



วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 / ธันวาคม 2563

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Vol. 17 No. 2 / DECEMBER 2020

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University

ISSN 1685-8379

วารสารเกษตรพระวรุณ
PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และผู้สนใจ ในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ในมหาวิทยาลัย วิทยาลัย และองค์กรทางการเกษตรทั้งภาครัฐและเอกชน
2. เป็นเวทีทางวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และวิทยาการทางด้านการเกษตรระหว่างนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้รู้อื่นๆ
3. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาอาชีพเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

เรื่องที่ลงตีพิมพ์

ได้แก่ บทความวิชาการจากการรายงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นประโยชน์ต่อวงการเกษตรที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน โดยทุกเรื่องที่ได้ตีพิมพ์ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอก

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุต ถึงนาค	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต บุญทองเถิง	รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.รภัสสา จันทาศรี	คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
-----------------------------------	---------------------------

กองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่นอกมหาวิทยาลัยต่างประเทศ

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs | University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany |
| 1.2 Prof. Dr. Kishio Hatai | Laboratory of Fish Diseases, Nippon Veterinary and Life Science University, Japan |
| 1.3 Prof. Dr. ir. Anton Beynen | Vobra Special Pet Foods, Veghel, The Netherlands |

2. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยอื่นในประเทศไทย

2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.2 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชคตระการ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2.3 รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2.4 รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลกศ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีย์ชน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เยื้องกลาง	คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เขาว์เครือ	คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียรสุวรรณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2.12 อาจารย์ ดร.วุฒิ รัตนวิชัย	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

3.1 รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ คำผา	3.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ บุตรศาสตร์
3.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์	3.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหล็กไหล จันทะบุตร
3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	3.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย โคตรตก
3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พัวไพบูลย์	3.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์
3.5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ	3.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เวชกามา
3.6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช	

ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ อาจารย์อุดร จิตจักร และ นายธรรมชาติ แสงนิล

ฝ่ายจัดการ อาจารย์ ดร.กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย และ นางสาวชยาภย์ ฤทธาพรหม

ฝ่ายศิลปกรรม อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

ภาพปก อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

ผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) ตรวจสอบทางวิชาการประจำฉบับ

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรมาส เลาหวณิช

รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพงษ์ พลพวก

รองศาสตราจารย์ ดร.รุจ ศิริสัญลักษณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วาริน อินทนา

รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ คำผา

รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ จันทธีระติกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.สมักร สุจริต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา มิชะมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา คำสมบัติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินานาถย์ ไกรนารถ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ ศิริงาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมรัตน์ แก้วมณี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล แสนพันธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติพงษ์ ส่งศรีโรจน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพร รอดอาวุธ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชริน ส่งศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤชอร วรรณะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัญญู แก้วดวงตา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เตือนใจ ศิริพาหนะกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เวชกามา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พจน์ศิริรินทร์ ลิ้มปิ่นนัท

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศยามน ปรียาจารย์

อาจารย์ ดร.สุเมธ เพี้ยยุระ

ดร.จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะเทคนิคการสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตปัตตานี

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
โทรศัพท์ 0-4372-5439

กำหนดเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ
ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) บทความละ 2 ท่าน
2. กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

เว็บไซต์วารสารเกษตรพระวรุณ <http://paj.rmu.ac.th>

อีเมลล์ prawarun.j@rmu.ac.th

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL



ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2563

VOL. 17 NO. 2 JULY – DECEMBER 2020

ISSN 1685-8379

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Article)

- การพัฒนาสารเชื่อมประสานสำหรับผลิตอาหารไก่ดำอัดเม็ด171
พัชราภรณ์ อินริราย และ ธวัชรัตน์ สัมฤทธิ์
The Development of Binder for Feed Pelletizing of Black Chicken
Patcharaporn Inrirai and Thawanrat Sumrit
- การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น183
สามารถ บุญอาจ และ สุธรรม ดวนสันเทียะ
Design and Development of Cassava Stem Soaking Machine
Smart Bun-art and Sutham Duansanthia
- สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะความกรอบของมะละกอบริโภคผลดิบ197
รภัฏสา จันทาศรี
Combining Ability for Crispy Flesh in Green Consumption Papaya
Rapatsa Janthasri

- ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมปริมาณซิลิคอนกับการให้ผลผลิตของข้าว209
 สำราญ พิมราช, เหล็กไหล จันทะบุตร, พรพิชญ ธรรมปัทม์ และ สุนันท์ บุตรศาสตร์
 Relationship between Silicon Accumulation and Yield Production of Rice
 Sumran Pimratch, Leklai Chantabut, Pornpisanu Thammapat and Sunan Butsat
- ผลของสารสกัดหยาบจากใบผักการอง (*Lantana camara* Linn.) ในการเป็นสารฆ่า223
 สารยับยั้งการวางไข่ และสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรูลูกหลานของด้วงถั่วเขียว
 (*Callosobruchus maculatus* (F.))
 ณัฐพงศ์ เมธิ์ธีรังสรรค์
 Effect of Leaves Crude Extract from Hedge Flower (*Lantana camara* Linn.) as
 the Insecticidal Activity, Oviposition Deterrent and Progeny Deterrent on
 Cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus* (F.))
 Nathapong Matintarangson
- ประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมไรสองจุด *Tetranychus urticae*235
 (Trombidiformes: Tetranychidae)
 จักรพงษ์ สุภาวรรณ, กรวิวัฒน์ อรรถโสภะ, ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์, พิธิษฐ์ พูลประเสริฐ,
 กุลชา ชยรพ, ณัฐดนัย ลิขิตตระกูล และ ฉัตรสุดา เพือกใจแผ้ว
 Efficacy of Entomopathogenic Fungi Against Two-spotted Spider Mite,
Tetranychus urticae (Trombidiformes: Tetranychidae)
 Jakarpong Supawan, Korrawat Attasopa, Piyawan Suttiaprapan, Pisit Poolprasert,
 Kullacha Chayarop, Natdanai Likhitrakarn and Chatsuda Phuakjaiphaeo
- ความหลากหลายทางพันธุกรรมของแมลงสกุล *Hemerodromia* (Diptera: Empididae)247
 ในจังหวัดเลย
 ล้น นามตะคุ
 Genetic Diversity of *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) in Loei Province
 San Namtaku

- การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์ในแป้งขนมขอม่วง261
 ปภากร ศรีสอน, พัทนี บุญธกานนท์, อนงค์นาฏ โสภณางกูร และ ญานิกร อีระภัทรพลชัย
 Substitution of Rice Flour with Pregelatinized Hom Nin Rice Flour in
 Batter of Kanom Chomuang
*Paphakorn Srisorn, Patchanee Boontaganon, Anongnat Sopanangkul and
 Yatipakorn Terapatponchai*
- การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง273
 เพียรพรรณ สุภาโคตร, ศิวพร แซ่เล้า และ อรรพรรณ ใบศิลา
 Replacement of Wheat Flour with Red Jasmine Brown Rice Flour in Bread Product
Pianpan Supakot, Siwaporn Saelao and Orlawan Bisila
- การศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัฟฟินไรซ์เบอร์รี่โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์289
 ศนันธร พิชัย และ ญาณิศา โพธิ์รัตนโส
 A Study on Shelf-life Storage of Riceberry Muffin Product by Using Hydrocolloid
Sananthorn Pichai and Yanisa Poratso
- การพัฒนากระบวนสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร299
 จารุกิตต์ สายสิงห์
 The Development of Agriculture Products Support and Management System
Jarukitt Saiysing
- การศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้ของผู้บริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง (คออ่อนศรีวิชัย)311
 จีรวิพรรณ จันทร์คง, ณปภัช ช่วยชูหนู และ ศรัณณภัสร์ รักศีล
 Consumers Satisfaction and Perception of Thai Native Chicken
 (Srivijaya Naked-Neck) Meat
Jareewan Chankong, Napapach Chuaychu-noo and Saranyaphat Rakseen
- แนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว323
 บ้านดงยาง อำเภोजังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด
 มัตติกา สวงษ์นาม และ ไกรเลิศ ทวีกุล
 Development Guidelines of Ban Dong Yang Paddy Field Community Enterprise
 for Rice Extension Seed, Changan District, Roi Et Province
Mattika Sawongnam and Krailert Taweekul

- ลักษณะทางสังคมิเวศที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา333
ในจังหวัดกาฬสินธุ์

จรรยา ลัตตานุสรณ์, ไชยธีระ พันธุ์ภักดี และ สุกัลยา เชิญขวัญ

Social-ecological Characteristics Influence the Pesticide application Behaviors of
Jujube Farmers in Kalasin Province

Janya Sattanusorn, Chaiteera Panpakdee and Sukanlaya Choenkwan

การพัฒนาสารเชื่อมประสานสำหรับผลิตอาหารไก่ดำอัดเม็ด

พัชรภรณ์ อินริราย และธวัชรินทร์ สัมฤทธิ์*

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมืองพิษณุโลก
จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเชื่อมประสานสำหรับการอัดเม็ดอาหารไก่ดำ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ดำอัดเม็ด โดยอาหารไก่ดำอัดเม็ดใช้สารเชื่อมประสานที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า ผสมกับส่วนผสมของอาหารไก่ดำอัดเม็ดสูตรโปรตีนร้อยละ 16 จำนวน 12 สูตร การทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียลภายใต้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (factorial experiments in CRD) ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่ผลิตโดยอัตราส่วนอาหารไก่ดำกับสารเชื่อมประสานที่ต่างกันให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าอัตราส่วน 2:3 ให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 78.83 ด้านค่าสีพบว่าชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันมีค่า L^* และค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และค่า b^* แป้งข้าวเจ้าอัตราส่วน 1:1 มีค่ามากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 14.59 ($p < 0.01$) ในขณะเดียวกันการใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกันส่งผลให้ค่าแรงกดสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การเลือกใช้สารเชื่อมประสานกับส่วนผสมอาหารไก่ดำด้วยแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 2:3 จะให้ค่าแรงกดสูงสุคน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 19.24 กิโลกรัมแรงกด รองลงมาคือการใช้แป้งข้าวเจ้าอัตราส่วน 2:3 มีค่าแรงกดสูงสุคน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.08 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยความแข็งแรงของเม็ดอาหารน้อย จะส่งผลต่อธรรมชาติการกินของไก่ นอกจากนี้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนผสมต่างก็มีค่าความชื้นสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การใช้แป้งข้าวโพดอัตราส่วน 2:3 มีค่าความชื้นสุดท้ายมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.11 แต่อัตราส่วนอื่นมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงเดียวกัน ดังนั้นหากมีการเลือกใช้สูตรอาหารไก่ดำอัดเม็ดโดยแป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำภูพานหรือไก่พื้นเมืองอื่นที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร โดยต้นทุนการผลิตดังกล่าว มีต้นทุนเฉลี่ยเพียง 16 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: อาหารไก่ดำ อัดเม็ด และ สารเชื่อมประสาน

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: thawanrat1212@hotmail.com

The Development of Binder for Feed Pelletizing of Black Chicken

Patcharaporn Inirai and Thawanrat Sumrit*

*Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok Province, 65000, Thailand*

