศึกษาของบิดามารดา การสนับสนุนด้านการเรียนของบิดามารดา การแนะนำจากเพื่อน การแนะแนวจากครู ความปรารถนาของตนเอง และความต้องการของตลาดแรงงาน

3. ปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ประกอบด้วยตัวแปรหลายตัวดังในงานวิจัยของวันวิสาข์ (2554); เชาวรัตน์ (2540); Brown (1991); Discenza *et.al.* (1985) ที่ได้นำตัวแปรปัจจัยต่างๆ ซึ่งมีหลากหลายปัจจัยมาศึกษาและพบว่าตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีผลต่อการตัดสินใจเลือกเรียน

4. ปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกปัจจัย แสดงให้เห็นว่าปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สงขลา มีความเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา และจากการวิจัยที่พบว่าปัจจัยด้านเลือกเรียนเพราะบิดามารดาต้องการให้เรียนมีขนาดของความสัมพันธ์โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี สูงกว่าปัจจัยอื่น อาจเป็นเพราะบิดามารดาเป็นผู้มีความใกล้ชิดกับนักศึกษาย่อมรู้ถึงความถนัดความชอบ ความต้องการของนักศึกษา และเป็นผู้มีส่วนสนับสนุนส่งเสริมให้บุตรของตนพัฒนาเรียนรู้ไปในทิศทางที่บิดามารดาคาดหวังไว้ จึงทำให้ปัจจัยการเลือกเรียนอันเนื่องจากบิดามารดามีความสัมพันธ์กันสูงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเทียบกับปัจจัยด้านอื่น

สรุปผลการวิจัย

ทุกปัจจัยในการเลือกศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยที่มีค่าระดับความสัมพันธ์มากที่สุด คือ ท่านเลือกเรียนเพราะบิดามารดาต้องการให้เรียน โดยมีขนาดของความสัมพันธ์โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบคราเมอร์วี เท่ากับ 0.33

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา รวมทั้งคณะกรรมการพิจารณาการให้ทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2561 แก่คณะผู้วิจัยในครั้งนี้ หากคณะผู้วิจัยไม่ได้รับการสนับสนุนด้วยดีจากมหาวิทยาลัยและท่านเหล่านี้ งานวิจัยครั้งนี้คงจะไม่ประสบผลสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชนสวัสดิ์ สุรชาติ. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเรียนในระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเอกชน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกริก. 134 น.
- เชาวรัตน์ โทณผลิต. 2539. ปัจจัยที่ผู้ปกครองนักเรียนตัดสินใจส่งบุตรหลานเข้าเรียนในโรงเรียนอนุบาลเอกชน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 127 น.
- วันวิสาข์ แก้วสมบูรณ์. 2554. เหตุจูงใจในการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.tsu.ac.th/grad/report/files/06044949200949.doc (29 ก.พ. 2560).
- Astin, A. W. 1997. **What matter in college?**. San Francisco: Jossey-Bass Publisher. 482 p.
- Brown, D.J. 1991. Identifying benefit segments among college students. **The Journal of College Admission** Vol:30-33.
- Carlson, L.M. 1992. **Factor Influencing College Choice by First-year Student at Small Private College and Universities in Illinois**. Doctoral dissertation. Illinois State University.
- Discenza, R., M.J. Ferguson, and R. Wisner. 1985. **NasPA Journal**. pp 18-25. Marketing higher educational: Using a situation analysis to identify prospective student needs in today's competitive environments. Vol:18-25.
- Dixson & Martin N.P. 1991. **Journal of Collage Student Developments** 32: 253-257. Factors Influencing students' choice.
- Hossler, D. j., Braxton, and G. Coopersmith. 1989. Higher Education; Handbook of Theory and Research v5. In Smart J.C. (Ed.). pp 231-288. **Understanding Student College Choice**. New York: Agathon.
- Hossler, D. and S.K. Gallagher. 1987. **Journal of the American Association of Collegiate Registrars and Admission officers**. 62(3): 207-220. Studying student college choice : A three-phase model and the implications for policymakers.
- Hossler, D., J. Schmit, and Vesper. 1999. **Journal of Higher B. Paulsen** 72: 383-385. Going to college: How social, economic and educational factors influence the discisions students make.
- Parker, S. M. 1987. **The University of Alabama ProQuest Dissertations Publishing**. Alabama: Factors which Influenced Students Enrolled at the University of Alabama During 1980-1985 A Major in Home Economics.

กระบวนการนิเทศแบบ APPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัด
การทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา
และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย
ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

APPLE Supervisory Process to Develop Learning Management in Accordance
with the Indicators of the Basic Knowledge Learner (NT) Testing, Language Ability
and Core Curriculum Basic Education 2008 Thai Language of Grade 3 Teachers

อุษณีย์ ยาโกะ

Ussanee Yakoh

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1 ยะลา 95000

The office of Primary Educational Service Area 1, Yala, Thailand 95000

Corresponding author: ussanee79@gmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการนิเทศแบบ APPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1) เพื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังการอบรม 2) เพื่อประเมินความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบ ความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ปีการศึกษา พ.ศ. 2559 ระดับปรับปรุงจำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 1) ชุดฝึกอบรมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 2) คู่มือนิเทศแบบ APPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 3) แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจของครูผู้สอนสาระวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมวัดความสามารถพื้นฐาน การประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 4) แบบตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน

5) แบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครูในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 6) แบบประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน อยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 3.31) และการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน อยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 3.24) และความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE อยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 4.17)

คำสำคัญ: กระบวนการนิเทศแบบ APPLE การจัดการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ด้านภาษา หลักสูตร

Abstract

APPLE supervisory process to develop learning management in accordance with the indicators of the basic knowledge learner (NT) testing, language ability and core curriculum basic education 2008 Thai Language of teachers who teach grade 3. The objectives of the study were as follows: 1) to make a knowledge and comprehension (understanding) and ability to use the indicator of basic knowledge learner (NT) language ability and core curriculum basic education 2008. Utilization of Thai language of grade 3 students according to the learning management both pre and post training, 2) to make an assessment of ability of the indicator of basic knowledge learner (NT) testing language ability and core curriculum basic education 2008 core curriculum of Thai basic education grade 3 according to learning management, 3) to study the satisfaction of the teachers toward apples supervisory process. The samples used for this study were grade 3 Thai language teachers of the school. The method was used by percentage in quality assessment (NT) 2016. The amount of improvement was 27 teachers. The tool used for the study composed of: 1) set of language training and learning management accordance with the indicator of basic knowledge learner (NT) the language ability and core curriculum basic education 2008 of grade 3 teachers, 2) APPLE supervisory process to develop learning management in accordance with the indicators of the basic knowledge learner (NT) the Language ability and core curriculum basic education 2008 of grade 3 students, 3) knowledge test measurement of Thai language teachers grade 3 (NT) assessment in writing lesson plan, preparatory teaching and basic education, assessment of educational quality (NT) ability and language skill for language teachers of grade 3, 4) lesson plan check up of Thai language teachers, 5) assessment teachers' behavior in learning management accordance with the indicators of the basic knowledge learner (NT) language ability and core curriculum basic education 2008, 6) satisfactory assessment of the teachers towards apple supervisory process. Analysis of the data were in percentage, mean, standard deviation. The result study found that knowledge understanding.

The ability of learning management both pre and post training with the statistical significance level at 0.05 the ability of knowledge learning plan of learning management of the teachers was in an average level ($\bar{X} = 3.31$) and learning management of the teachers was in an average level ($\bar{X} = 3.24$) and satisfaction of the teachers towards APPLE supervisory process was in very high level ($\bar{X} = 4.17$)

Keywords: APPLE Supervisory process, learning management, indicators, language, curriculum

คำนำ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้มีนโยบายประเมินความสามารถพื้นฐานของผู้เรียน โดยประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 3 ด้าน คือ ความสามารถด้านภาษา (Literacy) ด้านคำนวณ (Numeracy) และด้านเหตุผล (Reasoning Ability) ซึ่งเริ่มประเมินในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา โดยเฉพาะความสามารถด้านภาษา ถูกกำหนดให้เป็นนโยบายในการขับเคลื่อนการพัฒนาการศึกษาที่เน้นให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนภาษาไทย เพื่อยกระดับผลการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT)

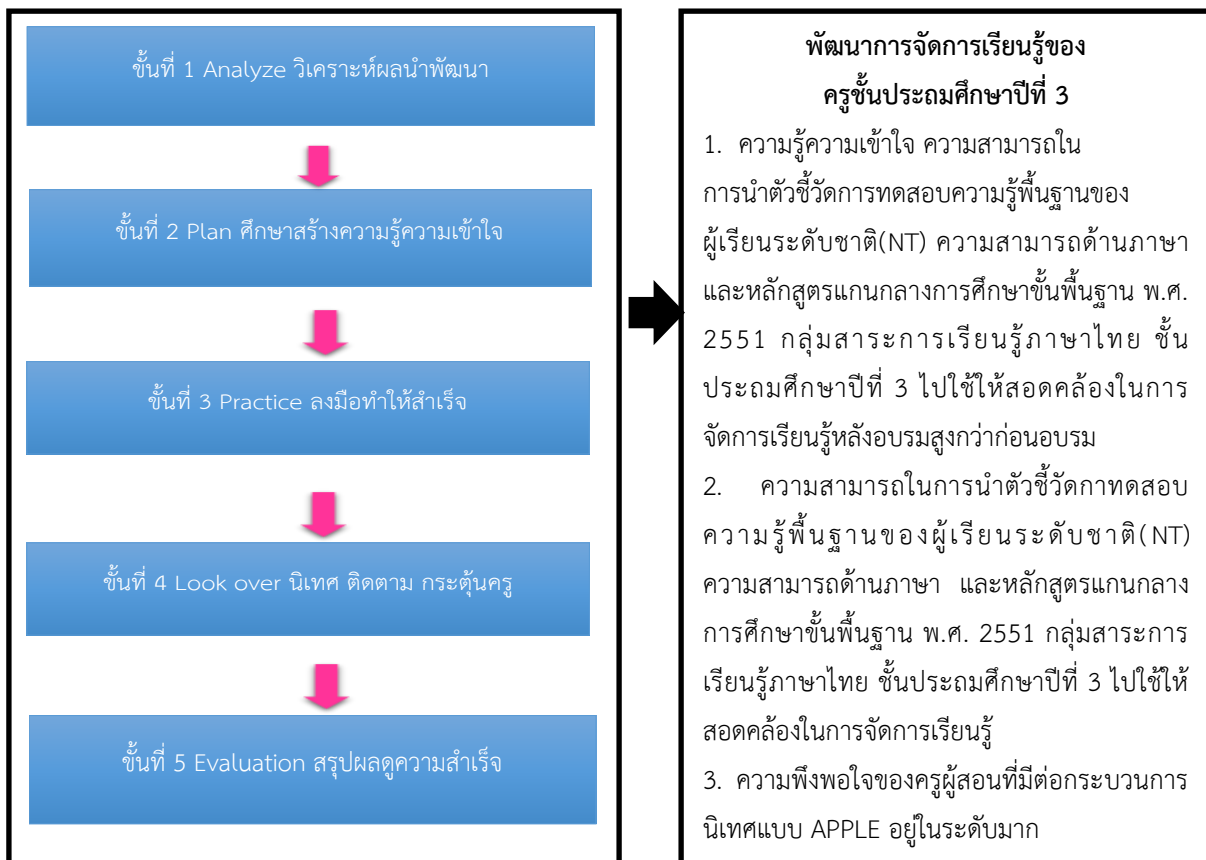
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1 เล็งเห็นถึงความสำคัญตามนโยบาย จึงได้กำหนดกิจกรรมการยกระดับผลสัมฤทธิ์การทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ด้านภาษา ซึ่งจากผลการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ด้านภาษา ปีการศึกษา พ.ศ. 2559 (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1, 2559) พบว่า มีโรงเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุง จำนวน 27 โรงเรียน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่รับผิดชอบกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยอย่างเร่งด่วน การที่จะพัฒนาให้มีคุณภาพนั้นจะต้องอาศัยกระบวนการนิเทศการศึกษา เพราะการนิเทศการศึกษา คือ การช่วยเหลือ สนับสนุน ชี้แนะ แนะนำ ให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการศึกษา กระบวนการพัฒนาครู เพื่อให้ครูปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อให้การจัดการศึกษาบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ (ชาญชัย, 2547) (สันต์, 2562) และ (วัชรรา, 2550) ดังนั้นกิจกรรมและเทคนิคการนิเทศที่ศึกษานิเทศก์นำมาใช้ในการนิเทศการศึกษาต้องเน้นให้ครูมีโอกาสค้นคว้าและปรับปรุงงานที่จะต้องทำด้วยตนเอง เมื่อได้เรียนรู้และพัฒนางานของตนแล้ว ผู้เรียนก็ย่อมได้รับการพัฒนาให้ได้ผลดี มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเช่นกัน ผู้ศึกษาในฐานะศึกษานิเทศก์ที่รับผิดชอบกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยและงานยกระดับผลสัมฤทธิ์การทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) จึงเกิดแนวคิดที่จะช่วยเหลือครูให้สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมความสามารถพื้นฐานสู่การทดสอบคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา ให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้กระบวนการนิเทศเป็นแนวทางในการพัฒนา ทั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบการนิเทศของนักการศึกษา ดังนี้ การนิเทศแบบคลินิก (Clinical Supervision) ของ ปรียาภรณ์ (2548) และวัชรรา (2550) สรุปได้ว่า เป็นการนิเทศที่มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การนำความรู้ไปปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ และเกิดความคิดอย่างมีเหตุผล การนิเทศแบบสนับสนุน (Supportive Supervision) เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการนิเทศการสอนของการ์โบและรอทสไตน์ (Garubo and Rothstein, 1970 อ้างถึงใน วัชรรา เล่าเรียนดี, 2550) สรุปได้ว่า การเรียนรู้ระหว่างครูหรือผู้รับการนิเทศกับผู้นิเทศ โดยการเรียนรู้วิธีคิด และการกระทำให้สามารถปฏิบัติงานด้วยความตระหนักและมีเป้าหมายร่วมกัน จากการศึกษาารูปแบบการนิเทศดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงได้เสนอกระบวนการนิเทศแบบ APPLE มีกระบวนการ 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 Analyze วิเคราะห์ผลนำพัฒนา ขั้นที่ 2 Plan ศึกษาสร้างความรู้ความเข้าใจ ขั้นที่ 3 Practice ลงมือทำให้สำเร็จ ขั้นที่ 4 Look over นิเทศ ติดตาม กระตุ้นครู ขั้นที่ 5 Evaluation สรุปผลดูความสำเร็จ ซึ่งมองกระบวนการนิเทศดังกล่าวเป็นการเจริญเติบโตมากกว่ากระบวนการที่มุ่งแต่เฉพาะผลผลิต ส่งเสริมความเจริญงอกงามตามความสามารถที่ต่างกันของแต่ละบุคคล ให้เกิดการพัฒนาตามแนวทางของตน

จากรูปแบบการนิเทศดังกล่าว ผู้ศึกษาเลือกใช้รูปแบบการนิเทศที่เหมาะสมตามจุดมุ่งหมาย ตามลักษณะ และตามสถานการณ์ของผู้รับการนิเทศ เพื่อนำความรู้และกระบวนการไปปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอน ให้เกิดประสิทธิภาพเกิดประโยชน์ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังการอบรม
2. เพื่อประเมินความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE



แผนภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1 ของโรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับ(NT) ปีการศึกษา พ.ศ. 2559 ระดับปรับปรุง (คะแนน 0-10.99 ร้อยละ 0-31.41) จำนวน 27 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ กระบวนการนิเทศแบบ APPLE

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของครูผู้สอนก่อนและหลังการอบรม

2.2.2 ความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้

2.2.3 ความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ชุดฝึกอบรมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความสามารถพื้นฐาน ของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.2 คู่มือนิเทศแบบ APPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความสามารถพื้นฐาน ของผู้เรียนระดับชาติ(NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.3 แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจของครูผู้สอนสาระวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมวัดความสามารถพื้นฐาน การประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา ลักษณะข้อสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวต้องได้ 15 คะแนนขึ้นไป จึงจะผ่านเกณฑ์และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการอบรม ต้องมีค่าพัฒนา

3.4 แบบตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน มีทั้งหมด 6 ข้อ สร้างขึ้นลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ ดังนี้ 5 หมายถึง คุณภาพระดับดีเยี่ยม 4 หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก 3 หมายถึง คุณภาพระดับดี 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้ 1 หมายถึง คุณภาพระดับปรับปรุง

3.5 แบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครูในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

ผู้ศึกษาได้ศึกษาความมุ่งหมายของการจัดทำแบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครู ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิด เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักการสร้างแบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครูแล้วกำหนดกรอบและสร้างแบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครูเป็นแบบหาค่าความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ของหัวข้อแบบประเมินพฤติกรรมการสอนของครูและประเมินระดับคุณภาพ 5 ระดับ คือ ดีเยี่ยม ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและภาษาที่ใช้ (Content Validity) พร้อมให้ข้อเสนอแนะโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวิธีของโรวินลลีและแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton, 1978 อ้างถึงใน พงษ์รัตน์ ทวีรัตน์, 2538) โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67-1.00 ซึ่งใช้แบบประเมินมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ โดยหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วย ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92 นำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แล้วนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้

3.6 แบบประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE ผู้ศึกษาได้ศึกษาความมุ่งหมายของการจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจ ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี แนวคิด เอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับหลักการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ แล้วกำหนดกรอบและสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เพื่อให้ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้แสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและภาษาที่ใช้ (Content Validity) พร้อมให้ข้อเสนอแนะโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวิธีของโรวินลลีและแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton, 1978 อ้างถึงใน พงษ์รัตน์ ทวีรัตน์, 2538) โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67-1.00 ซึ่งใช้แบบประเมินมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ โดยหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

4. วิธีการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล นำแบบสอบถามและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 27 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

กระบวนการนิเทศแบบAPPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ(NT) ความสามารถ ด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต1 ผลการศึกษาพบว่า 1) หลังการฝึกอบรมครูกลุ่มเป้าหมายมีความรู้ความเข้าใจสูงกว่าก่อนการฝึกอบรม 2) ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ค่าเฉลี่ยแผนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนของครูกลุ่มเป้าหมายอยู่ระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.31$)และค่าเฉลี่ยการสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูในการจัดการเรียนรู้ของครูกลุ่มเป้าหมาย อยู่ในระดับปานกลาง