Abstract

The objective of this research was studied the binder for feed pellet for black bone chicken and studied the physical properties of feed pellet that use 3 different binders, namely cassava powder, corn powder and rice powder, which were mixed with ingredients of 16% protein of feed pellet to 12 formulas. The experiment was designed by factorial experiment in CRD. The results showed that, the formula of feed pellet which was produced with different feed ratio and binders, that effected to yield, was significantly different ($p < 0.01$). Using 2:3 ratio of ingredients and rice powder obtained the highest yield as an average of 78.83%. For color values, it found that, L^* and a^* of feed pellet were not significantly different ($p > 0.05$) due to binder types and different ratio. For b^* value of 1:1 ratio of ingredients and rice powder had the highest value as an average of 14.59 ($p < 0.01$). At the same time, using different types of binder effected to the maximum compression force of the feed pellet that were significantly different ($p < 0.01$). For using ingredients with cassava powder of 2:3 ratio, the average maximum compression force was 19.24 kg, which the least value compared with other formulas. Followed by using ingredients with cassava power of 2:3 ratio, the average maximum compression force was 20.08 kg. The low value of feed pellet's hardness will have positive effect to feed intake of chicken. In addition, the moisture content of feed pellet in each formula was significantly different ($p < 0.01$) due to the different feed ratio and binders. For using ingredients with corn powder of 2:3 ratio, the feed pellet has the highest of average moisture content, was 8.11, but the moisture content of other formulas was same value range. Therefore, the feed pellet which made form ingredients with rice powder of 2:3 ratio, was suitable for using in the Phu Phan black bone chicken or native chicken farm that the farmer can reduce the food production cost. So, the production cost of this formula was only 16 bath per kilogram.

keywords: Feed of Black Chicken, Pelletizing and Binder

* Corresponding author: E-mail: thawanrat1212@hotmail.com

บทนำ

ไก่ดำภูพาน (Phu Phan Black bone Chicken) คือไก่พื้นเมืองชนิดหนึ่งที่รูปร่างสวยงาม มีสีดำทั้งตัว โดยมีต้นกำเนิดมาจากมอญโกเลีย ส่วนนอกของไก่ดำจะมีลักษณะแบบเดียวกับไก่ทั่วไป แต่มีสีดำทั้งตัว คือหนังสีดำ เนื้อสีดำ กระดูกสีดำ และเครื่องในสีดำ หลักการเลี้ยงไก่ดำเบื้องต้น คือการให้น้ำสะอาดตลอดทั้งวัน ร่วมกับการให้อาหารผสมทุกเช้า - เย็น เดิมอาหารไก่ดำที่ไก่สามารถหากินได้เอง เช่น ปลายข้าว รำข้าว ปลาป่น ข้าวโพดป่น ข้าวเปลือก กากถั่ว เป็นต้น แต่ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำนิยมให้หัวอาหารไก่สำเร็จรูปชนิดเม็ด เพื่อคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วน นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเวลาแก่ผู้เลี้ยงไก่ดำอีกด้วย

อาหารไก่ดำส่วนใหญ่มักใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูงหรืออื่นๆ เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ อาจผสมวิตามินเกลือแร่ต่างๆ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ด เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของอาหาร ทำให้ลดฝุ่น ลดการสูญเสียของอาหาร โดยในขั้นตอนการอัดเม็ดจำเป็นจะต้องเติมสารเชื่อมประสานของอาหารที่เหมาะสมและสัดส่วนที่เพียงพอที่จะทำให้อาหารอัดเม็ดมีความแน่นเนื้อคงตัวดี และมีเนื้อสัมผัสที่ทำให้อาหารไม่แข็งจนเกินไป หากอาหารมีลักษณะที่แข็งจนเกินไป อาจส่งผลถึงพฤติกรรมการกินของไก่ที่น้อยลงได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเชื่อมประสานสำหรับการอัดเม็ดอาหารไก่ดำ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างอาหารไก่ดำอัดเม็ด

สูตรของอาหารไก่ดำมีวัตถุดิบหลักคือ โปรตีน สารเชื่อมประสาน และมีการเติมเกลือแร่หรือวิตามินเพิ่มเติมเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และนำไปอัดเม็ด ข้อดีของอาหารอัดเม็ดจะดีกว่าอาหารผง เพราะสามารถควบคุมพฤติกรรมการเลือกกินของไก่ได้ และชนิดอัดเม็ดจะช่วยลดฝุ่นในอาหารได้อีกด้วย สูตรอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่ผู้วิจัยเลือกใช้ คือ สูตรโปรตีน ร้อยละ 16 สำหรับไก่ดำอายุ 8-32 สัปดาห์ (Tangtaweewipat *et al.* 2000) มีส่วนผสมได้แก่ รำละเอียด ร้อยละ 8.75 ปลายข้าว ร้อยละ 20.9 กากถั่วเหลือง ร้อยละ 7.20 ปลาป่น ร้อยละ 1.00 น้ำมันพืช ร้อยละ 1.00 เมทไทโอนีน ร้อยละ 0.1 เกลือ ร้อยละ 0.2 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.1 แคลเซียมฟอสเฟต ร้อยละ 0.4 และหินปูน ร้อยละ 0.4