($\bar{X} = 3.24$) 3) ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจของครูกลุ่มเป้าหมาย ที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.17$) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจของครูผู้สอนก่อนและหลังการอบรม

Testing	n	μ	σ
Pre-training	27	17.37	2.98
Post training	27	22.07	2.71

* $p < .05$

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความสามารถการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนระดับคุณภาพก่อนและหลังอบรม

ข้อที่	รายการประเมิน	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
1.	มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551 สอดคล้องกับตัวชี้วัด NT	3.96	1.72	มาก
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด	3.96	1.72	มาก
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	3.07	1.33	ปานกลาง
4.	สื่อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	2.96	1.37	ปานกลาง
5.	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้	2.93	1.33	ปานกลาง
6.	เครื่องมือวัดผลและประเมินผลมีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้	2.96	1.34	ปานกลาง
	รวม	3.31	0.19	ปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลการสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน

ข้อที่	รายการพฤติกรรมจัดการเรียนรู้	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
ด้านการเตรียมการสอน				
1.	มีแผนการจัดการเรียนรู้ในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ(NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่3 ไปใช้ให้สอดคล้องสู่การจัดการเรียนรู้	4.19	1.59	มาก
2.	จัดเตรียมสื่ออุปกรณ์ตามแผนการจัดการเรียนรู้	3.63	1.36	มาก
3.	จัดเตรียมเครื่องมือวัดและประเมินผลตามแผนการจัดการเรียนรู้	3.63	1.36	มาก
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้				
4.	แจ้งชื่อกิจกรรมการเรียนรู้	3.19	1.18	ปานกลาง
5.	แจ้งวัตถุประสงค์ของกิจกรรม	3.30	1.20	ปานกลาง
6.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นตามตัวชี้วัด NT ความสามารถด้านภาษา	3.63	1.69	มาก
7.	กระบวนการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามลำดับขั้นตอน	3.11	1.28	ปานกลาง
ด้านสื่อการเรียนรู้				
8.	สื่อที่ใช้มีความสอดคล้องตามตัวชี้วัดและจุดประสงค์	2.96	1.34	ปานกลาง
9.	สื่อที่ใช้สร้างความสนใจของผู้เรียน	2.70	1.10	ปานกลาง
ด้านการวัดและประเมินผล				
10.	วัดและประเมินผลสอดคล้องตามตัวชี้วัดและจุดประสงค์	2.89	1.28	ปานกลาง
11.	วัดและประเมินผลโดยใช้ข้อสอบ NT ความสามารถด้านภาษา ตรงตามตัวชี้วัดและจุดประสงค์	2.89	1.31	ปานกลาง
12.	สรุปเนื้อหาได้ตรงตามจุดประสงค์	2.78	1.15	ปานกลาง
รวม		3.24	0.17	ปานกลาง

ตารางที่ 4 ระดับความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE

ที่	รายการประเมิน	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
ขั้นที่ 1 Analyze วิเคราะห์ผลนำพัฒนา				
1.	การประเมินเพื่อเตรียมความพร้อมวัดความสามารถพื้นฐาน การประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ(Pre NT)	4.00	0.55	มาก
2.	ผลการประเมิน Pre NT ของโรงเรียน	3.26	1.26	ปานกลาง
ขั้นที่ 2 Plan ศึกษาสร้างความรู้ความเข้าใจ				
3.	ความรู้ที่ได้จากการประชุมครูชั้นประถมศึกษาปีที่3 เพื่อเป็นแนวทางในการ จัดกิจกรรมพัฒนาการเรียนการสอนภาษาไทย	4.19	0.48	มาก
ขั้นที่ 3 Practice ลงมือทำให้สำเร็จ				
4.	ครูจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้	4.15	0.66	มาก
5.	ครูลงมือจัดการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้	4.04	0.65	มาก
6.	ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	4.04	0.59	มาก
ขั้นที่ 4 Look over นิเทศ ติดตามกระตุ้นครู				
7.	ผู้นิเทศมีเทคนิคและวิธีการนิเทศที่เหมาะสม	4.44	0.51	มาก
8.	ผู้นิเทศชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้	4.44	0.51	มาก
9.	ผู้นิเทศให้ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขข้อบกพร่อง	4.56	0.51	มากที่สุด
10.	ประโยชน์ที่ได้รับจากการนิเทศ	4.33	0.55	มาก
11.	ผลการนิเทศสามารถนำไปใช้พัฒนาผู้เรียน	4.41	0.50	มาก
12.	ผู้นิเทศมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี	4.59	0.50	มากที่สุด
13.	สร้างขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงาน	4.56	0.58	มากที่สุด
ขั้นที่ 5 Evaluation สรุปผลดูความสำเร็จ				
14.	ผลการทดสอบ NT ปีการศึกษา 2560	3.19	0.88	ปานกลาง
15.	ศึกษานิเทศก์มีการพัฒนาครูอย่างต่อเนื่อง	4.11	0.51	มาก
16.	ศึกษานิเทศก์มีการนิเทศอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ	4.19	0.56	มาก
17.	ภาพรวมของการนิเทศรูปแบบ APPLE	4.15	0.60	มาก
รวม		4.17	0.19	มาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาระบบการนิเทศแบบAPPLE เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัด การทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ(NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในขั้นที่ 1 Analyze วิเคราะห์ผลนำ

พัฒนา เป็นขั้นตอนการนิเทศเพื่อสร้างความตระหนักในการจัดการเรียนการสอนของครู โดยยึดผลการวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคลจากการประเมินก่อนเรียน (Pre NT) มาวิเคราะห์ผลตามตัวชี้วัดแล้วนำไปวางแผนพัฒนา นักเรียนให้เกิดความสามารถด้านภาษา โดยกำหนดให้ผู้เรียนสอบ Pre NT โดยนำข้อสอบ NT ความสามารถด้านภาษาของปีที่ผ่านมาทดสอบนักเรียนในปีการศึกษาปัจจุบัน วิเคราะห์ผู้เรียนจากผลการทดสอบตามรายตัวชี้วัดและภาพรวม พบว่าผู้เรียนมีความสามารถด้านภาษาระดับพอใช้ ขั้นที่ 2 Plan ศึกษาสร้างความรู้ความเข้าใจ เป็นขั้นตอนการนิเทศเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของครู โดยใช้การอบรมเชิงปฏิบัติการสำหรับครูผู้สอนสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายและใช้คู่มือการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมวัดความสามารถพื้นฐาน การประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาเป็นสื่อการนิเทศ พบว่าครูมีความเข้าใจและมีทักษะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม ขั้นที่ 3 Practice ลงมือทำให้สำเร็จ เป็นขั้นตอนการนิเทศที่ครูผู้สอนนำความรู้ไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และจัดกิจกรรมตามที่วางแผนไว้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านภาษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และกำหนดให้ครูผู้สอนส่งแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและประเมินระดับคุณภาพ พบว่า คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ขั้นที่ 4 Look over นิเทศ ติดตาม กระตุ้นครู เป็นขั้นตอนการนิเทศที่ศึกษานิเทศก์ใช้เทคนิควิธีที่หลากหลายเพื่อให้คำแนะนำ ปรีกษาหารือ ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจในการปฏิบัติงานของครู เช่น การใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Online) การสอนแนะ (Coaching) เป็นพี่เลี้ยง (Mentoring) สำหรับโรงเรียนที่มีค่าความสอดคล้องและระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ระดับปรับปรุงก็จะให้ครูผู้สอนกลับไปปรับปรุงแก้ไขและนำมาตรวจสอบใหม่ จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนในภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับปานกลาง ขั้นที่ 5 Evaluation สรุปผลดูความสำเร็จ ขั้นตอนการนิเทศเพื่อสรุปผลการดำเนินงาน โดยการนำผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (NT) ที่เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ นำมาเปรียบเทียบกับระหว่างปีการศึกษา พ.ศ. 2559-2560 ดูค่าพัฒนา พบว่า ครูผู้สอนที่สามารถจัดการเรียนรู้จนสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ความสามารถด้านภาษา จำนวน 15 คน จาก 27 คน คิดเป็นร้อยละ 55.5 และสร้างขวัญกำลังใจด้วยการมอบเกียรติบัตรเชิดชูเกียรติ เมื่อดำเนินการนิเทศโดยใช้กระบวนการนิเทศแบบ APPLE พบว่า 1) ครูมีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการจัดการเรียนรู้หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม เพราะว่าคุณครูได้วิเคราะห์ผลการทดสอบก่อนการพัฒนาผู้เรียน ในขั้นตอนที่ 1 Analyze วิเคราะห์ผลนำไปพัฒนา มาเป็นฐานก่อนนำสู่ ขั้นตอนที่ 2 Plan ศึกษาสร้างความรู้ความเข้าใจ โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการ มีขั้นตอน กระบวนการ วิธีการอบรมที่มีประสิทธิภาพ มีเนื้อหาที่ชัดเจน สื่อที่ใช้ คือ ชุดฝึกอบรม มีความเหมาะสม ทำให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างชัดเจน ด้วยหลักการที่ว่า การนำสื่อที่ดีและเหมาะสมย่อมส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น 2) ครูผู้สอนสามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ระดับปานกลาง และมีความสามารถจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลางเพราะว่าในการอบรมนั้นคุณครูได้ฝึกให้วิเคราะห์ความสอดคล้องของการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จริงทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนและสามารถนำไปใช้ได้จริง 3. ความพึงพอใจของครูที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE อยู่ในระดับมาก เพราะว่ามีนิเทศและผู้รับการนิเทศได้พบปะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผู้รับการนิเทศได้รับการชี้แนะจากผู้นิเทศเป็นรายบุคคลอย่างใกล้ชิด กระบวนการนิเทศแบบAPPLE สอดคล้องกับความหมายการนิเทศของ ชาญชัย (2547); สันต์ (2526); วัชร (2550) สรุปได้ว่า การนิเทศ คือ การช่วยเหลือ สนับสนุน ชี้แนะ แนะนำ ให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการศึกษา กระบวนการพัฒนาครู เพื่อให้ครูปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้อยู่ เพื่อให้การจัดการศึกษาบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้สรุปผลดูความสำเร็จ เช่นเดียวกับกระบวนการนิเทศของแอลแลน(Allan, 1969

อ้างถึงใน ขารี, 2538) และของสงัด (2532) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ คือ 1) วางแผนการนิเทศ 2) ให้ความรู้ความเข้าใจในการทำงาน 3) ลงมือปฏิบัติ 4) สร้างขวัญและกำลังใจ 5) ประเมินผลการนิเทศ ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2541) ที่ได้มีการกล่าวถึงกระบวนการนิเทศ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการศึกษาสภาพปัจจุบันปัญหาและความต้องการ 2) ขั้นตอนการวางแผนและกำหนดทางเลือก 3) ขั้นตอนการสร้างสื่อเครื่องมือและพัฒนาวิธีการ 4) ขั้นตอนการปฏิบัติการนิเทศการศึกษาและ 5) ขั้นตอนการประเมินผลและรายงานผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจมาศ (2556) ที่ได้ศึกษาเรื่องการนิเทศการศึกษาด้วยกระบวนการสอนแนะและที่เลี้ยง (Coaching and Mentoring) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโครงการยกระดับคุณภาพครูทั้งระบบ ผลการวิจัยพบว่า ครูมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ มีการปรับกระบวนการเรียนการสอนและสามารถวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อย กำหนดวิธีการปรับปรุงพัฒนางานได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เช่นเดียวกับการวิจัยของ สิริมา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการสอนของครูภาษาไทยโดยใช้กระบวนการนิเทศการสอน แบบเพื่อนร่วมพัฒนาวิชาชีพของโรงเรียนในศูนย์เครือข่ายร่อนทองมงคล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์ ผลการวิจัยพบว่า หลังจากได้รับการนิเทศครูผู้สอนภาษาไทยมีสมรรถนะในการสอนอยู่ในระดับมาก นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยสูงกว่าก่อนพัฒนา ดังนั้น การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนและที่สำคัญต้องเกิดจากความพึงพอใจในการปฏิบัติงานร่วมกัน จึงจะทำให้งานประสบผลสำเร็จได้ในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการนิเทศแบบ APPLE สามารถพัฒนาครูให้มีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ(NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการพัฒนา ซึ่งการดำเนินการในครั้งนี้ครูผู้สอนสามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ในการนำตัวชี้วัดการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ (NT) ความสามารถด้านภาษา และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ให้สอดคล้องในการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลางและสามารถจัดการเรียนรู้ได้ในระดับปานกลาง ความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศแบบ APPLE อยู่ในระดับมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายวิสุทธิ ชูมั่ง ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1 ที่กรุณาที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการวิจัยและนางพรณี ปานทอง ผู้อำนวยการกลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผล

การจัดการศึกษา นางปราณี อ่องหลี่ ศึกษาพิเศษ และนางสาววรรณุช ศรีวิไล ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านป่าโจ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- ชาญชัย อาจินสมาจาร. 2547. การนิเทศการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เคแอนด์พีบุ๊คส์. 215 น.
- ซารี มณีศรี. 2538. การนิเทศการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศิลปาบรรณาการ. 310 น.
- เบ็ญจมาศ อินทร์ฤทธิ์. 2556. การนิเทศการศึกษาด้วยระบบการสอนแนะและพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ครูผู้สอนในโครงการยกระดับคุณภาพครูทั้งระบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 450 น.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548. การนิเทศการสอน. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. 428 น.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: เจริญผล. 251 น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น. 171 น.
- วิชรา เล่าเรียนดี. 2550. การนิเทศการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 331 น.
- สังัด อุทรานันท์. 2532. การนิเทศ: หลักการทฤษฎีและปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: มิตรสยาม. 462 น.
- สิริมา ทองใบ. 2558. การพัฒนาสมรรถนะการสอนครูภาษาไทยโดยใช้กระบวนการนิเทศการสอนแบบเพื่อนร่วมพัฒนาวิชาชีพของโรงเรียนในศูนย์เครือข่ายร้อนทองมงคล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 510 น.
- สันต์ ธรรมบำรุง. 2526. หลักการนิเทศการสอน. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต. 365 น.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1. 2559. รายงานผล NT ปีการศึกษา 2559. ยะลา: สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายะลา เขต 1. 39 น.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

- สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. 2542. การนิเทศการศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. 256น.

ความพึงพอใจของประชาชนในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้

The Satisfaction of People in Mae Chaem District, Chiang Mai towards the Income-generating Reforestation Project

พิษณุ เจียวคุณ* ปรีชา ล่ามช้าง และเอกสิทธิ์ กระจ่างกิจใจชุ่ม

Phisanu Chiawkhun*, Preecha Lamchang and Ekasit Kachangkitchaichum

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Statistics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author: phisanu.c@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของประชาชนในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ และเหตุผลของประชาชนต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ครัวเรือนทุกครัวเรือน ที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลช่างเคิ่ง ตำบลท่าผา และตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 7,973 ครัวเรือน สุ่มครัวเรือนโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่มสองขั้น จำนวน 385 ครัวเรือน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 51-60 ปี ประกอบอาชีพหลัก คือ เกษตรกรรม มีพื้นที่ทำการเกษตรกรรมเฉลี่ย 9.06 ไร่ต่อครัวเรือน ผู้เข้าร่วมโครงการมีพื้นที่เข้าร่วมโครงการเฉลี่ย 2.21 ไร่ต่อครัวเรือน และมีความต้องการในการถือครอง/ครอบครองที่ดินในการทำโครงการเฉลี่ย 6.17 ไร่ต่อครัวเรือน ความพึงพอใจที่มีต่อโครงการอยู่ในระดับปานกลาง เหตุผลของการตัดสินใจในการเข้าร่วมโครงการ คือ ต้องการลดรายจ่าย หรือสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัวตนเอง และต้องการเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เป็นแบบใหม่

คำสำคัญ: โครงการสร้างป่า สร้างรายได้ แม่แจ่ม เชียงใหม่

Abstract

The objective of this study was to survey the satisfaction of people in Mae Chaem district, Chiang Mai, Thailand towards the income-generating reforestation project and study the reasons that influenced their decisions to join the project. The target population that we used in this study consisted of 7,973 households in Tambon Chang kerng, Ta Pha, and Ban Tub areas, from which 385 samples were selected by two-stage cluster sampling method. A questionnaire was used as a tool to collect the data. The results were as follows:

The majority of the respondents were male. The age range was 51-60 years. The main occupation was agriculture. The average agriculture area was 9.06 rais per household. Participants in

this project could provide an average of 2.21 rais per household and demanded an average of 6.17 rais per household. The overall satisfaction for this project was moderate and the reasons the participants joined the project were to reduce their living expense or to increase their family income and to get accustomed to the new agricultural methodology.