2. การเตรียมสารเชื่อมประสานอาหารไก่ดำอัดเม็ด

การศึกษาสารเชื่อมประสาน เริ่มจากเตรียมตัวอย่างสารเชื่อมประสานจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า ซึ่งคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังทำมาจากหัวมันสำปะหลัง เป็นผงเนียนละเอียด เมื่อทำให้สุกจะมีความเหนียวหนืด และเมื่อพักให้เย็นจะมีความคงตัว ส่วนแป้งข้าวโพดเป็นแป้งที่สกัดมาจากเมล็ดข้าวโพด เมื่อทำให้สุกจะเป็นของเหลวใสมีความหนืดและคืนตัวง่าย แต่เมื่อเย็นตัวจะจับกันเป็นก้อนแข็ง และแป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวหรือปลายข้าว มีลักษณะเนื้ออ่อนนุ่ม เมื่อทำให้สุกจะมีความชุ่มชื้น และเมื่อเย็นตัวลงจะ

มีความคงตัวไม่เหนียวหนืด (Pinkvanilla 2012) ซึ่งแบ่งทั้ง 3 ชนิด มีความสำคัญต่อการขึ้นรูปเม็ดอาหารสัตว์คือคุณสมบัติการดูดซับน้ำและการเกิดเจลสามารถเชื่อมยึดระหว่างอนุภาคอาหารสัตว์อัดเม็ดได้ งานวิจัยนี้ทำการทดลองเตรียมสารเชื่อมประสานจากวัตถุดิบแป้ง โดยตวงน้ำเปล่าครึ่งละ 100 มิลลิลิตร และชั่งน้ำหนักแป้งแต่ละชนิดจำนวน 20 กรัม จากนั้นนำน้ำเปล่าและแป้งที่ตวงไว้ผสมให้เข้ากัน คนให้แป้งละลายไม่จับตัวเป็นก้อน ขั้นตอนต่อไปเติมน้ำ 200 มิลลิลิตร จนเดือด จากนั้นนำแป้งเทลงในหม้อขณะที่น้ำเดือด คนให้น้ำแป้งละลาย เคี่ยวจนน้ำแป้งเป็นสีใส แล้วเทออกจากหม้อ พักไว้ให้เย็น จากนั้นนำแป้งสารเชื่อมประสานไปผสมกับส่วนผสมอาหารไก่ดำ โดยมีการออกแบบการทดลองแบบ 3×4 factorial experiment in CRD ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของสารเชื่อมประสาน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสาน 4 แบบ คือ 1:1, 1:2, 1:3 และ 2:3 แสดงดัง Table 1 จำนวน 12 สูตร โดยแต่ละสูตรมีการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ เมื่อเตรียมตัวอย่างแต่ละสูตรนำตัวอย่างเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ต่อไป

3. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

ตัวอย่างอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่ได้จากการใช้สารเชื่อมประสานที่ต่างกัน ทั้งหมด 12 สูตร ทำการทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัสของอาหาร ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture profile analyzer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 หัวกดแบบ Stainless P/2 ลูกตุ้ม 5 กิโลกรัม ระยะห่างระหว่างฐานและตัวกด 10 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบค่าแรงกดสูงสุด

Table 1 The Proportion of Binders per the amount of Black Chicken Feed

Formula	Component (1000 g.)		
	Cassava powder : Ingredients	Corn powder : Ingredients	Rice powder : Ingredients
A 1	1:1		
A 2	1:2		
A 3	1:3		
A 4	2:3		
A 5		1:1	
A 6		1:2	
A 7		1:3	
A 8		2:3	
A 9			1:1
A 10			1:2
A 11			1:3
A 12			2:3

และการวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Spectrophotometer) รุ่น CR400 ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูล

4. การอบแห้งลดความชื้นของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

นำตัวอย่างอาหารไก่ดำอัดเม็ดทั้งหมด 12 สูตร มาอบแห้งเพื่อหาความชื้น โดยการนำตัวอย่างใส่ใน moisture can แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นสุดท้าย

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแต่ละสูตรทำการทดลอง จะวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เปรียบเทียบความ

แตกต่างด้วยวิธีการทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาร้อยละผลผลิตของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

ผลการศึกษาร้อยละผลผลิต (Table 2) จากการใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้า ให้ร้อยละผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานให้ผลผลิตมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 56.98 ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสานจากการวิจัยพบว่า การใช้ส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 ให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 53.87 ส่วนการใช้อัตราส่วน 1:3 ให้ผลผลิตน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 37.61 การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่กับสารเชื่อมประสาน จากการวิจัยพบว่า การใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่แตกต่างกันให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 ให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 78.83 แสดงดัง Fig.1 ส่วนการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:3 ให้ผลผลิตน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 21.13 แสดงดัง Fig.2

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

Table 2 Effect of Percentage of Yield and the ratio of black chicken feed with type of binder

Types of binders (A)	Percentage of Yield (B)				Mean (A)
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3	
Cassava powder	30.99 ^f	46.11 ^d	21.13 ^h	38.71 ^e	34.24 ^c
Corn powder	40.61 ^e	56.06 ^c	64.70 ^b	44.07 ^d	51.36 ^b
Rice powder	65.37 ^b	56.73 ^c	27.60 ^g	78.83 ^a	56.98 ^a
Mean (B)	45.65 ^b	52.97 ^a	37.61 ^c	53.87 ^a	
F-test	A = **		B = **		AB = **
C.V. (%)			3.73 %		

** = significantly different at $p < 0.01$

ns = non- significantly different at $p > 0.01$



Fig.1 Formula A 12



Fig.2 Formula A 1

ผลการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพด้านสี L* (Table 3) การใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า มีค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานมีค่า L* หรือความสว่างมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 50.81 ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสานจากการวิจัยพบว่า อัตราส่วน 1:2 มีแนวโน้มค่า L* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 50.43 ส่วนอัตราส่วน 1:1 มีค่า L* หรือความสว่างน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 49.43 การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่กับสารเชื่อมประสาน พบว่า การใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันมีค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:2 มีแนวโน้มค่า L* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 50.97 ส่วนการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:3 มีแนวโน้มค่า L* น้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 48.23

ผลการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพด้านสี a* (Table 4) การใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกัน มีค่า a* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าให้ค่า a* หรือมีแนวโน้มความเป็นสีแดงมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 3.71 ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสานจากการวิจัยพบว่า การใช้ส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีแนวโน้มค่า a* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ส่วนการใช้อัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มค่า a* น้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่กับสารเชื่อมประสาน จากการวิจัยพบว่า การใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันมีค่า a* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีแนวโน้มค่า a* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.79

ส่วนการใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มค่า a* น้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.14

Table 3 Effect of Color of L* and the ratio of black chicken feed with type of binder

Types of binders (A)	Color of L* (B)				Mean (A)
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3	
Cassava powder	48.52	49.16	48.23	50.13	49.01 ^b
Corn powder	49.20	51.17	50.59	49.80	50.19 ^{ab}
Rice powder	50.59	50.97	50.76	50.91	50.81 ^a
Mean (B)	49.43	50.43	49.86	50.28	
F-test	A = *		B = ns		AB = ns
C.V. (%)			2.81 %		

* = significantly different at $p < 0.05$

ns = non- significantly different at $p > 0.05$

Table 4 Effect of Color of a* and the ratio of black chicken feed with type of binder

Types of binders (A)	Color of a* (B)				Mean (A)
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3	
Cassava powder	3.50	3.66	3.26	3.60	3.50
Corn powder	3.14	3.47	3.65	3.72	3.49
Rice powder	3.49	3.76	3.82	3.79	3.71
Mean (B)	3.38	3.63	3.58	3.70	
F-test	A = ns		B = ns		AB = ns
C.V. (%)	7.14 %				

ns = non- significantly different at $p > 0.05$

Table 5 Effect of Color of b* and the ratio of black chicken feed with type of binder

Types of binders (A)	Color of b* (B)				Mean (A)
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3	
Cassava powder	12.3 9 ^c	12.58 ^c	13.64 b	13.14 ^b	12.94 ^c
Corn powder	13.6 5 ^b	13.50 b	13.63 b	13.41 ^b	13.55 b
Rice powder	14.5 9 ^a	14.28 ^a	14.26 ^a	14.58 ^a	14.43 ^a
Mean (B)	13.5 4 ^b	13.45 b	13.84 ^a	13.71 ^a b	
F-test	A = **		B = ns		AB = **
C.V. (%)	2.07 %				

** = significantly different at p<0.01

ns = non- significantly different at p>0.01

ผลการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพด้านสี b*(Table 5) พบว่า การใช้สารเชื่อมประสานต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานให้ค่า b* เฉลี่ยเท่ากับ 14.43 ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสาน จากการวิจัยพบว่า การใช้ส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:3 มีแนวโน้มค่า b* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 รองลงมาคืออัตราส่วน 2:3 เฉลี่ยเท่ากับ 13.71 การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานพบว่า การใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันมีค่า b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) โดยการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:1 มีค่า b* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 14.59 รองลงมาคืออัตราส่วน 2:3 เฉลี่ยเท่ากับ 14.58 ส่วนการใช้แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 1:1 มีค่า b* น้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 12.39

Table 6 Effect of Maximum Compression Force and Percentage of Moisture Content and the ratio of black chicken feed with type of binder

Types of binders (A)	Maximum Compression Force, kg				Mean (A)	Percentage of Moisture Content				Mean (A)
	Force (B)					(B)				
	1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3		1 : 1	1 : 2	1 : 3	2 : 3	
Cassava powder	21.77 ^{abc}	20.47 ^{abc}	21.77 ^{abc}	19.24 ^a	20.81 ^a	6.94 ^{bcde}	7.14 ^{bcd}	6.71 ^{bcde}	7.38 ^{bc}	7.04 ^b
Corn powder	23.07 ^{bc}	25.09 ^d	20.54 ^{abc}	24.72 ^d	23.36 ^b	8.52 ^a	7.18 ^{bcd}	6.55 ^{de}	8.11 ^a	7.59 ^a
Rice powder	21.21 ^{abc}	20.64 ^{abc}	22.10 ^{bc}	20.08 ^{ab}	21.00 ^a	6.32 ^e	7.42 ^b	6.45 ^e	6.84 ^{bcde}	6.75 ^b
Mean (B)	22.02	22.07	21.47	21.35		7.26 ^a	7.25 ^a	6.57 ^b	7.44 ^a	
F-test	A = **	B = ns	AB = **			A = **	B = **	AB = **		
C.V. (%)			6.59 %					5.11 %		

** = significantly different at p<0.01 ns = non- significantly different at p>0.

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพค่าแรงกดสูงสุด (Table 6) พบว่า การใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเจ้า มีค่าแรงกดสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานให้ค่าแรงกดสูงสุดน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.81 กิโลกรัมแรงกด ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสานจากการวิจัยพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) โดยอัตราส่วน 2:3 มีแนวโน้มค่าแรงกดสูงสุดน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 21.35 กิโลกรัมแรงกด การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่พบว่า มีค่าแรงกดสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีค่าแรงกดสูงสุดน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 19.24 กิโลกรัมแรงกด ส่วนการใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:2 มีค่าแรงกดสูงสุดมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 25.09 กิโลกรัมแรงกด ซึ่งอาหารไก่ดำอัดเม็ดมีค่าแรงกดสูงสุดในระดับน้อย แสดงว่าความแข็งแรงของเม็ดอาหารน้อย ไก่จะกินและมีความชอบมากกว่าอาหารที่มีเม็ดแข็งหรือมีค่าแรงกดในระดับมาก

3. ผลการศึกษาความชื้นของอาหารไก่ดำอัดเม็ด

ผลการศึกษาความชื้นของอาหารไก่ดำอัดเม็ด (Table 6) พบว่า การใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกันมีความชื้นสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารเชื่อมประสานมีค่าความชื้นสุดท้ายมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.59 ส่วนอัตราส่วนระหว่างอาหารไก่และสารเชื่อมประสานจากการวิจัยพบว่า การใช้ส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อม

ประสานอัตราส่วน 2:3 มีค่าความชื้นสุดท้ายมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.44 ส่วนอัตราส่วน 1:3 มีค่าความชื้นสุดท้ายน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.57 การปฏิสัมพันธ์ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนอาหารไก่กับสารเชื่อมประสาน พบว่าการใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันมีค่าความชื้นสุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีค่าความชื้นสุดท้ายมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.11 โดยค่าความชื้นสุดท้ายของอาหารไก่ดำอัดเม็ดควรมีค่ามากและใกล้เคียงกับความชื้นที่เหมาะสมของอาหารไก่อัดเม็ดควรอยู่ในช่วงร้อยละ 10-13 (Chintanawit, W. 2018)

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเชื่อมประสานสำหรับการอัดเม็ดอาหารไก่ดำ และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารไก่ดำอัดเม็ด จากผลการศึกษาชนิดของสารเชื่อมประสานที่แตกต่างกัน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า เมื่อนำไปผสมกับส่วนผสมของอาหารไก่ดำสูตรโปรตีนร้อยละ 16 (Tangtaweewipat *et al.*, 2000) ชนิดของสารเชื่อมประสานมีคุณสมบัติการยึดติด มีความเหนียว ซึ่งทำให้การขึ้นรูปเพื่อการอัดเม็ดมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติการเป็นสารยึด (binding agent) ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของเม็ดอาหารสัตว์โดยตรง ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ (Amornthawaphat and Chatakanonda, 2006) ตัวอย่างสูตรอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่มีการใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกันกับอัตราส่วนอาหารไก่ที่ต่างกันให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แบ่งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 ให้ผลผลิตมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78.83 เนื่องจากมีอัตราส่วนของสารเชื่อมประสานมากและแบ่งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติร่วนและมีความคงตัวที่ดี เมื่อนำมาผสมกับส่วนผสมอาหารไก่ทำให้จับตัวเป็นก้อนได้ดีและง่ายต่อการขึ้นรูปเพื่อการอัดเม็ดที่สมบูรณ์กว่าแบ่งชนิดอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonwatcharapan *et al.* (2012) ที่นำแบ่งข้าวเจ้ามาพัฒนาเป็นสารเพิ่มปริมาณและเพิ่มความแข็งแรงในผลิตภัณฑ์สุภาพรูปแบบเม็ดหรืออัดเม็ดทำให้การอัดยาสมุนไพรแบบเม็ดมีความแข็งแรง คงตัวและเป็นเม็ดที่สมบูรณ์ ส่วนการใช้แบ่งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:3 ให้ผลผลิตน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 21.13 เนื่องจากมีปริมาณของสารเชื่อมประสานน้อยที่สุด ทำให้คุณสมบัติของการอัดเม็ดหรือคงตัวไม่สามารถขึ้นรูปเพื่อการอัดเม็ดได้อย่างสมบูรณ์แบบ จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตน้อย คุณสมบัติทางกายภาพด้านสี L^* a^* b^* ของอาหารไก่ดำอัดเม็ดพบว่า ค่า L^* มีความสว่างสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 50.81 เมื่อมีการเลือกใช้สารเชื่อมประสานด้วยแบ่งข้าวเจ้า ส่วนอัตราส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานต่างชนิดกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่า a^* พบว่าชนิดของสารเชื่อมประสานและอัตราส่วนผสมอาหารไก่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะเดียวกันค่า b^* ปรากฏความเป็นสีเหลืองของเม็ดอาหารพบว่าการเลือกใช้แบ่งข้าวเจ้ามีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 14.43 และปฏิสัมพันธ์การใช้อัตราส่วนผสมอาหารไก่กับสารเชื่อมประสานต่างชนิดกันมีผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองของเม็ด

อาหารไก่โดยการใช้แบ่งข้าวเจ้าเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มค่า b^* มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 14.59 รองลงมาคืออัตราส่วน 2:3 เท่ากับ 14.58 ซึ่งปรากฏค่าสีที่ใกล้เคียงกัน ผลการศึกษาด้านค่าแรงกดสูงสุดของอาหารไก่ดำอัดเม็ดพบว่า การใช้สารเชื่อมประสานต่างชนิดกัน มีค่าแรงกดสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) หากเลือกใช้แบ่งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานโดยไม่คำนึงอัตราส่วนจะให้ค่าแรงกดสูงตุน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.81 กิโลกรัมแรงกด ในขณะที่เดียวกันการปฏิสัมพันธ์เลือกใช้แบ่งมันสำปะหลังเป็นสารเชื่อมประสานกับส่วนผสมอาหารไก่ที่อัตราส่วน 2:3 จะให้ค่าแรงกดสูงตุน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 19.24 กิโลกรัมแรงกด รองลงมาคือการใช้แบ่งข้าวเจ้าอัตราส่วน 2:3 มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.08 กิโลกรัมแรงกดซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกัน โดยความแข็งแรงของเม็ดอาหารน้อย จะส่งผลต่อธรรมชาติการกินของไก่ ไก่จะมีพฤติกรรมความชอบและสามารถเลือกกินได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sookmanee *et al.* (2006) ได้ศึกษาขนาดเม็ดอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซากและลักษณะของกระเพาะในสุกร โดยขนาดเม็ดอาหารขนาดเล็กกับความแข็งแรงของเม็ดอาหารน้อยมีผลต่อประสิทธิภาพการให้อาหารของสุกรได้ดี เนื่องจากสัตว์ไม่ชอบรสชาติของอาหารที่มีความเหนียวหรือความแข็งมากเกินไปนอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรเพิ่มขึ้นเนื่องจากสุกรมีพฤติกรรมการกินได้มากขึ้นกว่าเดิมร้อยละ 3-5 ส่วนผลการศึกษาด้านความขึ้นสุดท้ายของอาหารไก่ดำอัดเม็ดพบว่า หากมีการใช้ชนิดสารเชื่อมประสานกับอัตราส่วนที่ต่างกันจะมีค่าความขึ้น