Keywords: The Income-generating Reforestation Project , Mae Chaem, Chiang Mai

คำนำ

โครงการสร้างป่า สร้างรายได้ เป็นโครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธารและแก้ไขปัญหาความยากจนของประชาชนที่ทำการเกษตร (สำนักงานโครงการส่วนพระองค์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2560) โดยลักษณะของโครงการ เป็นการให้ผู้เข้าร่วมโครงการ ปลูกไม้หลาย ชนิดและหลายระดับตามแนวพื้นที่ให้คล้ายโครงสร้างป่าธรรมชาติ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อความสมดุลของ ระบบนิเวศ การปลูกในลักษณะนี้เป็นการปลูกป่าร่วมกับพืชเศรษฐกิจ ทำให้ประชาชนสามารถมีรายได้ให้ครอบครัว รวมทั้งยังทำให้มีพื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้นไปด้วย

โครงการสร้างป่า สร้างรายได้ฯ มีพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินโครงการหลายจังหวัด อาทิ จังหวัดน่าน เลย ตาก เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น โดยผู้วิจัยสนใจศึกษาผลการดำเนินโครงการในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เพราะเป็นหนึ่งในพื้นที่เป้าหมายที่กำลังดำเนินโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ โดยอำเภอแม่แจ่มตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตัวเมืองเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,696,093.75 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าและภูเขาประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นที่ราบเชิงเขาร้อยละ 20 และเป็นพื้นที่ราบร้อยละ 10 (การเคหะแห่งชาติและมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2560) พื้นที่ในอำเภอแม่แจ่มส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแม่แจ่ม จำนวน 1,692,698 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 81 ปัจจุบัน พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรและที่อยู่อาศัยรวมกัน ประมาณ 437,712 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.60 ดังนั้นที่ดินที่ใช้ประโยชน์ส่วนหนึ่งจึงอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแม่แจ่ม ทั้งที่ความเป็นจริงนั้น ประชาชนได้มีการตั้งหมู่บ้านมาก่อนปี พ.ศ. 2504 เมื่อมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติอุทยาน แห่งชาติ พ.ศ. 2504 และพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 จึงทำให้หมู่บ้านที่ตั้งมาก่อนนั้นผิดกฎหมาย ทันที (มูลนิธิสื่อประชาธรรม, 2558) กลายเป็นปัญหา “ป่ารุกคน” และ “คนรุกป่า” จนถึงทุกวันนี้ จากปัญหาดังกล่าว หน่วยงานราชการและองค์กรต่างๆ ได้ร่วมมือเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยใช้โครงการสร้างป่า สร้างรายได้ มาเป็น หนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยแก้ไขปัญหา เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความพึงพอใจและความคิดเห็นของประชาชนในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ และศึกษาเหตุผลของประชาชนต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการสร้างป่า สร้าง รายได้ ในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งผลของการศึกษาจะช่วยให้หน่วยงานที่รับผิดชอบหรือเกี่ยวข้องสามารถ นำไปใช้ในการดำเนินโครงการในปีต่อ ๆ ไปได้ และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาความยากจน ของประชาชนในพื้นที่ ช่วยสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนในพื้นที่เป้าหมาย และยังช่วยให้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ คริวเรือนที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลช่างเคิ่ง ตำบลท่าผา และตำบลบ้านทับ ในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 385 คริวเรือน สุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบบแบ่งกลุ่มสองชั้น โดยใช้หมู่บ้านในตำบลช่างเคิ่ง ตำบลท่าผา และตำบลบ้านทับ จำนวน 42 หมู่บ้าน เป็นกลุ่ม (Cluster) สุ่มหมู่บ้านเป็นหน่วยตัวอย่างชั้นที่หนึ่ง และสุ่มคริวเรือนเป็นหน่วยตัวอย่างชั้นที่สอง โดยผู้ตอบแบบสอบถามเป็นหัวหน้าคริวเรือนหรือผู้แทนคริวเรือนที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป

เครื่องมือในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ คือแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไป 2) การเข้าร่วมโครงการ 3) ความพึงพอใจของประชาชนต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ 4) ความคิดเห็นต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ 5) ความสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการสร้างป่า สร้างรายได้

ผลการวิจัย

จากตัวอย่างประชาชนในอำเภอแม่แจ่มจำนวน 385 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 51-60 ปี และมีระดับการศึกษา คือ ประถมศึกษา อาชีพหลักคือ เกษตรกรรม ถึงร้อยละ 94.29 ซึ่งสรุปผลการสำรวจได้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการเข้าร่วมโครงการ

ตารางที่ 1 จำนวนและค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามข้อมูลการเข้าร่วมโครงการ

ข้อความ	จำนวน	ร้อยละ
การเข้าร่วมโครงการ		
ได้เข้าร่วมโครงการ	173	44.94
ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ	212	55.06
ลักษณะหน่วยงานที่ได้เข้าร่วมโครงการ		
หน่วยงานราชการ (กรมป่าไม้)	107	61.85
หน่วยงานภาคประชาสังคม(มูลนิธิไทยรักษ์ป่า)	66	38.15
ช่องทางการได้รับข่าวสารเกี่ยวกับโครงการนี้		
โทรทัศน์	2	1.08
ผู้ใหญ่บ้าน/เพื่อนบ้าน	162	87.57
สถานที่ราชการต่างๆ	2	1.08
อื่นๆ	19	10.27
โครงการนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านการใช้สอย		
ยังไม่ก่อให้เกิดประโยชน์การใช้สอย	159	91.91
ก่อให้เกิดประโยชน์การใช้สอย	14	8.09

ตารางที่ 1 (Continued)

ข้อความ	จำนวน	ร้อยละ
โครงการนี้ก่อให้เกิดรายได้		
ยังไม่ก่อให้เกิดรายได้	172	99.42
ก่อให้เกิดรายได้	1	0.58
ค่าใช้จ่ายที่มีต่อโครงการ		
มีค่าใช้จ่ายต่อโครงการ	34	19.65
ไม่มีค่าใช้จ่ายต่อโครงการ	139	80.35

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการมีจำนวน 212 คน และเข้าร่วมมีจำนวน 173 คน ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับโครงการนี้จากผู้ใหญ่บ้านหรือเพื่อนบ้าน โครงการนี้ยังไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์การใช้สอยหรือยังไม่ก่อให้เกิดรายได้แก่ผู้ที่ได้เข้าร่วมโครงการฯ แต่คาดว่าจะมีรายได้ในอนาคต

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ได้เข้าร่วมโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ จำแนกเหตุผลของการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ

เหตุผลของการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ	ลำดับที่					ค่าเฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
1. สนใจเงินหรือสิ่งของต่างๆ ที่ได้รับสนับสนุนจากโครงการ	119 (68.8)	31 (17.9)	8 (4.6)	9 (5.2)	6 (3.5)	4.43
2. ต้องการลดรายจ่าย หรือสร้างรายได้ให้กับครอบครัวตนเอง	0 (0.0)	2 (1.2)	34 (19.7)	54 (31.2)	83 (48.0)	1.74
3. ต้องการเพิ่มจำนวนพื้นที่ป่าไม่ให้มากขึ้น และรักษาสิ่งแวดล้อม	1 (0.6)	7 (4.0)	98 (56.6)	46 (26.6)	21 (12.1)	2.54
4. ต้องการเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เป็นแบบใหม่	1 (0.6)	20 (11.6)	27 (15.6)	62 (35.8)	63 (36.4)	2.04
5. เข้าร่วมตามคำแนะนำของผู้นำชุมชนหรือบุคคลอื่นๆ	52 (30.1)	114 (65.9)	5 (2.9)	2 (1.2)	0 (0.0)	4.25

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ที่ได้เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่ให้เหตุผลของการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการในลำดับที่ 1 คือ ต้องการลดรายจ่าย หรือสร้างรายได้ให้กับครอบครัวตนเอง ลำดับที่ 2 คือ ต้องการเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เป็นแบบใหม่ จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าประชาชนส่วนใหญ่ต้องการที่จะเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรแบบใหม่ แทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยว

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจของประชาชนต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้

ข้อความคำถาม	ระดับความพึงพอใจของประชาชน		
	มาก-มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย-น้อยที่สุด
ด้านการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ			
1. โครงการนี้สามารถลดปัญหาการบุกรุกป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นได้	125 (72.3)	47 (27.2)	1 (0.5)
2. โครงการนี้สามารถช่วยฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธาร	117 (67.6)	53 (30.6)	3 (1.8)
3. ท่านหรือชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลรักษาป่า	107 (56.0)	58 (33.6)	8 (4.6)
4. ชุมชนมีการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำ เช่น การปลูกป่า ทำฝาย	101 (58.4)	65 (37.6)	7 (4.0)
ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต			
5. โครงการนี้สามารถสร้างรายได้ให้กับครอบครัวของท่าน	27 (15.6)	69 (39.9)	77 (44.5)
6. โครงการนี้สามารถลดรายจ่ายให้ครอบครัวของท่านได้ เช่น ด้านการอุปโภคบริโภค เป็นต้น	25 (14.5)	72 (41.6)	76 (43.9)
7. เมื่อเข้าร่วมโครงการแล้ว ท่านมีความสุขทั้งทางด้าน ร่างกาย และจิตใจ	62 (35.8)	104 (60.1)	7 (4.1)
ด้านการสร้างจิตสำนึกในการดูแลรักษาป่า			
8. ท่านหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช หรือใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำหมักธรรมชาติ สมุนไพรไล่แมลง ในการทำ การเกษตร	100 (67.8)	70 (40.5)	3 (1.8)
9. ท่านเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรแบบใหม่ เช่น ลดการเผา หน้าดิน ปลูกผักปลอดสารพิษ	99 (57.2)	69 (39.9)	5 (2.9)
10. ท่านสามารถอยู่กลมกลืนกับป่า และคิดว่าป่าเป็นส่วน หนึ่งของวิถีชีวิต	103 (59.5)	69 (39.9)	1 (0.6)
11. เมื่อเข้าร่วมโครงการแล้ว ท่านมีจิตสำนึกที่ดีต่อการดูแล รักษาป่าไม้	104 (60.1)	65 (37.6)	4 (2.3)
12. ท่านเห็นถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม และพร้อมที่จะเป็นแนวร่วมในการอนุรักษ์ อย่างยั่งยืน	109 (63.0)	62 (35.8)	2 (1.2)
ด้านการสร้างชุมชนให้เข้มแข็ง			
13. คนในชุมชนมีความเชื่อมั่นในศักยภาพของตนและชุมชน ที่จะแก้ไขปัญหาและพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของตนเอง	49 (28.4)	107 (61.8)	17 (9.8)
14. คนในชุมชนมีความตระหนัก และห่วงใยต่อความเป็นไป ของชุมชน	47 (27.1)	108 (62.4)	18 (10.4)
15. คนในชุมชนมีการจัดการแก้ไขปัญหาาร่วมกัน	51 (29.5)	107 (61.8)	15 (8.7)

ตารางที่ 3 (Continued)

ข้อความคำถาม	ระดับความพึงพอใจของประชาชน		
	มาก-มากที่สุด	ปานกลาง	น้อย-น้อยที่สุด
16. เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือการพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจสังคมวัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน	23 (13.3)	80 (46.2)	70 (40.5)
17. มีการรวมกลุ่ม หรือชุมชนรวมตัวกันเป็นองค์กรชุมชน เช่น กลุ่ม ชมรม สหกรณ์ ฯลฯ	21 (12.2)	88 (50.9)	64 (37.0)
ด้านอื่น ๆ			
18. เงินหรือสิ่งของที่ท่านได้รับสนับสนุนจากโครงการมีความเพียงพอ	19 (11.0)	100 (57.8)	54 (31.2)
19. ท่านมีความรู้ด้านป่าไม้เพิ่มมากขึ้นจากเจ้าหน้าที่ป่าไม้	27 (15.6)	119 (68.8)	27 (15.6)
20. ความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	29 (16.8)	108 (62.4)	36 (20.8)

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาความพึงพอใจของแต่ละด้าน พบว่า ด้านการฟื้นฟูป่าต้นน้ำ ผู้เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ผู้เข้าร่วมโครงการมีความเห็นว่าโครงการนี้ สามารถลดปัญหาการบุกรุกป่าไม้หรือช่วยฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธาร รวมทั้งยังสามารถช่วยให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลรักษาป่าอีกด้วย ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต ผู้เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับปานกลางและเห็นว่าโครงการนี้มีส่วนช่วยลดรายจ่ายให้แก่ครอบครัวในด้านการลงทุนซื้อกล้าไม้หรือการใช้จ่ายในการอุปโภคบริโภคที่น้อยลง รวมทั้งยังช่วยให้ผู้เข้าร่วมโครงการมีความสุขทั้งด้านร่างกายและจิตใจในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย-น้อยที่สุด เกี่ยวกับการสร้างรายได้ของโครงการนี้ เนื่องจากโครงการนี้ยังไม่ก่อให้เกิดรายได้แก่ผู้เข้าร่วมโครงการด้านการสร้างจิตสำนึกในการดูแลรักษาป่า ผู้เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ด้านการสร้างชุมชนให้เข้มแข็ง ผู้ที่เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับปานกลางต่อความเชื่อมั่นว่าคนในชุมชนมีศักยภาพที่จะแก้ไขปัญหาและพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของตนเอง และคนในชุมชนมีความตระหนักและห่วงใยต่อความเป็นไปของชุมชน แต่ความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงหรือการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจภายในชุมชนและการรวมกลุ่มภายในชุมชน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย-ปานกลาง เนื่องจากโครงการนี้ยังไม่สิ้นสุดโครงการ ทำให้ยังไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนของสังคมวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมภายในชุมชนที่ชัดเจน รวมทั้งยังไม่ก่อให้เกิดการรวมกลุ่มของชุมชนที่ชัดเจน และด้านอื่น ๆ ผู้ที่เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ในประเด็นของการได้รับการสนับสนุนจากโครงการ เช่น กล้าไม้ และคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ป่าไม้ รวมถึงการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการให้มากขึ้น

2. การประมาณค่าลักษณะประชากร

ตารางที่ 4 การประมาณค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของจำนวนพื้นที่ทำการเกษตรกรรมและความต้องการในการถือครองที่ดินในการทำการเกษตรของประชาชนใน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

การประมาณค่า	ค่าเฉลี่ย	ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. จำนวนพื้นที่ทำการเกษตรกรรม(ไร่ต่อครัวเรือน)	9.06	0.10
2. ความต้องการในการถือครอง/ครอบครองที่ดินในการทำโครงการนี้(ไร่ต่อครัวเรือน)	6.17	0.08
3. ความต้องการในการถือครอง/ครอบครองที่ดินในการทำการเกษตร(ไร่ต่อครัวเรือน)	8.71	0.09

จากตารางที่ 4 พบว่า ประชาชนมีพื้นที่ทำการเกษตรกรรม เฉลี่ย 9.06 ไร่ต่อครัวเรือน ซึ่งประชาชนที่ได้เข้าร่วมโครงการฯ ต้องการถือครองที่ดินในการทำโครงการฯ เฉลี่ย 6.17 ไร่ต่อครัวเรือน และประชาชนที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการฯ ต้องการถือครองที่ดินในการทำการเกษตร เฉลี่ย 8.71 ไร่ต่อครัวเรือน

นอกจากนี้ผู้ที่เข้าร่วมโครงการฯ มีข้อเสนอแนะ ว่ามีความต้องการให้เจ้าหน้าที่สนับสนุนกล้าไม้ให้มากขึ้น เพราะต้องการกล้าไม้มาปลูกเสริมกล้าไม้ที่ตายไป รวมทั้งต้องการคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการปลูกกล้าไม้ และเนื่องด้วยอำเภอแม่แจ่ม ประชาชนส่วนใหญ่ต้องอาศัยน้ำฝนในการทำการเกษตร ดังนั้นจึงมีความต้องการให้เจ้าหน้าที่สนับสนุนเรื่องกล้าไม้ให้เร็วขึ้น ซึ่งที่ผ่านมาประชาชนได้รับกล้าไม้ช่วงปลายฤดูฝน เมื่อปลูกกล้าไม้แล้วทำให้กล้าไม้ตายเป็นจำนวนมาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าประชาชนส่วนใหญ่ทำอาชีพเกษตรกรรม มีรายได้เฉลี่ยต่อปีไม่เกิน 30,000 บาทต่อปี พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่ปลูกพืชได้เฉพาะฤดูฝน ต้องอาศัยน้ำฝนในการทำการเกษตร และประชาชนส่วนใหญ่จะปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวในระยะสั้น ดังนั้นควรมีการส่งเสริมประชาชนให้ปลูกพืชอื่นๆ ที่หลากหลาย และตรงตามความต้องการของตลาดผู้บริโภค นอกจากนี้ประชาชนที่เข้าร่วมโครงการมีทัศนคติที่ดีต่อการเข้าร่วมโครงการในด้านจิตสำนึกและการดูแลรักษาป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีและการเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรแบบใหม่ ตลอดจนจิตสำนึกที่มีต่อการดูแลรักษาป่าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการและเหตุผลของคู่มือโครงการสร้างป่าสร้างรายได้ ของสำนักโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

สรุปผลการวิจัย

ประชาชนในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เข้าร่วมโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ มีพื้นที่ทำการเกษตรกรรมเฉลี่ย 9.06 ไร่ต่อครัวเรือน ประชาชนที่เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อโครงการในระดับปานกลาง ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจและความเห็นด้วยในระดับมาก-มากที่สุดว่า โครงการนี้จะช่วยสร้างจิตสำนึกในการดูแลและรักษาป่า และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช ประชาชนที่เข้าร่วมโครงการมีความต้องการในการถือครอง/ครอบครองที่ดินในการทำโครงการนี้เฉลี่ย 6.17 ไร่ต่อครัวเรือน ประชาชนส่วนใหญ่ตัดสินใจเข้าร่วมโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ เพราะต้องการลดรายจ่ายหรือสร้างรายได้ให้กับครอบครัวตนเอง และต้องการเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เป็นแบบใหม่

เมื่อพิจารณาถึงด้านรายได้ของประชาชนที่เข้าร่วมโครงการ พบว่าโครงการนี้ยังไม่ก่อให้เกิดรายได้อย่างชัดเจน เนื่องจากโครงการนี้อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการ (ระยะเวลาดำเนินโครงการ 5 ปี) ทำให้ยังไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้แก่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ประชาชนที่เข้าร่วมโครงการมีความเชื่อมั่นว่าโครงการนี้จะสามารถสร้างรายได้เพิ่มมากขึ้นให้แก่ครอบครัวในอนาคต ดังนั้น เจ้าหน้าที่ของรัฐที่ดำเนินโครงการควรส่งเสริมให้ประชาชนปลูกพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวในระยะสั้น เช่น ชะอม ถั่วฝักยาว ผักสวนครัว และสมุนไพรต่างๆ เป็นต้น เพื่อเพิ่มรายได้ระหว่างที่เข้าร่วมโครงการ นอกจากนี้ เจ้าหน้าที่ของรัฐควรมีการส่งเสริมให้ความรู้ด้านการดูแลรักษาป่าไม้ การลดการใช้สารเคมี และสนับสนุนกล้าไม้ให้แก่ประชาชนที่เข้าร่วมโครงการอย่างเพียงพอ

นอกจากนี้ยังประชาชนที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ มีความต้องการเข้าร่วมโครงการถึงร้อยละ 60 ส่วนใหญ่ให้เหตุผลของการไม่ได้เข้าร่วมโครงการว่ายังไม่พร้อมเข้าร่วมโครงการ และพื้นที่ทำการเกษตรไม่เอื้ออำนวย ซึ่งหน่วยงานของรัฐควรให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการอย่างต่อเนื่อง และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ของรัฐในการทำการเกษตรแนวใหม่ เพื่อให้ประชาชนเข้าร่วมโครงการเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 1 (เชียงใหม่) และเจ้าหน้าที่มูลนิธิไทยรักษ์ป่าทุกท่าน ซึ่งให้การอนุเคราะห์ในการแนะนำการทำวิจัย และให้การอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการสร้างป่า สร้างรายได้ ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- การเคหะแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2560. **ข้อมูลทั่วไปของอำเภอแม่แจ่ม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://arch.rmutl.ac.th/maejam/info.html> (20 สิงหาคม 2560).
- มูลนิธิสื่อประชาธรรม. 2558. **ป่าไม้ที่ดินแม่แจ่ม: ปัญหา สาเหตุ ผลกระทบ และทางออก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://prachatham.com/article_detail.php?id=281 (27 ธันวาคม 2560).
- สำนักงานโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สวนจิตรลดา กรุงเทพมหานคร. 2560. **คู่มือโครงการสร้างป่าสร้างรายได้**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.psproject.org/manual.html> (17 สิงหาคม 2560).

การละเล่นพื้นบ้านเพื่อส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในสังคมพหุวัฒนธรรม:
กรณีศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ

Folk Plays for Comprehensive Humanization Promotion
in the Multi-culture Society: A Case Study of Sisaket Province

เดชภณ ทองเดิม^{1*} จีรนันท์ แก้วมา² และกัญจน์ จันทร์ศรีสุคต³

Tachapon Tongterm^{1*}, Jeeranan Kaewma² and Gunn Chansrisukot³

¹สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ศรีสะเกษ 33000

²วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

³คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Department of Sports Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket, Thailand 33000

²College of Innovation and Management, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

Faculty of Liberal Arts, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jojoe_spsc_chula@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการศึกษาวิจัยแบบผสม (mixed method) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประเภทของการละเล่นพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ และ 2) เพื่อวิเคราะห์คุณค่าการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้าน เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถาม และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม และการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม ศึกษาคุณค่าด้านความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ โดยการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม การวิเคราะห์จากวิดีโอ และการสังเกตพฤติกรรมการเล่นจากการทดลองเล่นการละเล่นพื้นบ้านในสภาพการณ์จริง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์พร้อมภาพประกอบ ผลการวิจัยพบว่า

การละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ และการละเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ โดยการละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อส่วนใหญ่เป็นการละเล่นพื้นบ้านที่นิยมเล่นในกลุ่มเด็ก การละเล่นพื้นบ้านกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีคุณค่าในการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญาของเด็ก ส่วนการละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อพบว่า นิยมเล่นในกลุ่มประชาชนในชุมชนทั่วไปจนถึงกลุ่มผู้สูงอายุ มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และประเพณีของท้องถิ่น โดยมีคุณค่าในการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทางด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคม เป็นหลัก

คำสำคัญ: การละเล่นพื้นบ้าน ความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ จังหวัดศรีสะเกษ

Abstract

This study was the mixed method research. The objectives of this research were 1) to study type of the folk plays in Sisaket province and 2) to analyze the comprehensive humanization promotion value of the folk plays in Sisaket province. The type and procedure of the folk plays data were collected by using interview, indepth interview, participant observation and non-participant observation. For the comprehensive humanization promotion value study, data was collected by participant observation, video study and observation in the real playing. The content analysis was use for data analysis and the results were presented in term of description and illustration. The followings were the research results:

The folk plays in Sisaket province were divided into 2 groups; 1) the non-related local belief folk plays which were the games of children and 2) the related local belief folk plays. The comprehensive humanization promotion value of the non-related local belief folk plays can improve the physical, psychological, mental, social and intellectual health of children. While the comprehensive humanization promotion value of the related local belief folk plays can improve psychological, mental and social health of community.

Keywords: folk plays, comprehensive humanization, Sisaket province

คำนำ

การละเล่นพื้นบ้าน (Folk plays) หมายถึง การละเล่นของเด็ก หรือผู้ใหญ่ที่กระทำเพื่อความสนุกสนาน ผ่อนคลายอารมณ์ให้เพลิดเพลิน ประเพณี หรือพิธีกรรมต่างๆ ซึ่งบางชนิดยังคงสืบทอดมาถึงปัจจุบัน บางชนิดสูญหายไปแล้ว และบางชนิดอาจจะแพร่กระจายมาจากพื้นที่อื่น การละเล่นพื้นบ้านมักเล่นกันในโอกาสที่ว่างจากงานประจำ เล่นกันในงานเทศกาลรื่นเริงของแต่ละท้องถิ่น และเล่นกันตามฤดูกาล โดยช่วงเวลาที่ยิยมเล่น คือ ช่วงบ่าย เย็น หรือกลางคืน การละเล่นพื้นบ้านส่วนใหญ่จะเล่นรวมกันเป็นหมู่คณะทั้งผู้ชายและผู้หญิง ทั้งเด็ก และผู้ใหญ่ และเล่นรวมกันเป็นทีมหรือเป็นชุดมากกว่าการเล่นเดี่ยว ผู้หญิงนิยมเล่นการละเล่นพื้นบ้านที่ไม่ใช้ความรุนแรง ส่วนผู้ชายนิยมเล่นการละเล่นพื้นบ้านทุกลักษณะ โดยการละเล่นพื้นบ้านส่วนมากไม่ใช้อุปกรณ์ประกอบการเล่น ถ้าใช้มักเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรืออุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันของแต่ละท้องถิ่น สถานที่เล่นมักเป็นไปตามธรรมชาติ เช่น ลานวัด ลานบ้าน หรือทุ่งนา สนามเล่นมักไม่มีการกำหนดขอบเขตตายตัว แต่จะกำหนดขอบเขตสนามเล่นในลักษณะที่ยืดหยุ่นได้ตามขนาดและจำนวนของผู้เล่น สำหรับวิธีการทำสนามเล่นมักใช้วิธีง่ายๆ โดยการขีดเส้นลงบนพื้นดิน การละเล่นพื้นบ้านส่วนมากมีวิธีการเล่นแบบง่ายๆ ใช้ทักษะการเคลื่อนไหวร่างกายขั้นพื้นฐานที่ไม่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน วิธีการเล่นมักเป็นแบบไล่แตะ หรือไล่จับ แบบฉุดกระชาก ลากดึง แบบช้อนและหา แบบเคลื่อนที่ซึ่งจุดหมาย แบบทอยหรือดีดให้ถูกที่หมาย และแบบทายมีการกำหนดกติกา กฎเกณฑ์และข้อตกลงต่างๆ ไว้พอเข้าใจ ส่วนมากจะเล่นและตัดสินใจกันเอง เป็นต้น (ซัชชัย, 2549ก-ง)

ความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ (Comprehensive humanization) หมายถึง การที่บุคคลที่มีความพร้อมทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ที่จะดำเนินชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างรู้เท่าทันและมีความสุข กล่าวคือ เป็นบุคคลที่รู้จักการงดเว้นจากการทำความชั่ว ทำความดี เป็นบุคคลที่รู้จักทำสิ่งที่มีประโยชน์ให้แก่ตนและสังคม มีความเห็นที่ถูกต้องตามทำนองคลองธรรม สามารถปฏิบัติตนให้เป็นอยู่อย่างมีความสุขทั้งทางกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา และสามารถแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนแก้ปัญหาของสังคมให้มีความสงบสุขได้ ซึ่งการเล่นพื้นบ้านของเด็กแต่ละชนิดจะมีผลต่อการพัฒนาการทางด้านต่างๆ ทั้งที่เป็น การเสริมการออกกำลังกาย อารมณ์ จิตใจ และชุมชนแต่ละท้องถิ่นได้เป็นอย่างดี จากการศึกษารายงานการวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปคุณค่าการเล่นพื้นบ้านในเด็กได้ว่า ช่วยเสริมสร้างพัฒนาการในด้านต่างๆ ได้แก่ 1) พัฒนาการทางด้านร่างกาย 2) พัฒนาการทางอารมณ์ 3) พัฒนาการทางสังคม และ 4) พัฒนาการทางสติปัญญา ส่วนการเล่นพื้นบ้านของผู้ใหญ่ มีขั้นตอนรูปแบบการเล่น มีกติกามากกว่าการเล่นของเด็ก การเล่นแต่ละประเภทจะต้องอาศัยผู้เล่นที่มีประสบการณ์ ความสามารถเฉพาะตัว มีการฝึกฝน มีการศึกษาค้นคว้าให้รู้แจ้ง และมีทักษะ เป็นที่ยอมรับและเป็นที่ยอมรับได้รับการยกย่องให้เป็นยอดศิลปินพื้นบ้านของท้องถิ่น และเป็นศิลปินแห่งชาติ (ศรีวิชัย, 2548; ชัชชัย, 2549ก-ง; ศุภวรรณ, 2551; วารุณีย์, 2551)

จังหวัดศรีสะเกษมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศลาว และกัมพูชา ทำให้จังหวัดศรีสะเกษ มีประชาชนหลายกลุ่มตั้งถิ่นฐานอาศัยอยู่ร่วมกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการอพยพย้ายถิ่นเข้ามาของคนในกลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ตั้งแต่ในอดีต ปัจจุบันยังคงปรากฏลักษณะเฉพาะทางกายภาพและวัฒนธรรมของกลุ่มคนเหล่านั้นอยู่ กลุ่มคนดังกล่าวได้แก่ ชาวลาว ชาวเขมร ชาวกูย (หรือส่วยหรือกวย) และเยอ ประชาชนอยู่รวมกันเป็นชุมชนแบบสังคมเครือญาติ ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เป็นหลัก (มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 2561) ซึ่งการมีประชาชนหลายชาติพันธุ์อาศัยอยู่ในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ ประกอบกับการอพยพย้ายถิ่นของประชากรในสังคมยุคปัจจุบัน ทำให้เกิดความหลากหลายหรือมีความเป็นพหุวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษเป็นอย่างมาก โดยจากการศึกษาเอกสารวิชาการและรายงานวิจัยเกี่ยวกับการเล่นพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า มีการเล่นพื้นบ้านที่หลากหลายตามกลุ่มอายุ ช่วงเวลา วันสำคัญ ความเชื่อ ฯลฯ ตัวอย่างเช่น เด็กจะรวมกันร่วมกิจกรรมการเล่นตามสถานที่ต่างๆ บางการเล่นมีการใช้อุปกรณ์ บางการเล่นก็ไม่มีอุปกรณ์ ส่วนผู้ใหญ่มีการร่วมกิจกรรมการเล่นตามความเชื่อ เช่น รำแม่มด แหนางแมว รำผีฟ้า การเล่นในงานบุญพิธี เป็นต้น (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดศรีสะเกษ, 2556; มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 2561)

แม้จะมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษอยู่บ้าง แต่พบว่ายังไม่เคยมีการรวบรวมประเภทของการเล่นพื้นบ้าน ทั้ง 22 อำเภอ และยังไม่มีการวิเคราะห์องค์ความรู้ด้านคุณค่าของการเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นคณะผู้วิจัยในฐานะที่เป็นผู้สอนทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและเป็นผู้ประกอบการที่ทำงานในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่อง “การเล่นพื้นบ้านเพื่อส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในสังคมพหุวัฒนธรรม: กรณีศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเภทของการเล่นพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ และวิเคราะห์คุณค่าของการเล่นพื้นบ้านที่มีต่อการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการรณรงค์การส่งเสริมการเล่นพื้นบ้านของจังหวัดศรีสะเกษไม่ให้สูญหายไป ช่วยกระตุ้นให้เยาวชนรุ่นใหม่หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้นำกิจกรรมการเล่นพื้นบ้านของจังหวัดศรีสะเกษมาใช้เป็นกิจกรรมนันทนาการ กิจกรรมการศึกษานอกระบบ กิจกรรมกีฬา ตลอดจนพัฒนาเป็นกิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยออกแบบวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งเป็นการวิจัยแบบผสม (Mixed Method) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาประเภท และแบ่งกลุ่มของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ

1.1) ศึกษาประเภทของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ (เก็บข้อมูลครั้งที่ 1) โดยใช้แบบสอบถาม ปลายเปิด ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่เคยมีประสบการณ์การละเล่นพื้นบ้าน โดยตัวอย่างที่เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏศรีสะเกษ (อายุระหว่าง 19-25 ปี) คัดเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจากทุกอำเภอในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 22 อำเภอ อำเภอละ 15 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น จำนวน 330 ตัวอย่าง

1.2) เมื่อได้ข้อสรุปประเภทของการละเล่นทั้ง 22 อำเภอแล้ว คณะผู้วิจัยนำข้อสรุปมาศึกษาวิธีการเล่นของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ (เก็บข้อมูลครั้งที่ 2) โดยการสนทนากลุ่มแบบเจาะจง (Focus group discussion) ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่เคยมีประสบการณ์การละเล่นพื้นบ้าน โดยตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏศรีสะเกษ (อายุระหว่าง 19-25 ปี) คัดเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ในทุกอำเภอของพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 22 อำเภอ อำเภอละ 15 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้นจำนวน 330 ตัวอย่าง (กลุ่มเดิมกับการศึกษาข้อ 1.1)

1.3) วิเคราะห์ข้อมูล และคัดเลือกเกณฑ์เพื่อแบ่งประเภทของการละเล่นพื้นบ้าน

1.4) สัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth interview) ในตัวอย่างผู้รู้ที่รู้จริง (Key Informants) ที่เคยมีประสบการณ์เล่นการละเล่นพื้นบ้าน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยคัดเลือกจากหมู่บ้านที่มีนักศึกษา (กลุ่มตัวอย่าง 330 คน) ให้ข้อมูลว่ามีการละเล่นประเภทนั้นๆ ในชุมชน จำนวน 22 อำเภอ อำเภอละ 4 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้นจำนวน 88 ตัวอย่าง

1.5) ตรวจสอบข้อมูล โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ และเชื่อถือได้มากที่สุด

1.6) สรุปประเภท และรูปแบบของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ

2.1) จากการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนที่ 1 คณะผู้วิจัยสามารถแยกประเภทของการละเล่นพื้นบ้านในจังหวัด ศรีสะเกษ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ และการละเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ แบบเจาะลึก (In-depth Interview) เพื่อศึกษาการละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัด ศรีสะเกษ ซึ่งมีการดำเนินงาน ดังนี้

2.1.1) คัดเลือกสนามการวิจัย: จากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 คณะผู้วิจัยพบว่า พื้นที่ที่มีการละเล่นที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ มีจำนวนทั้งสิ้น 20 หมู่บ้าน ซึ่งคณะผู้วิจัยจึงใช้ทั้ง 20 หมู่บ้าน เป็นสนามการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งมีรายชื่อหมู่บ้าน ดังนี้

- บ้านเหล่ายอด ตำบลจาน อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านบก ตำบลโพธิ์ข่า อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านตะดอบ ตำบลตะดอบ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

- บ้านหนองไผ่ ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านละเอาะ ตำบลละเอาะ อำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านกู่ ตำบลกู่ อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านอาต๋อง ตำบลกู่ อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านหนองสิม ตำบลดุน อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านเปือย ตำบลหนองแก้ว อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านฝั่ง ตำบลทาม อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านหนองต๋ม ตำบลหนองแก้ว อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านบอน ตำบลบึงบอน อำเภอขามเฒ่า จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านโนน ตำบลเมืองคง อำเภอราชีไศล จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านท่าโพธิ์ ตำบลเมืองคง อำเภอราชีไศล จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านบึงมะลู ตำบลบึงมะลู อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านชำแระ ตำบลห้วยเหนือ อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านหัวเสือ ตำบลหัวเสือ อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านโคกโพธิ์ ตำบลกันทรารมย์ อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านโคก ตำบลโคกจาน อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ
- บ้านควนใหญ่ ตำบลควนใหญ่ อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ

2.2) เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview): ผู้ให้ข้อมูลวิธีการเล่น การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ เป็นตัวอย่างผู้รู้ที่รู้จริง (Key Informants) หมู่บ้านละ 6 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 20 หมู่บ้าน รวมทั้งสิ้นจำนวน 120 คน ดังนี้

- กลุ่มผู้ปฏิบัติ CI (Casual Informant) ได้แก่ ผู้ที่เคยมีประสบการณ์การเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อ จำนวนหมู่บ้านละ 3 คน จำนวน 20 หมู่บ้าน รวม 60 คน

- กลุ่มประชาชนทั่วไป GI (General Informant) ได้แก่ บุคคลที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการละเล่นพื้นบ้านในที่สัมพันธ์กับความเชื่อ เช่น ผู้นำชุมชน หรือผู้ที่เคยรู้จักแต่ไม่เคยเล่น จำนวนหมู่บ้านละ 3 คน จำนวน 20 หมู่บ้าน รวม 60 คน

2.3) ตรวจสอบข้อมูล โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ และเชื่อถือได้มากที่สุด

2.4) สรุปรูปแบบการละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์คุณค่าทางด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้าน ในจังหวัดศรีสะเกษ

3.1) วิเคราะห์คุณค่าทางด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มี ความสัมพันธ์กับความเชื่อ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการละเล่นของเด็ก โดยนำข้อสรุปวิธีการเล่นจาก ขั้นตอนที่ 1 มาทดลองให้

เด็กเล่นจริง (ตัวอย่างจำนวน 20 คน) แล้วดำเนินการวิเคราะห์โดยผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้าน วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ และคณะผู้วิจัย รวมทั้งสิ้น 6 ท่าน

3.2) วิเคราะห์คุณค่าทางด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความ เชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ (ใช้ตารางวิเคราะห์คุณค่าการเล่นพื้นบ้านที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น) จาก วิดีโอบันทึกภาพและเสียงการเล่นที่เกิดขึ้นจริง แล้วดำเนินการวิเคราะห์โดยผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ และคณะผู้วิจัย รวมทั้งสิ้น 6 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบสอบถาม แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม และแบบ สัมภาษณ์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก การบันทึกวิดีโอและภาพนิ่ง และการจำลองสถานการณ์จริง ซึ่งคณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลเองทุกขั้นตอน โดยมีสถานที่ดำเนินการวิจัย ได้แก่ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ และหมู่บ้านในจังหวัดศรีสะเกษ ตามที่ได้รับการคัดเลือกจริง จำนวน 20 หมู่บ้าน

การวิเคราะห์ข้อมูล กระทำโดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ทั้งหมด มาแยกประเภท จัดหมวดหมู่ แล้วนำเสนอในรูปความเรียงแบบพรรณนาวิเคราะห์ (Analytical description)

ผลการวิจัย

1. การเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ และการเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัด ศรีสะเกษ ซึ่งมีดังนี้

1.1) การเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ นิยมเล่นกันในกลุ่มเด็ก มีจำนวน 100 การเล่น จำแนกได้เป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