สุดท้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการใช้แบ่งข้าวโพดเป็นสารเชื่อมประสานอัตราส่วน 2:3 มีค่าความชื้นสุดท้ายมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.11 ส่วนค่าความชื้นสุดท้ายที่อัตราส่วนอื่นพบว่ามีความชื้นอยู่ในช่วงเดียวกัน โดยค่าความชื้นสุดท้ายของอาหารไก่ดำอัดเม็ดควรมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นที่เหมาะสมของอาหารไก่อัดเม็ดควรอยู่ในช่วงร้อยละ 10-13 (Chintanawit, 2018) แต่ทั้งนี้แม้ว่าความชื้นสุดท้ายของอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่ได้ทำการศึกษาจะต่ำกว่ามาตรฐานความชื้นสุดท้ายที่เหมาะสม แต่พบว่าความชื้นที่ต่ำลง ส่งผลดีต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารที่ยาวนานขึ้น (Jantharphenkun, 2015) นอกจากนี้ลักษณะของเม็ดอาหารไก่มีความคงตัว เนื่องจากการใช้ชนิดของสารเชื่อมประสานมีความเหมาะสมทำให้เม็ดอาหารไก่ไม่มีแตก ป่น หรือเสียคุณลักษณะ

ดังนั้นจากผลการวิจัยดังกล่าวหากมีการเลือกใช้สูตรอาหารไก่ดำอัดเม็ดที่มีการเลือกใช้สารเชื่อมประสานโดยแบ่งข้าวเจ้ากับส่วนผสมสำหรับผลิตอาหารไก่ ในอัตราส่วน 2:3 ถือว่าเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการให้ผลผลิตหลังการอัดเม็ด คุณสมบัติทางกายภาพด้านสี ค่าแรงกดสูงสุดบ่งบอกความแข็งของเม็ดอาหาร และค่าความชื้นที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำภูพานหรือไก่ดำสายพันธุ์อื่น รวมถึงไก่พื้นเมืองต่างๆ ที่ต้องการลดต้นทุนการเลี้ยง และต้องการผลิตอาหารไก่ดำอัดเม็ดด้วยกำลังของตนเอง โดยราคาของวัตถุดิบอาหารถือว่าเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญประมาณร้อยละ 70 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนของสูตรดังกล่าวเท่ากับ 16 บาทต่อ

กิโลกรัม มีราคาถูกกว่าอาหารไก่ดำอัดเม็ดตามท้องตลาดที่มีราคาเฉลี่ย 25 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 625 บาทต่อกระสอบ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากต้นทุนเดิมเท่ากับ 9 บาทต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็น 225 บาทต่อกระสอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาและช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

References

- Amornthewaphat, N and Chatakanonda, P. 2006. Effect of Conditioning and Pelleting Temperature on Pellet Hardness and Starch Utilization in Corn and Cassava Chip. paper presented. *In* The 44th Kasetsart University annual conference, Bangkok, Kasetsart University, Thailand. (in Thai)
- Boonwatcharapan, Y., Sutthiparinyanont, S and Chitropas, P. 2012. A Feasibility Study of Alcoholic-Alkaline Treated Rice Starch as Filler in Tablet Dosage Forms for Health Product. paper presented in Natural Beauty and Health through Aesthetic Sciences (1st Decade of Aesthetic Sciences and Health And 50th Anniversary of KKU), Khon Kaen, Khon Kaen University, Thailand. (in Thai)
- Chintanawit, W. 2018. Things everyone needs to know in sending samples to analyze the nutritional value of raw materials/animal feeds. research article, Kasetsart Livestocks Magazine, 54-58. (in Thai)
- Jantharphenkun, L. 2015. The Calculation and Production Animal Feed. Available from: URL:<https://dspace.bru.ac.th/xmlui/>. (in Thai)
- Kaewprachum, C. 2018. Effects of Recipe Development on Turkey Production Performance. research article. Journal of Vocational Institute of agriculture. 2(1): 58-65. (in Thai)
- Pinkvanilla. 2012. The characteristics and properties types of powder. [online]. [Accessed Jul 22, 2020]. Available from: URL: <http://www.pinkvanilla.in.th/>. (in Thai)
- Sookmanee, K., Amornthewaphat, N., Kasemsuwan, S and Attamangkune, S. 2006. Effect of Pellet Size on Growth Performance, Carcass Characteristics and Stomach Morphology in Starting Growing and Finishing Pigs. Paper presented in Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference : Animal, Veterinary Medicine, Bangkok, Kasetsart University, Thailand. (in Thai)
- Tangtaweewipat, S., Cheva-Isarakul, B and Pingmuang, R. 2000. The recommendation dietary protein and energy levels for growing crossred native chickens. *In* The 38th Kasetsart University annual conference, Bangkok, Kasetsart University, Thailand. (in Thai)