1.1.1) การเล่นพื้นบ้านทั่วไป มีจำนวน 55 การเล่น ได้แก่ กลัวยตาก ก่อเจดีย์ทราย ชายของ เือนน้อย ตีลูกล้อ ปั่นดินเหนียว เป่าก้านบักหุง ลากกาบหมาก กระโดดยาง กระโดดยางจันทร์-อังคาร กระโดดยางกิ่ง ก่องแก้ว กระโดดยางแม้อีเสี่ยว กระโดดยางสามแจ กระโดดยางหมาสบดาก กระต่ายขาเดียว กากฟักไข่ เก็บไม้แก้ง ไก่ตอก ชิม้าดำกัน ชิม้าส่งเมือง ภูกินหาง จ้ำจี้ เจ็ดเล็บ ขนไก่ ต่อไม้ ตั้งไข่ ตาहुตั้งคันหมาก ตีไก่ เตย บักแดงโม บักตานรก บักลี บักส้มหัวหยอง บักหนอน บักอี่ ประดับดาว ประหาร ปลาเป็นปลาตาย ปลาไหลชื้อตึง ปากะป่อง เปลี่ยนเสา เพจแคร่ มอญซ่อนผ้า แมงมุม แม่นาคพระโขนง รี่ริ้วข้าวสาร ลิงจ้ำกินใบอะไร ลิงชิงบอล วงตีนเกวียน วิปลา สตอป เสือกินจัว เสือข้ามห้วย หมากหอย หมากซีบ้า โองแตก

1.1.2) การเล่นพื้นบ้านที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ มีจำนวน 23 การเล่น ได้แก่ กงจักร กระต้อมกองฟาง ซานโบมะพร้าว ขาโลกเถก ดาบไม้ ต้าไข่ ดินเลียน ตุ่มหูในบักคือ โทรศัพทกระป่อง บักข้าง บั้งโป๊ะ ปัดตาเลียน ปี่ฟางข้าว ปั่นก้านกล้วย ม้าก้านกล้วย รถกระป่อง ไรต์ดัดผมก้านจิว ว้าว สร้อยก้านจิว สะนู หย่างกะโป้ หาบหน่วย หมากเหยา โอนซาถู

1.1.3) การเล่นพื้นบ้านที่เป็นการพนัน มีจำนวน 22 การเล่น ได้แก่ เป่ากบ เป่าคู่ เป่าโตนเดี่ยว เป่าโตนคู่ ซอยยาง จั้มยาง ตีตียง หนีบยาง เตะยาง โยนช่อง จิกเส้น (ยางยัด) โยนรองเท้าใส่ยาง ควดหลุม ตีปิ่น กรอกหลุม (ฝาน้ำอัดลม) จิกเส้น (ฝาน้ำอัดลม) กือก๊อต กรอกหลุม (เหรียญ) จิกเส้น (เหรียญ) ตีลูกแล้ว กรอกหลุม (หุ่นยาง) และจิกเส้น (หุ่นยาง)

1.2) การละเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่มย่อย คือ

1.2.1) การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อด้านสุขภาพ มีจำนวน 4 การละเล่น ได้แก่ การรำแม่มด การรำผีฟ้า การรำแม่สะเอ็ง และการรำผีแฉน

1.2.2) การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อด้านการขอฝน มีจำนวน 3 การละเล่น ได้แก่ แห่นางแมว แม่นางด้ง และบุญบั้งไฟ โดยการละเล่นบุญบั้งไฟ ประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ การเล่นเซิ้งบั้งไฟ การเล่นบั้งไฟ และการละเล่นที่สืบเนื่องจากการจัดงานบุญบั้งไฟ ได้แก่ การพ้อนกลองตุ้ม การเล่นประเพณีล้อเลียน และการเล่นเอากันลงตม

1.2.3) การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อด้านการบำบัดความโศกเศร้า ซึ่งเป็นการละเล่นในงานงานเงินเดือนดีหรืองานศพ มีจำนวน 14 การละเล่น ได้แก่ หมากเสือกินหมู หมากเสือกินนก บักหาบหรือหมากหนีบ ตบข้าว หมากเสียดพลูยา หมุนซ้อนหรือหมุนบัว หมากคล้องช้าง เสี่ยงแหวน ปิดตาตีมะพร้าว ปี่หรือคำห้อย กันตรึม ไฟกระดาก เล่านิทานก้อม และแต้มปูน

1.2.4) การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อด้านการขอขมาแม่น้ำ มีจำนวน 1 การละเล่น คือ เอื้อสว่าง

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้ตารางการวิเคราะห์คุณค่าที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ร่วมกับการทดลองให้เด็กเล่นจริง (ตัวอย่างจำนวน 20 คน) และจากวิดีโอบันทึกภาพและเสียงการละเล่นที่เกิดขึ้นจริง พบว่า การละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มี ความสัมพันธ์กับความเชื่อ ช่วยส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ของผู้เล่น โดยผู้เล่นส่วนใหญ่จะเป็นเด็กๆหรืออยู่ในวัยเด็ก ส่วนการละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนในท้องถิ่นในจังหวัดศรีสะเกษ ช่วยส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคมของคนในชุมชนเป็นหลัก เน้นสร้างความรัก ความสามัคคีของครอบครัวและผู้คนในชุมชน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มี ความสัมพันธ์กับความเชื่อ และการละเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ โดยคุณค่าด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มี ความสัมพันธ์กับความเชื่อ ซึ่ง เป็นการละเล่นที่นิยมในกลุ่มเด็กนั้น ช่วยส่งเสริมพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ทั้ง 5 องค์ประกอบ ทั้งนี้ต้องเลือกประเภทการเล่นให้เหมาะสมกับองค์ประกอบที่ต้องการส่งเสริมหรือพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของชัชชัย (2549ก-ง) ที่ได้สรุปคุณค่าการละเล่นพื้นบ้านต่อพัฒนาการของเด็กไว้ดังนี้ “ด้านพัฒนาการทางด้านร่างกาย ร่างกายจะขยายออกทางส่วนสูงมากกว่าส่วนกว้าง กล้ามเนื้อ แขน ขา ทำงานประสานกันดีขึ้น ช่วยให้เด็กสามารถเล่นกีฬากลางแจ้งได้ดี ด้านพัฒนาการทางอารมณ์ เด็กจะต้องปรับตัวให้เข้ากับเพื่อนและบุคคลอื่น รวมทั้งประสบการณ์ใหม่ ระเบียบวินัยและบทเรียน เด็กต้องมีเพื่อนร่วมเล่นและร่วมทำกิจกรรม ต้องการเล่น สนุกสนานเพลิดเพลิน และการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระ ด้านพัฒนาการทางสังคม สังคมของเด็กวัยนี้ยังไม่กว้างขวางนัก เริ่มจะเข้ากลุ่มเพื่อน การเล่นยังคงเป็นการเล่นที่ต่างคนต่างเล่นเพียงแต่อยู่รวมกลุ่มกันเท่านั้น วิธีการเปลี่ยนอยู่เสมอ

ส่วนมากมักจะเอาแต่ใจตัวเอง ต้องการเอาชนะเพื่อน และด้านพัฒนาการทางสติปัญญา เกิดจากการที่เด็กได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ในโรงเรียน โดยเฉพาะจากการอ่านหนังสือประเภทต่างๆ การได้เห็นภาพยนตร์และโทรทัศน์ ทำให้รู้จักค้นคว้าลงมือทำเอง เหล่านี้เป็นมูลเหตุสำคัญทำให้เด็กสามารถพึ่งตนเองได้มากขึ้นเรื่อยๆ” ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเล่นที่บ้านของเด็ก ทำให้เด็กได้มีการเคลื่อนไหวร่างกาย มีความสนุกสนานผ่อนคลาย มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และช่วยส่งเสริมทักษะการคิด และสอดคล้องกับผลการศึกษาของศุภวรรณ (2551) ที่พบว่า การฝึกโปรแกรมการเล่นที่บ้านมีผลต่อสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นในรายการวิ่ง 1 ไมล์ รายการลูก-นั่ง 1 นาที และรายการนั่งงอตัวไปข้างหน้า และยังสอดคล้องกับสุพัตรา (2551) ซึ่งทำการศึกษาความสามารถทางพหุปัญญาของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมการเล่นที่บ้าน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเล่นที่บ้านมีความสามารถทางพหุปัญญาทั้ง 8 ด้านอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 95.91 และผลการศึกษาของวารุณี (2551) ที่ศึกษาผลของการใช้เพลงประกอบการเล่นที่บ้านที่มีต่อสมรรถภาพทางกลไกของเด็กปฐมวัย พบว่า กิจกรรมการใช้เพลงประกอบการเล่นที่บ้านมีผลทำให้สมรรถภาพทางกลไกของเด็กปฐมวัยหลังการทดสอบสูงกว่าก่อนการทดสอบทุกรายการ นอกจากนี้ ผลการศึกษาการจัดกิจกรรมการศึกษานอกระบบแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาการเล่นที่บ้านที่ผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต่อทักษะทางสังคมของเด็กในชุมชนของอังศุธร (2556) ก็พบว่า เด็กที่เข้าร่วมกิจกรรมการเล่นที่บ้าน มีระดับทักษะการมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม ทักษะการแก้ปัญหาในกลุ่ม ทักษะการช่วยเหลือผู้อื่น และทักษะการเป็นผู้นำและผู้ตามเพิ่มขึ้น

สำหรับคุณค่าด้านการส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของการเล่นที่บ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนในท้องถิ่นในจังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเล่นที่นิยมในกลุ่มผู้ใหญ่ นั้น พบว่า ช่วยเสริมสร้างด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคม เป็นหลัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเล่นเหล่านี้เป็นการเล่นร่วมกันเป็นกลุ่ม ใช้ทักษะการคิด ไม่เน้นกิจกรรมทางกาย โดยการเล่นกลุ่มที่ต้องใช้ทักษะการคิด เช่น หมากฮาบ เสือกินหมู เสือกินนก หรือแม้แต่การเล่นไพ่กระต่าย ช่วยก่อให้เกิดความสนุกสนานให้หมู่ผู้เล่นและผู้ชม ฝึกให้ผู้เล่นรู้จักยอมรับในกติกาที่กำหนดร่วมกัน ให้เกิดความคิดและทักษะการแก้ปัญหาในการเล่น ฝึกให้เป็นผู้มีเหตุผล เป็นผู้รู้จักการมีน้ำใจนักกีฬา รู้แพ้รู้ชนะ เป็นผู้มีวัฒนธรรม และประเด็นที่สำคัญการเล่นประเภทนี้ ถือเป็น Neurobic exercise ประเภทหนึ่งด้วย ส่วนการเล่นตบข้าว การเล่นหมากเสียดพลูยา การเล่นหมากคล้องช้าง และเสียงแหวน เป็นการเล่นเพื่อให้เกิดความสนุกสนานลดความเครียด การเล่นกลุ่มนี้ฝึกให้ผู้เล่นได้ฝึกการสังเกตและมีไหวพริบ ให้รู้จักยอมรับและปฏิบัติตามกติกาที่สังคมกำหนด สร้างความคุ้นเคยระหว่างหนุ่มสาวและสมาชิกใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยฝึก Reaction time และ Coordination ได้ด้วย ส่วนในด้านอารมณ์อธิบายได้ว่า การเล่นประเภทนี้ให้ความสนุกสนาน รื่นเริง ทั้งต่อผู้เล่นและผู้ชม และในด้านสังคม ถือเป็นการเล่นที่แสดงออกถึงความร่วมมือร่วมใจ ความสามัคคีปรองดอง และเป็นการเล่นที่ช่วยแก้ปัญหาของท้องถิ่น นอกจากนี้ยังเป็นการปลูกฝังให้เด็กและเยาวชนรุ่นหลังได้เรียนรู้วัฒนธรรมและประเพณีในอดีตอีกด้วย ซึ่งถือเป็นการเล่นที่ส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างสติปัญญาให้กับผู้เล่นและผู้ร่วมในกระบวนการเล่นอย่างแท้จริง ดังนั้นจากผลการศึกษาจึงกล่าวได้ว่าการเล่นที่บ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อเน้นส่งผลด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคมเป็นหลัก

ข้อดีของการวิจัยนี้ คือ ได้ทราบประเภท และรูปแบบของการเล่นที่บ้านของพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งถือเป็นงานวิจัยเรื่องแรกที่ทำการศึกษาเชิงลึกในพื้นที่ ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์การเล่นที่บ้านของจังหวัดศรีสะเกษมิให้สูญหายไป ตลอดจนช่วยกระตุ้นให้มีการนำกิจกรรมการเล่น

พื้นบ้านของจังหวัดศรีสะเกษเหล่านี้มาใช้เป็นกิจกรรมนันทนาการ กิจกรรมการศึกษาอนุกระบบโรงเรียน กิจกรรมกีฬา และกิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพต่อไป

ข้อจำกัดของการวิจัยนี้ คือ ปัจจุบันมีรายงานวิจัยหลายเรื่องที่สะท้อนให้เห็นประโยชน์และคุณค่าของการละเล่นพื้นบ้านทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา รวมถึงผลงานวิจัยครั้งนี้ด้วย กล่าวคือ คุณค่าของการละเล่นพื้นบ้านที่รายงานไว้ในผลการศึกษานี้ เป็นเพียงข้อสรุปของคณะผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญโดยการสังเกตการณ์จากการทดลองเล่นการละเล่นในสถานการณ์จริงและจากการวิเคราะห์วิดีโอที่ทำการบันทึกการละเล่นนั้นๆ ไว้เท่านั้น ซึ่งยังขาดหลักฐานสนับสนุนทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ ดังนั้น ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับการละเล่นพื้นบ้านในอนาคต จึงควรมุ่งศึกษาผลของการละเล่นพื้นบ้านโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ให้ผลการศึกษาน่าเชื่อถือได้มากขึ้น ตลอดจนควรพัฒนาส่งเสริมการวิจัยที่เน้นการนำกิจกรรมการละเล่นพื้นบ้านไปประยุกต์ในการส่งเสริมสุขภาพในทุกกลุ่มวัยเพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

การละเล่นพื้นบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) การละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อ และการละเล่นพื้นบ้านที่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อของคนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ โดยการละเล่นพื้นบ้านที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเชื่อนั้นเป็นการละเล่นที่นิยมในกลุ่มเด็ก ซึ่งช่วยส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา และ 2) การละเล่นพื้นบ้านที่สัมพันธ์กับความเชื่อของคนในท้องถิ่นในจังหวัดศรีสะเกษ นิยมเล่นในกลุ่มผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ ซึ่งช่วยส่งเสริมความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคม ของคนในชุมชนเป็นหลัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกคน ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการให้ข้อมูลทุกท่าน ที่ร่วมกันให้ข้อมูลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณ งานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนทุนการดำเนินวิจัยแก่คณะผู้วิจัย และขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอผลงานวิชาการในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ซัชชัย โภมารทัต. 2549ก. กีฬาพื้นเมืองไทยภาคกลาง: ศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นมา วิธีเล่น และคุณค่า.

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.

_____. 2549ข. กีฬาพื้นเมืองไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นมา วิธีเล่น และ

คุณค่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.

_____. 2549ค. กีฬาพื้นเมืองไทยภาคใต้: ศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นมา วิธีเล่น และคุณค่า.

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.

- _____. 2549ง. กีฬาพื้นเมืองไทยภาคเหนือ: ศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นมา วิธีเล่น และคุณค่า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. 2561. ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดศรีสะเกษ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://sisaket-wisdoms.net/sys/sisaket/infor> (1 สิงหาคม 2561).
- มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. 2561. ภูมิปัญญาการดูแลสุขภาพ จังหวัดศรีสะเกษ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://web62.sskru.ac.th/regis2009/regis.html> (1 สิงหาคม 2561).
- วารุณีย์ พันธุ์ศรี. 2551. ผลของการใช้เพลงประกอบการเล่นพื้นบ้านที่มีต่อสมรรถภาพทางกลไกของเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรีวิทย์ พุทธิโยธา. 2548. การพัฒนาความพร้อมของนักเรียนชั้นอนุบาลโดยใช้การเล่นพื้นบ้านล้านนา ในกิจกรรมกลางแจ้ง. รายงานการค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 215 น.
- ศุภวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์. 2551. ผลของการฝึกโปรแกรมการเล่นพื้นบ้านที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย เพื่อสุขภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดศรีสะเกษ. 2556. การเล่นของเด็ก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://province.m-culture.go.th/sisaket/ganrarenenc.htm> (20 พฤศจิกายน 2556).
- สุพัตรา ตาลดี. 2551. การศึกษาความสามารถทางพหุปัญญาของเด็กปฐมวัย โดยใช้กิจกรรมการเล่นพื้นบ้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อังศุธร อังคะนิต. 2556. ผลของการจัดกิจกรรมการศึกษานอกระบบแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาการเล่นพื้นบ้านที่ผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต่อทักษะทางสังคมของเด็กในชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก





บันทึกข้อความ

งานบริหารและธุรการ

กองคลัง

รับที่ 4131

วันที่ 12 ต.ค. 2561

เวลา.....น.

ส่วนงาน สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี โทร.๓๔๑๐

ที่ ศธ.๐๕๒๓.๖.๑.๒.๑/๒๒๐

วันที่ ๔ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

เรื่อง ขออนุมัติจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๑

เรียน อธิการบดี

ตามที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้มอบหมายให้สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร เป็นหน่วยงานหลักให้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๑ ระหว่างวันที่ ๑๑ - ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปิดโอกาสให้คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และผู้สนใจเข้าร่วมเสนอผลงานทางวิชาการ และเข้าร่วมประชุมวิชาการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ด้านการวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างหน่วยงานภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งในการประชุมวิชาการครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมประชุม จำนวน ๒๐๐ คน

สำนักวิจัยฯ จึงขออนุมัติดำเนินการดังนี้

๑. ขออนุมัติจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๑ ระหว่างวันที่ ๑๑-๑๓

ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

๒. ขออนุมัติเก็บเงินค่าลงทะเบียน ดังนี้

ผู้เข้าร่วมประชุมและผู้เสนอผลงาน

๒.๑) ลงทะเบียนชำระเงินภายในวันที่ ๓๑ กรกฎาคม ๒๕๖๑

- บุคคลทั่วไป คนละ ๒,๒๐๐ บาท

- นิสิต/นักศึกษา คนละ ๑,๒๐๐ บาท

๒.๒) ลงทะเบียนชำระเงินหลังวันที่ ๓๑ กรกฎาคม ๒๕๖๑

- บุคคลทั่วไป คนละ ๒,๕๐๐ บาท

- นิสิต/นักศึกษา คนละ ๑,๕๐๐ บาท

๓. ขออนุมัติให้ข้าราชการ พนักงานของรัฐ และบุคลากรในหน่วยงานภาครัฐ เข้าร่วมประชุม เมื่อผู้เข้าร่วมประชุมได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้ตามระเบียบ กระทรวงการคลัง ว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม จัดงาน และการประชุมระหว่างประเทศ พ.ศ. ๒๕๕๒ ตามหนังสือกระทรวงการคลังที่ กค ๐๔๐๖.๔/ว ๒๑ ลงวันที่ ๒๒ มีนาคม ๒๕๕๔ เรื่องการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการและการฝึกอบรมภายในประเทศ และตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม การจัดงาน และการประชุมระหว่างประเทศ (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๕ หรือเบิกค่าใช้จ่ายอื่นๆ จากต้นสังกัด ตามระเบียบของทางราชการและระเบียบของหน่วยงาน

จึงเรียนมา...

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชำ่มสี)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

เรียน อธิการบดี

- เพื่อโปรดทราบ
- เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
- เห็นควรแจ้งเวียนทุกหน่วยงาน
- เห็นควรให้.....

11/10/61

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิพร กิริติการกุล)
รองอธิการบดี

๑๕๐๕๒๖.๖.๑.๒.๑/๒๐ ๕๐๙๖๑

อนุมัติ
 ทราบ/จัดตั้งเสนอ
อธิการบดี
18 ต.ค. 2561

โครงการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

1. หลักการและเหตุผล

การเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยเป็นภารกิจหนึ่งของงานบริหารการวิจัย ภายใต้ยุทธศาสตร์ด้านความเป็นเลิศด้านการวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ การจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561 เป็นการส่งเสริมให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย รวมทั้งนิสิต นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในสาขาต่างๆ ที่มหาวิทยาลัยได้เปิดการเรียนการสอนได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณชน ตลอดจนเป็นการกระตุ้นการสร้างผลงานวิจัย การพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์เชิงวิชาการ ความเชี่ยวชาญ ชำนาญการ ระหว่างนักวิจัย นักวิชาการและผู้สนใจ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางการวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศและแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสที่ได้ถ่ายทอดและนำออกเผยแพร่สู่สาธารณชนสามารถนำความรู้และเทคโนโลยี ไปพัฒนาอาชีพให้เกิดประโยชน์อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป ที่สำคัญอีกประการหนึ่งเพื่อเปิดโอกาสให้นักวิจัยจากสถาบันการศึกษาและจากหน่วยงานต่างๆ ได้พบปะแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในงานวิจัย และเพื่อให้มีการอภิปราย เสวนาร่วมกัน ทำให้เข้าใจถึงปัญหาและสามารถทำงานวิจัยเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อกันในการนำผลงานวิจัยไปใช้ปฏิบัติได้จริง และเป็นประโยชน์ต่อองค์กรภาครัฐ ภาคเอกชนผู้ประกอบการและผู้สนใจทั่วไปอย่างแท้จริง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินงานพัฒนางานวิจัย บริหารจัดการงานวิจัยและนวัตกรรมในสาขาต่างๆ จึงได้จัดประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561 ซึ่งเป็นโครงการที่สนับสนุนการเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัย รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในด้านวิชาการระหว่างหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเป็นกิจกรรมหนึ่งภายใต้งานวันเกษตรแม่โจ้

85 ปี: ภูมิปัญญาแห่งการเกษตร

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมให้ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัย ภาครัฐและเอกชน และหน่วยงานต่างๆ ได้นำเสนอผลงานวิจัยและเผยแพร่ผลงานวิชาการสู่สาธารณชนและชุมชน
2. เพื่อให้เกิดความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชนในการค้นคว้าและพัฒนางานวิจัยต่อไป โดยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์
3. เพื่อกระตุ้นให้ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และผู้เกี่ยวข้องได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ ตลอดจนข้อคิดเห็นในการพัฒนางานวิจัย ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสร้างเครือข่ายในการพัฒนางานวิจัยให้เกิดขั้นระหว่างนักวิจัย สถาบันการศึกษา ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน
4. เพื่อร่วมฉลองครบรอบ 85 ปี มหาวิทยาลัยแม่โจ้: ภูมิปัญญาแห่งการเกษตร

3. รูปแบบของการประชุมวิชาการ

การประชุมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การบรรยายพิเศษ การอภิปราย เสวนา และประชุมกลุ่มย่อย
2. การนำเสนอผลงานวิจัย เป็นภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ
 - 2.1 สาขาเกษตรศาสตร์
 - 2.2 สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
 - 2.3 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 2.4 สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

4. หน่วยงานรับผิดชอบ - สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
- คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
- คณะผลิตกรรมการเกษตร

5. ระยะเวลาและสถานที่จัดประชุมทางวิชาการ

ระหว่างวันที่ 11 – 13 ธันวาคม 2561

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

6. ผู้เข้าร่วมประชุม

ประกอบด้วยคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัย
และหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน และผู้สนใจทั่วไป จำนวน 200 คน

7. อัตราค่าลงทะเบียน

7.1 ผู้เข้าร่วมประชุมและผู้เสนอผลงาน

1) ลงทะเบียนชำระเงินภายในวันที่ 31 กรกฎาคม 2561

- บุคคลทั่วไป คนละ 2,200 บาท
- นิสิต/นักศึกษา คนละ 1,200 บาท

2) ลงทะเบียนชำระเงินหลังวันที่ 31 กรกฎาคม 2561

- บุคคลทั่วไป คนละ 2,500 บาท
- นิสิต/นักศึกษา คนละ 1,500 บาท

8. การศึกษาดูงานนอกสถานที่

ชำระค่าลงทะเบียนภายในวันที่ 31 กรกฎาคม 2561 จำนวน 800 บาท (แปดร้อยบาทถ้วน)
(หากมีผู้ลงทะเบียนศึกษาดูงานนอกสถานที่น้อยกว่า 30 คน ทางคณะฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิก
การศึกษาดูงานดังกล่าวโดยไม่ต้องแจ้งล่วงหน้าและจะคืนเงินค่าลงทะเบียนในภายหลัง)

9. การรับสมัคร

ผู้สนใจเสนอผลงานและผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ สามารถศึกษารายละเอียดและสมัครได้ที่ www.conference.mju.ac.th โดยดำเนินการได้ ดังนี้

- 1) โอนเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาแม่โจ้ จ.เชียงใหม่
เลขที่บัญชี 375-0-06600-0 ชื่อบัญชี “คณะเทคโนโลยีการประมงฯ”
- 2) โอนเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทยสาขาแม่โจ้ จ.เชียงใหม่
ชื่อบัญชี “คณะเทคโนโลยีการประมงฯ” โดยผ่านระบบ Internet Banking

เมื่อทำการส่งจ่ายหรือโอนเงินเรียบร้อยแล้ว กรุณาแนบหลักฐานการส่งจ่ายผ่านระบบ หรือส่งสำเนาการโอนเงินธนาคาร โดยระบุชื่อผู้เข้าร่วมประชุมและรายละเอียดในการออกใบเสร็จรับเงินให้ชัดเจน มาที่โทรสาร 0 5387 3418 หรือ E-mail : res_conference@mju.ac.th หรือ mju.conference@gmail.com

ผู้เข้าร่วมประชุมเมื่อได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้วมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้ตามหนังสือกระทรวงการคลัง ที่ กค 0406.4/ว 21 ลงวันที่ 22 มีนาคม 2554 เรื่อง การเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการและการฝึกอบรมภายในประเทศและตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม การจัดงาน และการประชุมระหว่างประเทศ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2555 หรือเบิกค่าใช้จ่ายอื่นๆจากต้นสังกัด ตามระเบียบของทางราชการและหน่วยงานต้นสังกัด

10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ทราบถึงความก้าวหน้าในการวิจัยในสาขาวิชาการต่างๆทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ตลอดจนถึงปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข ตลอดจนการนำไปปรับใช้ประโยชน์ และเกิดการพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ
- 2) สามารถเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพของงานวิจัยและนักวิจัยของมหาวิทยาลัย และหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน
- 3) เกิดความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัย องค์กร และภาคเอกชนในการค้นคว้าและพัฒนางานวิจัย โดยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์
- 4) เป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยในด้านวิชาการ



กำหนดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561

ระหว่างวันที่ 11 –13 ธันวาคม 2561

ณ ห้องประชุมข้าวหอมมะลิ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันอังคารที่ 11 ธันวาคม 2561

- 08.15 - 09.00 น. - ลงทะเบียน
- 09.00 - 09.30 น. **พิธีเปิด** การประชุมวิชาการระดับชาติ
โดย... นายกสภามหาวิทยาลัยแม่โจ้
- 09.30 - 10.00 น. - ชมผลงานทางวิชาการภาคโปสเตอร์และการแสดงนิทรรศการงานวิจัย
- 10.00 - 12.00 น. - **การบรรยายพิเศษ** เรื่อง “ดิจิทัลพลิกโลกเกษตร”
โดย ... พันเอก รongศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐพงศ์ มะลิสุวรรณ
ผู้เชี่ยวชาญและที่ปรึกษาด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล
(Digital Transformation)
- 12.00 – 13.00 น. - พักรับประทานอาหารกลางวัน
- 13.00 – 16.00 น. - **นำเสนอผลงานวิชาการ** ภาคบรรยายแยกตามกลุ่มสาขาวิชา

วันพุธที่ 12 ธันวาคม 2561

- 09.00 - 10.00 น. - **การบรรยาย** เรื่อง “นวัตกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ”
โดย... ดร.สรวิศ เผ่าทองสุข
ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
- 10.00 – 11.00 น. - **การบรรยาย** เรื่อง “การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ทำได้จริง:กรณีศึกษากุ้งอินทรีย์”
โดย...คุณชัย วงศ์บำรุงเทวี
พุดตาล โอ.ซี.เอส.ฟาร์ม
- 11.00 – 12.00 น. - **การบรรยาย** เรื่อง “เส้นทางสู่ความสำเร็จในธุรกิจปลากระพง”
โดย...คุณสุทธิ มะหะเลา
บุญสว่างฟาร์ม
- 09.00 – 12.00 น. - **นำเสนอผลงานทางวิชาการ** ภาคบรรยายแยกตามกลุ่มสาขาวิชา
- 12.00 - 13.00 น. - พักรับประทานอาหารกลางวัน
- 13.00 - 16.00 น. - **นำเสนอผลงานทางวิชาการ** ภาคบรรยายแยกตามกลุ่มสาขาวิชา
- 16.00 – 16.30 น. - **พิธีปิด** การประชุมวิชาการระดับชาติ
โดย... อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันพฤหัสบดีที่ 13 ธันวาคม 2561

- 08.30 น. - ผู้เข้าร่วมศึกษาดูงานพร้อมกัน
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา
- 09.00 น. - ออกเดินทาง
- 09.30 - 10.00 น. - ศึกษาดูงาน สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่
- 10.30 - 12.00 น. - ศึกษาดูงาน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย (มอนแจ่ม)

หมายเหตุ : * หากมีผู้ลงทะเบียนศึกษาดูงานนอกสถานที่น้อยกว่า 30 คน

ขอสงวนสิทธิ์ในการยกเลิกโดยไม่ต้องแจ้งล่วงหน้าและจะคืนเงินค่าลงทะเบียนในภายหลัง





คำสั่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ที่ ๒๕๖๑ /๒๕๖๑

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๑

ด้วยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๑ ในการจัด “งานวันเกษตรแม่โจ้ ๘๕ ปี : ภูมิปัญญาเกษตร” ในระหว่างวันที่ ๑๑ - ๑๓ ธันวาคม ๒๕๖๑ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัย องค์ความรู้ต่าง ๆ และเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการศึกษาวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการวิจัย อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพอาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ และมาตรา ๓๘ (๑) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. ๒๕๖๐ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๑ ดังนี้

๑. คณะกรรมการที่ปรึกษา

- | | |
|---|-----------------|
| ๑. อธิการบดี | ประธานที่ปรึกษา |
| ๒. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย) | ที่ปรึกษา |
| ๓. รองอธิการบดี (รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร กิริติการกุล) | ที่ปรึกษา |
| ๔. รองอธิการบดี (อาจารย์รชฎ เชื้อวิโรจน์) | ที่ปรึกษา |
| ๕. รองอธิการบดี (อาจารย์อภิชาติ สนวนคำกอง) | ที่ปรึกษา |
| ๖. รองอธิการบดี (รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา) | ที่ปรึกษา |
| ๗. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม มูลเมือง) | ที่ปรึกษา |
| ๘. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชพร ศิริโกคาภิจ) | ที่ปรึกษา |
| ๙. รองอธิการบดี (อาจารย์ชัช พชรธรรมกุล) | ที่ปรึกษา |
| ๑๐. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองเลี่ยน บัวจุม) | ที่ปรึกษา |

๒. คณะกรรมการอำนวยการ

- | | |
|--|------------------|
| ๑. รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย) | ประธานกรรมการ |
| ๒. ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | รองประธานกรรมการ |

๓.	คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	กรรมการ
๔.	คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	กรรมการ
๕.	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๖.	คณบดีคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๗.	คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๘.	คณบดีคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี	กรรมการ
๙.	คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ
๑๐.	คณบดีคณะพัฒนาการท่องเที่ยว	กรรมการ
๑๑.	คณบดีคณะศิลปศาสตร์	กรรมการ
๑๒.	คณบดีคณะสารสนเทศและการสื่อสาร	กรรมการ
๑๓.	คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๑๔.	คณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน	กรรมการ
๑๕.	คณบดีวิทยาลัยบริหารศาสตร์	กรรมการ
๑๖.	คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ	กรรมการ
๑๗.	คณบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร	กรรมการ
๑๘.	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย	กรรมการ
๑๙.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	กรรมการและเลขานุการ
๒๐.	เลขานุการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑.	เลขานุการคณะผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒.	หัวหน้าสำนักงานคณบดี คณะเทคโนโลยีการประมงและ ทรัพยากรทางน้ำ	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ให้คำแนะนำ ปรีกษาและให้การสนับสนุนในการจัดประชุมวิชาการ เพื่อให้การดำเนินงาน
เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

๓. คณะกรรมการดำเนินงาน

๑.	ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
๒.	คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	รองประธานกรรมการ
๓.	คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	รองประธานกรรมการ
๔.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ	กรรมการ

๕. รองคณบดี...

- | | |
|--|---------------------|
| ๕. รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพการศึกษา | กรรมการ |
| ๖. รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ฝ่ายวิจัยและการต่างประเทศ | กรรมการ |
| ๗. รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ | กรรมการ |
| ๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุดมีสรรค์ เครือคำ | กรรมการ |
| ๙. อาจารย์ ดร.วาริน สุทนต์ | กรรมการ |
| ๑๐. ผู้อำนวยการกองสวัสดิการ | กรรมการ |
| ๑๑. ผู้อำนวยการกองอาคารและสถานที่ | กรรมการ |
| ๑๒. หัวหน้างานบริการวิชาการและวิจัย
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ | กรรมการ |
| ๑๓. หัวหน้างานบริการวิชาการและวิจัย คณะผลิตกรรมการเกษตร | กรรมการ |
| ๑๔. หัวหน้างานประชาสัมพันธ์ กองกลาง | กรรมการ |
| ๑๕. หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๖. นางสาวอัมภา สันทราย | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๗. นางสาวดิษวรรณ สุทัศน์สันติ | ผู้ช่วยเลขานุการ |

หน้าที่ : กำหนดรูปแบบการประชุม แผนการดำเนินงาน กำหนดวิทยากรตลอดจนประสานงาน คณะกรรมการแต่ละชุดในการดำเนินการจัดประชุม และสนับสนุนการดำเนินกิจกรรม ด้านต่าง ๆ

๔. คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๔.๑ สาขาเกษตรศาสตร์(พืชศาสตร์)

- | | | | |
|-------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| ๔.๑.๑ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองชัย | จิวัดมนล้ำาญ | ประธานกรรมการ |
| ๔.๑.๒ | รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช | เจริญกิจ | กรรมการ |
| ๔.๑.๓ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี | นนทสวัสดิ์ศรี | กรรมการ |
| ๔.๑.๔ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพดล | จรัสสัมฤทธิ์ | กรรมการ |
| ๔.๑.๕ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉันทนา | วิชรรัตน์ | กรรมการ |
| ๔.๑.๖ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์วัลย์ | เมฆกมล | กรรมการ |
| ๔.๑.๗ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ | สาครวาสี | กรรมการ |
| ๔.๑.๘ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร | แสงยศ | กรรมการ |
| ๔.๑.๙ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิต | อินปรา | กรรมการ |

๔.๑.๑๐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา....

๔.๑.๑๐	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา	อินสลุต	กรรมการ
๔.๑.๑๑	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา	นาเทเวศร์	กรรมการ
๔.๑.๑๒	อาจารย์ ดร.อรพินธุ์	สฤษดิ์ดีนา	กรรมการ
๔.๑.๑๓	อาจารย์ ดร.เทิดศักดิ์	โทณลักษณ์	กรรมการ
๔.๑.๑๔	อาจารย์ ดร.จุฑามาศ	พิลาตี	กรรมการ
๔.๑.๑๕	อาจารย์ ดร.พรพันธ์	ภู่อ้อมพันธ์	กรรมการและเลขานุการ

๔.๒ สาขาเกษตรศาสตร์(ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม)

๔.๒.๑	รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์	ศรีเงินยวง	ประธานกรรมการ
๔.๒.๒	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ	สุทธิกุลบุตร	กรรมการ
๔.๒.๓	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา	เสถียรพีระกุล	กรรมการ
๔.๒.๔	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขาวินิตย์	ธาราฉาย	กรรมการ
๔.๒.๕	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์	อินทसार	กรรมการ
๔.๒.๖	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนัย	ลิขิตระการ	กรรมการ
๔.๒.๗	อาจารย์ ดร.สาวิกา	กอนแสง	กรรมการ
๔.๒.๘	อาจารย์ ดร.วาสนา	วิรุณรัตน์	กรรมการ
๔.๒.๙	อาจารย์จักรพงษ์	ไชยวงศ์	กรรมการ
๔.๒.๑๐	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส	สังพาลี	กรรมการและเลขานุการ

๔.๓ สาขาเกษตรศาสตร์(สัตวศาสตร์)

๔.๓.๑	รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน	โอบาสพัฒน์กิจ	ประธานกรรมการ
๔.๓.๒	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภากร	ธาราฉาย	กรรมการ
๔.๓.๓	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายสัตวแพทย์ ดร.ปัญญา พงศ์พิศาลธรรม		กรรมการ
๔.๓.๔	สัตวแพทย์หญิง ดร.กฤตา	ชูเกียรติศิริ	กรรมการ
๔.๓.๕	อาจารย์ ดร.วินัย	โยธินศิริกุล	กรรมการ
๔.๓.๖	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์	พัฒนาวงศ์	กรรมการและเลขานุการ

๔.๔ สาขาเกษตรศาสตร์(ประมงและทรัพยากรทางน้ำ)

๔.๔.๑	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์	จิตมนัส	ประธานกรรมการ
๔.๔.๒	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพรัตน์	อึ้งเศรษฐพันธ์	กรรมการ
๔.๔.๓	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ	ฉายบุ	กรรมการ
๔.๔.๔	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ	หวังชัย	กรรมการ

๔.๔.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพสุคนธ์...

๔.๔.๕	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพสุดนธ์	พิมพ์พิมพ์	กรรมการ
๔.๔.๖	อาจารย์ ดร.สุดาพร	ตงศิริ	กรรมการ
๔.๔.๗	อาจารย์ ดร.จอมสุดา	ดวงวงษา	กรรมการและเลขานุการ

๔.๕ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

๔.๕.๑	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูสิต	ปุ๊กมณี	ประธานกรรมการ
๔.๕.๒	รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี	คงดี อัลเดรด	กรรมการ
๔.๕.๓	รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา	วัฒนะชีวะกุล	กรรมการ
๔.๕.๔	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์	ไพศาลสุทธิชล	กรรมการ
๔.๕.๕	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา	ภูมิสุทธาผล	กรรมการ
๔.๕.๖	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง	พงษ์เจริญกิต	กรรมการ
๔.๕.๗	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	นิยมทรัพย์	กรรมการ
๔.๕.๘	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนิธา	สิทธิ	กรรมการ
๔.๕.๙	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร	แสงศรีจันทร์	กรรมการ
๔.๕.๑๐	อาจารย์ ดร.กীরติญา	จันทร์ผง	กรรมการ
๔.๕.๑๑	อาจารย์ภาณุวัฒน์	เมฆะ	กรรมการ
๔.๕.๑๒	นายพงศกร	ศิริ	กรรมการและเลขานุการ

๔.๖ สาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร

๔.๖.๑	รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ	ข้ามสี่	ประธานกรรมการ
๔.๖.๒	รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์	หวังเจริญ	กรรมการ
๔.๖.๓	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ	จตุรงค์ล้ำเลิศ	กรรมการ
๔.๖.๔	รองศาสตราจารย์จักรพงษ์	พิมพ์พิมพ์	กรรมการ
๔.๖.๕	รองศาสตราจารย์บัณฑิต	ธีรฤกษ์ดิษฐ์พร	กรรมการ
๔.๖.๖	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินันท์	รัตนพรหม	กรรมการ
๔.๖.๗	รองศาสตราจารย์ ดร.พูนพัฒน์	พูนน้อย	กรรมการและเลขานุการ

๔.๗ สาขาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

๔.๗.๑	รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร	บุญมาก	ประธานกรรมการ
๔.๗.๒	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์	กั๊วล	กรรมการ
๔.๗.๓	รองศาสตราจารย์มธุรส	สว่างบำรุง	กรรมการ
๔.๗.๔	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัสสรณ์	ดวงชนจรรุอนันต์	กรรมการ
๔.๗.๕	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์	สุภาพันท์	กรรมการ

๔.๗.๖ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยะดา...

๔.๓/๖	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยะดา ชัยเวช	กรรมการ	
๔.๓/๗	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาพัสดุ กล่อมฉงเจริญ	กรรมการ	
๔.๓/๘	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร ศิริสัญญาลักษณ์	กรรมการ	
๔.๓/๙	อาจารย์ ดร.อุดมลักษณ์	ธรรมปัญญา	กรรมการ
๔.๓/๑๐	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัตพงศ์ อวีโรธนานนท์	กรรมการและเลขานุการ	

- หน้าที่ : ๑. พิจารณาคัดเลือกผลงานทางวิชาการเพื่อนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๑
๒. เสนอแนะและคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจประเมินความถูกต้องของผลงาน
๓. ตรวจสอบและจัดกลุ่มผลงานที่ผ่านการแก้ไข
๔. ให้คำปรึกษาการจัดรูปแบบการนำเสนอผลงาน

๕. คณะกรรมการฝ่ายรับผลงานทางวิชาการและรับสมัครผู้เข้าร่วมประชุม

๑.	หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี	ประธานกรรมการ
	สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	
๒.	นางสาวรังสิมา อัมพวัน	กรรมการ
๓.	นางทิพย์สุดา ปุกมณี	กรรมการ
๔.	นางประไพศรี ทองแจ้ง	กรรมการ
๕.	นางสาววิบูลรดา ชัยน	กรรมการ
๖.	นางสาวพลอยรดา ตาดีโน	กรรมการ
๗.	นายวีระวัฒน์ พังเย็น	กรรมการ
๘.	นางสาวน้ำเพชร ประกอบศิลป์	กรรมการ
๙.	นางสาวอัมภา สันทราย	กรรมการและเลขานุการ
๑๐.	นางสาวดิษวรรณ สุทัศน์สันติ	ผู้ช่วยเลขานุการ

- หน้าที่ : ดำเนินการรับผลงานทางวิชาการ จัดทำทะเบียนผลงาน ติดต่อประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เสนอผลงาน และคณะกรรมการฝ่ายวิชาการ การรับสมัครผู้เข้าร่วมประชุม ประชาสัมพันธ์ การรับสมัคร รับลงทะเบียนทางเว็บไซต์ ทาง E-mail และช่องทางสื่อต่าง ๆ

๖. คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
	ฝ่ายบริหาร	
๒.	รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร ฝ่ายบริหาร	รองประธานกรรมการ
๓.	ผู้ช่วยคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	รองประธานกรรมการ
	(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)	
๔.	นางสาวกนกวรรณ แซ่หล่อ	กรรมการ

๕. นางสาวจิตาภา...

๕.	นางสาวจิตาภา	สร้อยโพธิ์คุณ	กรรมการ
๖.	นายภาณุลักษณ์	ศรีรินทร์	กรรมการ
๗.	นางสาวเขมินทรา	ตี๋ปัญญา	กรรมการ
๘.	นายนรภัทร	นวนดวง	กรรมการ
๙.	หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการและเลขานุการ
๑๐.	นางสาวอัมภา	สันทราย	ผู้ช่วยเลขานุการ
๑๑.	นางสาวดิษวรรณ	สุทัศน์สันติ	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับงานจัดประชุม ประสานงานเพื่อขอรับการสนับสนุนการประชาสัมพันธ์
จากสื่อมวลชน พร้อมประสานงานฝ่ายของที่ระลึกในการมอบให้สื่อมวลชน

๗. คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ

๑.	รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร		ประธานกรรมการ
๒.	รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ฝ่ายวิจัยและการต่างประเทศ		รองประธานกรรมการ
๓.	รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ		รองประธานกรรมการ
๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร บุญปลอด		กรรมการ
๕.	นายประสิทธิ์	กาบจันทร์	กรรมการ
๖.	นายนิคม	วงศ์นันทา	กรรมการ
๗.	นางสาวกนกวรรณ	แซ่หล่อ	กรรมการ
๘.	นางอัจฉรา	เสาวฤทธิ์	กรรมการ
๙.	นางกัลยารัตน์	วงศ์แก้ว	กรรมการ
๑๐.	นางเขมินทรา	ตี๋ปัญญา	กรรมการ
๑๑.	นางจิรนนท์	เสนานาญ	กรรมการ
๑๒.	นายพงษ์พัฒน์	ราชจันทร์	กรรมการ
๑๓.	นางสาวธัญชนก	สีหาพล	กรรมการ
๑๔.	นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	กรรมการ
๑๕.	นางสาวพิมลสิริ	แสงสุวรรณ	กรรมการ
๑๖.	นางสาวอภิรียา	นามวงศ์พรหม	กรรมการ
๑๗.	นางปณกันต์	ภูเอี่ยม	กรรมการ

๑๘. นางวิไล	เจริญอรุณวัฒนา	กรรมการ
๑๙. นางกัลยาณี	หล้าป้อม	กรรมการ
๒๐. นางสาววิบูลรณา	ชยัน	กรรมการ
๒๑. นางสาวพลอยรดา	ตาดีโน	กรรมการ
๒๒. นางสาวกมลวรรณ	เต้จ๊ะ	กรรมการ
๒๓. นางสาววัชรินทร์	จันทวรรณ	กรรมการ
๒๔. ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์	ระดม	กรรมการ
๒๕. หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		กรรมการและเลขานุการ
๒๖. นางมารยาท	เศรษฐี	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวดิษวรรณ	สุทัศน์สันติ	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : ดำเนินพิธีการในการประชุม จัดทำร่างคำกล่าวรายงานและคำกล่าวของประธานในพิธี เพื่อใช้ในการกล่าวเปิดและปิดการประชุม พร้อมเตรียมประวัติผู้ร่วมเสวนา ผู้นำเสนอผลงาน ประธานและเลขา ดำเนินพิธีการในห้องนำเสนอผลงานแต่ละสาขา เพื่อให้งานพิธีการเป็นไปตามกำหนดเวลา

๘. คณะกรรมการฝ่ายต้อนรับ

๑. ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ	
๒. คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	กรรมการ	
๓. คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	กรรมการ	
๔. รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	กรรมการ	
๕. รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	กรรมการ	
๖. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการ	
๗. นางกนกพร	นันทดี	กรรมการ
๘. นางอภิชนา	วงศ์วารเตชะ	กรรมการ
๙. นางจิรนนท์	เสนานาญ	กรรมการ
๑๐. เลขานุการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	กรรมการและเลขานุการ	
๑๑. เลขานุการคณะผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ช่วยเลขานุการ	
๑๒. หัวหน้าสำนักงานคณบดี คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	ผู้ช่วยเลขานุการ	

หน้าที่: ประสานงาน และให้การต้อนรับ อำนวยความสะดวกให้แก่ประธาน วิทยากร ผู้เข้าร่วม เป็นเกียรติ และผู้เข้าร่วมการประชุม

๙. คณะกรรมการฝ่ายทะเบียน

๑.	หัวหน้างานนโยบาย แผน และประกันคุณภาพ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้างานคลังและพัสดุ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	กรรมการ
๓.	นางสาวอรพรรณ พรหมใจ	กรรมการ
๔.	นางพิไลวรรณ จันตะตา	กรรมการ
๕.	นางสาววันเพ็ญ ดวงมาราช	กรรมการ
๖.	นางสุรีย์พร กิตติพิทยาพงศ์	กรรมการ
๗.	นางประไพศรี ทองแจ่ม	กรรมการ
๘.	นางสาวพิมลสิริ แสงสุวรรณ	กรรมการ
๙.	นางวิไล เจริญอรุณวัฒนา	กรรมการ
๑๐.	นางณฤทัย จินวงศ์	กรรมการ
๑๑.	นางรัตนา ศรีวิชัย	กรรมการ
๑๒.	นางสาวพรสวรรค์ ดวงจันทร์	กรรมการ
๑๓.	นางสาวรัชนีรณา ชัยน	กรรมการ
๑๔.	นางสาวกมลวรรณ เต้จ๊ะ	กรรมการ
๑๕.	นางทิฆัมพร ศรีรินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๑๖.	นางสาวอัมภา สันทราย	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : รับลงทะเบียน จัดทำแฟ้มลงทะเบียน ที่ประกอบด้วยบัญชีรายชื่อของผู้เข้าร่วมประชุม รายชื่อและประวัติของวิทยากร ป้ายชื่อผู้ลงทะเบียน ตลอดจนอำนวยความสะดวก แก่ผู้ลงทะเบียน

๑๐. คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

๑.	หัวหน้างานคลังและพัสดุ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้างานคลังและพัสดุ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	รองประธานกรรมการ
๓.	หัวหน้างานคลังและพัสดุ คณะผลิตกรรมการเกษตร	รองประธานกรรมการ
๔.	นางสาวอรพรรณ พรหมใจ	กรรมการ
๕.	นางจารุภา อินทะนัด	กรรมการ
๖.	นางธารารัตน์ เชื้อวิโรจน์	กรรมการ

๓. นางอัมพร	มาลา	กรรมการ
๔. นางพิกุล	นิลवास	กรรมการ
๕. นางบัวลอย	ชยัน	กรรมการ
๑๐. นางกรรณิการ์	มินิสัย	กรรมการ
๑๑. นางสาวอัมภา	สันทราย	กรรมการ
๑๒. นายวรวิทย์	ทรงคำ	กรรมการ
๑๓. นางสาวเกศณี	จิตรรัตน์	กรรมการและเลขานุการ
๑๔. นางสาวสนธยา	ชงงาม	ผู้ช่วยเลขานุการ

- หน้าที่ : ๑. ออกใบเสร็จรับเงินให้แก่ผู้ลงทะเบียนประชุม จัดทำบัญชีรายรับ รายจ่าย ทำการเบิกจ่าย
ค่าใช้จ่ายในการจัดประชุม ติดตาม ทวงถามหลักฐานใบสำคัญจากฝ่ายต่าง ๆ ตลอดจน
การประสานงานกับฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
๒. กำกับ ดูแลงบประมาณในการดำเนินงาน อำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายงบประมาณ
ในการดำเนินงานของฝ่ายต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์

๑๑. คณะกรรมการฝ่ายเอกสารการพิมพ์

๑. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย ประธานกรรมการ	
๒. รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	รองประธานกรรมการ
ฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพการศึกษา	
๓. รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	รองประธานกรรมการ
ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	
๔. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ	กรรมการ
๕. อาจารย์ ดร.ประนอม	ยังคำมั่น
	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร แสงยศ	กรรมการ
๗. นางสาวรังสิมา	อัมพวัน
	กรรมการ
๘. นางทิพย์สุดา	ปุกมณี
	กรรมการ
๙. นางจิรนนท์	เสนาหาญ
	กรรมการ
๑๐. นายภาณุลักษณ์	ศรีรินทร์
	กรรมการ
๑๑. นายปริญญา	เพียรสุดส่าห์
	กรรมการ
๑๒. นางประไพศรี	ทองแจ้ง
	กรรมการ
๑๓. นางสาวอัมภา	สันทราย
	กรรมการ
๑๔. นางสาวรัญรณา	ชยัน
	กรรมการ
๑๕. นางสาวพลอยรดา	ตาดีโน
	กรรมการ

- | | |
|--|---------------------|
| ๑๖. หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๗. นางสาวดิษวรรณ สุทัศน์สันติ | ผู้ช่วยเลขานุการ |

หน้าที่ : ๑. จัดเตรียมเอกสารประกอบการประชุม บันทึกลงและถอดเทป จัดทำรายงานผลการประชุม โดยทำการประสานงานกับคณะกรรมการฝ่ายวิชาการในสาขาต่าง ๆ
๒. รวบรวมและจัดพิมพ์รายงานการประชุม (Proceedings)
๓. จัดทำเอกสารวิชาการประกอบการประชุมและบทความย่อ
๔. ดำเนินงานด้านเอกสารการพิมพ์อื่น ๆ ซึ่งไม่อยู่ในหน้าที่ของคณะกรรมการฝ่ายใด ๆ

๑๒. คณะกรรมการฝ่ายจัดหาของที่ระลึก

- | | |
|---|---------------------|
| ๑. เลขานุการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | ประธานกรรมการ |
| ๒. หัวหน้าฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์กรรมพืชและสัตว์
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | กรรมการ |
| ๓. ว่าที่ร้อยตรีสมบุญ ระดม | กรรมการ |
| ๔. นางภัทสรพัฒน์ ศรีวิชัย | กรรมการ |
| ๕. นางสาวบัวลอย ชี้น | กรรมการ |
| ๖. นางมารยาท เศรษฐี | กรรมการ |
| ๗. นางชัชฌิมพร ศรีรินทร์ | กรรมการ |
| ๘. นางสาวอัมภา สันทราย | กรรมการ |
| ๙. หัวหน้างานนโยบายแผนและประกันคุณภาพ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๐. นายณัฐวุฒิ เครือฟู | ผู้ช่วยเลขานุการ |

หน้าที่: จัดเตรียมของที่ระลึกสำหรับประธานที่ประชุมและวิทยากร แพ้หรือกระเป๋าสำหรับใส่เอกสารการประชุม

๑๓. คณะกรรมการฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์

- | | |
|--|---------------|
| ๑. รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริหาร | ประธานกรรมการ |
| ๒. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นครเรศ รังควัต | กรรมการ |
| ๓. อาจารย์ ดร.ปิยะ พลະปัญญา | กรรมการ |
| ๔. นายวีระวัฒน์ พึ่งเย็น | กรรมการ |
| ๕. นายประเสริฐ ประสงค์ผล | กรรมการ |
| ๖. นายประวิทย์ วิมานทอง | กรรมการ |

๗. นายอาทิตย์...

๓๗. นายอาทิตย์	แก้วถาวร	กรรมการ
๓๘. นายปริญญา	เพ็ญอรุณสำห	กรรมการ
๓๙. นางสาวกรรช	เจริญทรัพย์	กรรมการ
๔๐. นายนรภัทร	นวนดวง	กรรมการ
๔๑. นายจุมพล	ศรีอุดมสุวรรณ	กรรมการ
๔๒. นายภาณุลักษณ์	ศรีรินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๔๓. นางสาวจิตาภา	สร้อยโพธิคุณ	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่: จัดเตรียมเครื่องโสตทัศนูปกรณ์ที่ต้องใช้ในการประชุม ทำการบันทึกเสียง ภาพสี ภาพนิ่ง ตลอดจนภาพวีดิทัศน์ในช่วงเวลาที่มีการประชุม ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการบรรยายแก่วิทยากร และถ่ายทอดสด จัดเตรียมข้อมูลของผู้อภิปราย เสวนา และผู้นำเสนอผลงาน

๑๔. คณะกรรมการฝ่ายสถานที่

๑. หัวหน้าฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธูกรรมพีชและสัตว์		ประธานกรรมการ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		
๒. อาจารย์จักรพงษ์	ไชยวงศ์	กรรมการ
๓. นายสุฤทธิ	สมบูรณ์ชัย	กรรมการ
๔. นายเกษม	สมบัติ	กรรมการ
๕. นายไพศาล	โพธินาม	กรรมการ
๖. นายเสกสรร	สงจันท์ก	กรรมการ
๗. นายอดิศักดิ์	การพึงตน	กรรมการ
๘. นายนิคม	สุทธา	กรรมการ
๙. นายไกรธี	มณีฝัน	กรรมการ
๑๐. นายภูวนาถ	ทันใด	กรรมการ
๑๑. นางวณิชยา	เต้จ๊ะ	กรรมการ
๑๒. นายประสิทธิ์	ใจคำ	กรรมการ
๑๓. นายเกษตร	แสนवासน์	กรรมการ
๑๔. นายนิธย์	มงคลสวัสดิ์	กรรมการ
๑๕. นายบุญรัตน์	ยิ่งโยชน์	กรรมการ
๑๖. นายไมตรี	วงศ์สถาน	กรรมการ
๑๗. นายศุภจักร์	จีเรือน	กรรมการ

๑๘. นายทนน	สุวรรณ	กรรมการ
๑๙. นายพิษณุพงษ์	มหาไม้	กรรมการ
๒๐. นายวัชรพล	ทาเปี้ยว	กรรมการ
๒๑. นายจุมพล	ศรีอุดมสุวรรณ	กรรมการ
๒๒. ว่าที่ร้อยตรีสมบูรณ์	ระดม	กรรมการ
๒๓. นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	กรรมการและเลขานุการ
๒๔. นางสาวพรสวรรค์	ดวงจันทร์	ผู้ช่วยเลขานุการ

- หน้าที่ ๑. จัดและดูแลความพร้อมในการจัดเตรียมบริเวณโดยรอบสถานที่จัดประชุม ห้องประชุม โต๊ะประชุม โต๊ะลงทะเบียน และสถานที่รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม ระหว่างประชุม จัดหาและติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมกับอำนวยความสะดวกในการประชุมรวมทั้งในระหว่างพิธีเปิดและปิดการประชุม
๒. จัดเตรียมบอร์ดสำหรับนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ และ/หรือ เต็มที่สำหรับการจัดนิทรรศการองค์ความรู้

๑๕. คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล

๑. หัวหน้าฝ่ายยุทธศาสตร์และประสานงานวิจัย		ประธานกรรมการ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		
๒. นางณัฐกานต์	มุกดาจตุรพักตร์	กรรมการ
๓. นายเทพพิทักษ์	บุญทา	กรรมการ
๔. นางสาวรังสิมา	อัมพวัน	กรรมการ
๕. นางสาววัชรินทร์	จันทร์วรรณ	กรรมการ
๖. นางสาวสุนทรี	ทับทิมทอง	กรรมการ
๗. นางสาวดิษวรรณ	สุทัศน์สันติ	กรรมการ
๘. นางสาวพลอยรดา	ดาดีโน	กรรมการ
๙. นางทิพย์สุดา	ปุกมณี	กรรมการและเลขานุการ
๑๐. นางปณกานต์	ภูเอี่ยม	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : จัดทำแบบประเมินผล แจกและรวบรวมประเมินผลการประชุมวิชาการ

๑๖. คณะกรรมการฝ่ายที่พัก

๑. หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี	ประธานกรรมการ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	

๒. นางสาวดิษวรรณ...

๒.	นางสาวดิษวรรณ	สุทัศน์สันติ	กรรมการ
๓.	นางอัจฉรา	เสาวฤทธิ์	กรรมการ
๔.	นายประสิทธิ์	ใจคำ	กรรมการ
๕.	นางพิณทอง	ตันอุต	กรรมการ
๖.	นางวัลลภา	บุญกำ	กรรมการ
๗.	นางสาวอัมภา	สันทราย	กรรมการและเลขานุการ
๘.	นางประไพศรี	ทองแจ้ง	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่: ประสานงานกับโรงแรมเพื่อจัดหาสถานที่พัก เพื่อบริการให้กับผู้เข้าร่วมประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายต้อนรับ ฝ่ายเลขานุการ และฝ่ายยานพาหนะ

๑๗. คณะกรรมการฝ่ายจัดเลี้ยงอาหารและเครื่องดื่ม

๑.	เลขานุการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒.	นางสาวจิราพร	มอญเลิศ	กรรมการ
๓.	นางสาวศิรินยา	อันแก้ว	กรรมการ
๔.	นางวัลลภา	บุญกำ	กรรมการ
๕.	นางอุทิศ	ใจลักเสริญ	กรรมการ
๖.	นางพิณทอง	ตันอุต	กรรมการ
๗.	นางวณิชยา	เต้จ๊ะ	กรรมการ
๘.	นางเดือนสว่าง	ดวงบาล	กรรมการ
๙.	นางพินธรา	สำราญสกุล	กรรมการ
๑๐.	นางสายบัว	เต้จ๊ะ	กรรมการ
๑๑.	นางสาวบัวลอย	ธิยัน	กรรมการและเลขานุการ
๑๒.	นายณัฐวุฒิ	เครือฟู	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่: จัดเตรียมอาหารและเครื่องดื่มสำหรับประธาน วิทยากร ผู้ร่วมเป็นเกียรติ และผู้เข้าร่วมประชุม ระหว่างการประชุม

๑๘. คณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ

๑.	เลขานุการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร		ประธานกรรมการ
๒.	หัวหน้าสำนักงานคณบดี		กรรมการ
	คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ		
๓.	เลขานุการคณะผลิตกรรมการเกษตร		กรรมการ

๔. นายยุทธนา...

๔. นายยุทธนา	ชำนาญ	กรรมการ
๕. นางจรรยา	อินทะนัด	กรรมการ
๖. นายนิคม	วงศ์นันทา	กรรมการและเลขานุการ
๗. นางมารยาท	เศรษฐี	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ : วางแผนการใช้นานพาหนะที่มีอยู่ให้เกิดความคล่องตัวในการจัดประชุม ตลอดจนทำการ
จัดสรรยานพาหนะเพื่อรับ - ส่ง ประธาน วิทยากร รวมทั้งผู้เข้าร่วมประชุมโดยประสานงานกับ
ฝ่ายต้อนรับ ฝ่ายที่พัก และฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่างานประชุมวิชาการจะแล้วเสร็จ

สั่ง ณ วันที่ ๒๐ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๑



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้





ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ

ตามที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กำหนดให้มีการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๑ ขึ้นในระหว่างวันที่ ๑๑ - ๑๓ ธันวาคม ๒๕๖๑ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัย องค์ความรู้ต่าง ๆ และเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการศึกษาวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการวิจัย อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติในครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินผลงานทางวิชาการ เพื่อพิจารณาและประเมินผลงานทางวิชาการ ที่นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี ๒๕๖๑ ดังนี้

- | | |
|---|------------------|
| ๑. ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ | ปัญญาวัฒน์ |
| ๒. ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ | เกียรติศิริโรจน์ |
| ๓. ศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ | วิบูลย์พงศ์ |
| ๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ | อินทร์คัมพร |
| ๕. รองศาสตราจารย์ ดร.เริงชัย | ต้นสุชาติ |
| ๖. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล | เศรษฐบุต |
| ๗. รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจพรรณ | เอกะสิงห์ |
| ๘. รองศาสตราจารย์ ดร.อัฉรรา | เพ็งหนู |
| ๙. รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี | แก้วภิรมย์ |
| ๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ | ชมภูคำ |
| ๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย | พุทธกุล |
| ๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย | องค์ประเสริฐ |
| ๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.จงกลปตินทร์ | แสงอสาทวีริยะ |
| ๑๔. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นคเรศ | รังควัด |
| ๑๕. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ | พวงงามชื่น |
| ๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรบุช | เจริญกิจ |

๑๗. รองศาสตราจารย์...

๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร
๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์
๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.วศิน
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ
๒๖. รองศาสตราจารย์นงลักษณ์
๒๗. รองศาสตราจารย์รังสรรค์
๒๘. รองศาสตราจารย์ถนอม
๒๙. รองศาสตราจารย์มธุรส
๓๐. รองศาสตราจารย์พัฒนาพงศ์
๓๑. รองศาสตราจารย์บัณฑิต
๓๒. รองศาสตราจารย์จักรพงษ์
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเพ็ญ
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษบา
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพธนา
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุมิสรณ์
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ภาส
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หัตพงษ์
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกุล
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทริกา

- บุญมาก
ศรีเงินยวง
คงดี อัลเดรด
ถิรบุญยานนท์
เจริญทัศน์ธนกุล
วัฒน์ชะวีระกุล
หวังเจริญ
แดงปรก
จตุรงค์ล้ำเลิศ
สุพรรณไชยมาตย์
จันดี๊ะ
คลอดเพ็ง
สว่างบำรุง
เทียนชัย
หิรัญสฤติย์พร
พิมพ์พิมล
งามสมสุข
สุระวัง
อาหารกิจวัฒน์
ณ พิกุล
สิทธิการ
เขาสุเมรุ
เครือคำ
ศักดิ์คะทัศน์
สาครวาลี
สุทธิกุลบุตร
สังพาลี
อินทสาร
อริโรธนานนท์
ตุลาสมบัติ
มณีพันธ์

๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิยะดา	ชัยเวช
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชनिया	บังเมฆ
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา	ศรีนฤวรรณ
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญ์พัสวีย์	กลุ่มมณฑลเจริญ
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ	สัมฤทธิ์สกุล
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภัสสร	วรรณสถิตย์
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชญา	แวนแก้ว
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร	ศิริสัญญาลักษณ์
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์	ชายทวีป
๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษณา	สัมมานิติ
๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา	เสถียรพิระกุล
๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกศสุดา	สิทธิสันติกุล
๖๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์	สุภาพันธุ์
๖๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รภัทสรณ์	คงธนจารุอนันต์
๖๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	สิงหะวาระ
๖๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา	พันธุ์มณี
๖๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช	พลวงษ์ศรี
๖๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย	มณีชูเกตุ
๖๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัศวินทร์	อินทนิเวศน์
๖๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์	ไพศาลสุทธิชล
๖๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร	แสงศรีจันทร์
๖๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนิห	สิทธิ
๗๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน	ชินบาล
๗๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	วงศ์พุทธิสิน
๗๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา	คล้ายเรือง
๗๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัตน์	นาคสิทธิพันธุ์
๗๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนรรฆอร	ศรีไสยเพชร
๗๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติพรรณ	นิมสุข
๗๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรวดี	วงศ์มณีรุ่ง
๗๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา	วงศ์แสนใหม่
๗๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช	เนียมทรัพย์

๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี	อินธนู
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ	แช่เล่า
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัชชา	เครือฟู
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา	ภูมิสุททาผล
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา	ตาแม่กั้ง
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย	เสถียรพีระกุล
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง	พงษ์เจริญกิต
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชอทิพา	สกุลสิงหาโรจน์
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิราภรณ์	ชื่นบาล
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ	ลาน้ำเทียง
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา	คงจรรยา
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร	อมรเลิศพิศาล
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฐ์	วงศ์ศิริอำนวย
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร	ปัญญาใหญ่
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์	กาญจนประโชติ
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินันท์	รัตนพรหม
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์	นิทัศน์วิจิตร
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์	นภัลล่อ
๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพรทิพย์	คำดี
๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งกานต์	ใจวงศ์ยะ
๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ตรีญา	มูลชัย
๑๐๐. อาจารย์ ดร.นิกร	มหาวัน
๑๐๑. อาจารย์ ดร.พันธุ์ระวี	กอบบุญเทียม
๑๐๒. อาจารย์ ดร.วุฒิกานต์	ประพรหม
๑๐๓. อาจารย์ ดร.วิทยา	ดวงธิมา
๑๐๔. อาจารย์ ดร.พิชญลักษณ์	พิชญกุล
๑๐๕. อาจารย์ ดร.รจพรรณ	นิรัญศิลป์
๑๐๖. อาจารย์ ดร.ชูชาติ	สันทรทรัพย์
๑๐๗. อาจารย์ ดร.ธีรนันท์	นงค์นวล
๑๐๘. อาจารย์ ดร.พรพันธ์	ภู่อ้อมพันธุ์
๑๐๙. อาจารย์ ดร.นเรศ	ศิริเกษร

๑๑๐. อาจารย์ ดร.จุฑามาศ	พิลาดี
๑๑๑. อาจารย์ ดร.ชินพันธ์	ธนารุจ
๑๑๒. อาจารย์ ดร.เทิดศักดิ์	โพนลักษณ์
๑๑๓. อาจารย์ ดร.วาริน	สุหนต์
๑๑๔. อาจารย์ ดร.วินัย	วิริยะอลงกรณ์
๑๑๕. อาจารย์ ดร.वासนา	วิรุญรัตน์
๑๑๖. อาจารย์ ดร.จิรายุ	หาญตระกูล
๑๑๗. อาจารย์ ดร.นทีทิพย์	สรรพตานนท์
๑๑๘. อาจารย์ ดร.อรุณี	ยศบุตร
๑๑๙. อาจารย์ ดร.น้ำฝน	รักประยูร
๑๒๐. อาจารย์ ดร.วราภรณ์	ดวงแสง
๑๒๑. อาจารย์ ดร.พินนภา	หมวกยอด
๑๒๒. อาจารย์ ดร.เมธี	เมธาสีทิ สุขสำเร็จ
๑๒๓. อาจารย์ ดร.เมธี	วงศ์วิระพันธุ์
๑๒๔. อาจารย์ ดร.ปิยะพันธุ์	นันทา
๑๒๕. อาจารย์ ดร.กীরติ	ตระการศิริวานิช
๑๒๖. อาจารย์ นาวาตรีหญิง ดร.อุดมลักษณ์	ธรรมปัญญา
๑๒๗. อาจารย์ ดร.สายรุ้ง	เมืองพิล
๑๒๘. อาจารย์ ดร.กิตติคุณ	พระกระจ่าง
๑๒๙. อาจารย์ ดร.กীরติญา	จันทร์ผง
๑๓๐. อาจารย์ ดร.มยุรา	ศรีกัลยานุกุล
๑๓๑. อาจารย์ ดร.สมคิด	ดีจริง
๑๓๒. อาจารย์ ดร.มุจลินทร์	ผลจันทร์
๑๓๓. อาจารย์ ดร.ธีรพล	ชูระกิจเสรี
๑๓๔. อาจารย์ ดร.จุฑามาศ	มณีวงศ์
๑๓๕. อาจารย์ ดร.ธวัชมน์	สร้อยทอง
๑๓๖. อาจารย์ ดร.โชคชัย	ยาทองไชย
๑๓๗. อาจารย์ ดร.สุรศักดิ์	กุยมาลี
๑๓๘. อาจารย์ ดร.ศักดิ์นันท์	นันทัง
๑๓๙. อาจารย์ ดร.ปวีณ	เชื่อนแก้ว
๑๔๐. อาจารย์ พร.พาสน์	ปราโมกข์ชน

๑๔๑. อาจารย์ ดร.บุรุษกร	นันทติลภ
๑๔๒. อาจารย์ ดร.สุภาพร	ดาวทอง
๑๔๓. อาจารย์ ดร.สุรียพร	สราภิรมย์
๑๔๔. อาจารย์ ดร.เอกวิทย์	ตรีเนตร
๑๔๕. อาจารย์ ดร.นลิน	วงศ์ชัตติยะ
๑๔๖. อาจารย์ ดร.รัฐพร	จันทร์เดช
๑๔๗. อาจารย์ ดร.ปารวี	กาญจนประโชติ
๑๔๘. อาจารย์ ดร.มธุรส	ชัยหาญ
๑๔๙. อาจารย์ ดร.ปิยธิดา	กล้าภู
๑๕๐. อาจารย์ ดร.อุทุมพร	กันแก้ว
๑๕๑. อาจารย์ ดร.พิชามญช์	ลิ้มเจริญชาติ
๑๕๒. อาจารย์ ดร.อนุกุล	บุญเลิศ
๑๕๓. อาจารย์ ดร.สุดาพร	ตงศิริ
๑๕๔. อาจารย์ ดร.นภัสต์	จันทร์มี
๑๕๕. อาจารย์ ดร.วชิระ	ชุ่มมงคล
๑๕๖. อาจารย์ ดร.กนกวรรณ	ตาลดี
๑๕๗. อาจารย์ ดร.ธีระพล	เสนพันธุ์
๑๕๘. อาจารย์ ดร.ศิโรตม์	บุญราตรี
๑๕๙. อาจารย์ ดร.ปัทมา	หาญนอก
๑๖๐. อาจารย์วินัย	แสงแก้ว
๑๖๑. อาจารย์จักรพงษ์	ไชยวงศ์
๑๖๒. อาจารย์รัชนีดา	ศิริ พิทักษ์กิจนุกร
๑๖๓. อาจารย์ภาณุวัฒน์	เมษะ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่างานจะแล้วเสร็จ

ประกาศ ณ วันที่ ๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๑

- ๐, ๓๓

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561

ฝ่ายเอกสารการพิมพ์

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย	ประธานกรรมการ
รองคณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ	รองประธานกรรมการ
ฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพการศึกษา	
รองคณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	รองประธานกรรมการ
ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	
รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ประนอม ยิ่งคำมั่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร แสงยศ	กรรมการ
นางสาวรังสีมา อัมพวัน	กรรมการ
นางทิพย์สุดา ปุกมณี	กรรมการ
นางจิรนนท์ เสนานาญ	กรรมการ
นายภานุลักษณ์ ศรีรินทร์	กรรมการ
นายปริญญา เพ็ชรอุตสาห์	กรรมการ
นางประไพศรี ทองแจ้	กรรมการ
นางสาวอัมภา สันทราย	กรรมการ
นางสาวรัฐรณดา ขยัน	กรรมการ
นางสาวพลอยรดา ตาดีโน	กรรมการ
หัวหน้าฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี	กรรมการและเลขานุการ
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร	
นางสาวดิษวรรณ สุทัศน์สันติ	ผู้ช่วยเลขานุการ

.....





งานเกษตรแม่โจ้ 85 ปี ภูมิปัญญาแห่งการเกษตร
85th Anniversary of Maejo University: The Wisdom of Agriculture
8-16 ธันวาคม 2561

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0 5387 3411 โทรสาร 0 5387 3418
E-mail: res_conference@mju.ac.th www.conference.mju.ac.th