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลังทั้งต้น

สามารถ บุญอาจ และ สุธรรม ดวนสันเทียะ*

สาขาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง พัฒนา ทดสอบและประเมินผลเครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลังทั้งต้น ผลการวิจัยพบว่า เครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลังทั้งต้นมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1.2 x 3 x 3 เมตร รองรับอ่างชุบน้ำ 2,400 ลิตร ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์ เป็นต้นกำลังให้กับรอกสลิงไฟฟ้ายกท่อน้ำมันและมอเตอร์เกียร์ ควบคุมการหมุนของชุดเฟือง พร้อมจุดต่อพ่วงสำหรับลากเครื่องเข้าพื้นที่ทำงาน

ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องพบว่า เครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลังมีความสามารถในการทำงาน 137.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (320 ท่อนต่อชั่วโมง) การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.24 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราความเสียหายของท่อน้ำมันสำปะหลังจากการทำงานของเครื่องอยู่ที่ร้อยละ 0 และอัตราของท่อน้ำมันที่ไม่ถูกซึบด้วยน้ำยาเคมีในอ่างชุบของเครื่องอยู่ที่ร้อยละ 20 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับแรงงานคนในพื้นที่ค่าแรง 300 บาทต่อวัน อยู่ที่ 27.76 ไร่ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2.2 ปีในพื้นที่การทำงาน 100 ไร่ต่อปี

คำสำคัญ: น้ำมันสำปะหลัง เครื่องสูบท่อน้ำมันสำปะหลัง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kongsuts7@hotmail.com

Design and Development of Cassava Stem Soaking Machine

Smart Bun-art and Sutham Duansanthia *

*Thailand School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree
University of Technology, Nakhonratchasima, 30000, Thailand*

Abstract

In this research to designed, created, developed, tested and evaluated cassava stem soaking machine. The research found that cassava stem soaking machine dimensions 1.2 x 3 x 3 meter support soaking bath size 2,400 liter. Installation with 2,500 watt generator used with electric hoist lift the stem and the motor gear control rotation of a crane. With trailer hitch for travelling.

Performance test results found that the field capacity of machine was 132.28 kg/h (320 stem/hour). The fuel consumption was found to be 0.42 liter/h. The cassava stem damage was 0%. The cassava stem with no soaking with chemical in bath was 20%.Economic analysis showed that the break-even point of the machine in the working area 300 baht per day was 27.76 rai/year with a consequence of payback period within 2.2 year at working area 100 rai/year.

Keywords: Cassava, Cassava Stem Soaking

* Corresponding author: E-mail: kongsuts7@hotmail.com

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย จากข้อมูลการส่งออกปี พ.ศ. 2555 พบว่าไทยส่งออกมันสำปะหลังอัดเม็ด 84,215.2 ตัน และแป้งมันสำปะหลัง 1,056,508.2 ตัน มีมูลค่าการส่งออกทั้ง 2 รายการมากถึง 31,378.5 ล้านบาท (Office of agricultural economics, 2012) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกได้ในดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวและทนแล้งได้ดี ดังนั้นพื้นที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 50 จึงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอหนองบุญมาก ครบุรี และเสิงสาง มันสำปะหลังนอกจากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปต่างๆ การผลิตอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ แล้ว ยังมีศักยภาพสูงที่จะนำไปผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานปิโตรเลียม

ปัญหาประการหนึ่งซึ่งพบมากในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยคือการระบาดของเพลี้ยแป้ง ซึ่งในปีหนึ่งๆ จะส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังต้องลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อเกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งขึ้นแล้วมักจะควบคุมได้ยากลำบาก ส่งผลให้เกิดการระบาดออกไปเป็นวงกว้าง สำหรับสาเหตุที่เกิดการระบาดขึ้นนั้นมาจากเกษตรกรจะใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากหลายแหล่งปลูกทั่วประเทศ ทำให้ท่อนพันธุ์ที่ใช้อาจเกิดการติดเชื้อของเพลี้ยแป้งได้ และเมื่อเกษตรกรนำไปปลูกในพื้นที่ปลูกของตนเอง เพลี้ยแป้งเหล่านี้ก็จะระบาดออกไปสู่พื้นที่ข้างเคียงและขยายวงกว้างออกไปในที่สุดสำหรับวิธีการควบคุมและลดการระบาดของเพลี้ยแป้งนั้น

ควรชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารเคมีก่อนทำการปลูกจะได้ผลดีที่สุด ซึ่งจะสามารถลดการระบาดของเพลี้ยแป้งในช่วง 1 เดือนแรกของการปลูกได้ โดยสารเคมีที่แนะนำให้ใช้คือไทอะมีโทแซม จำนวน 4 กรัม ผสมกับน้ำ 20 ลิตร และชุบท่อนพันธุ์ในแนวนอนโดยใช้เวลาประมาณ 15 นาทีจึงนำท่อนพันธุ์ไปปลูก (Chotinun, 2010)

จากการที่คณะผู้วิจัยอยู่ในระหว่างดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์นั้น ท่อนพันธุ์ที่จะนำมาใช้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะเป็นท่อนพันธุ์ที่ยังไม่ทันเป็นท่อนสั้นซึ่งมีข้อดีในด้านความสะดวกและง่ายต่อการทำงาน หากแต่ปัญหาที่พบคือการนำท่อนพันธุ์ขนาดยาวไปซุกในสารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งนั้นไม่สามารถทำได้โดยสะดวกนัก เนื่องจากต้องซุกในแนวนอน ดังนั้นจึงเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง และในอนาคตเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่จะเข้ามาแทนการปลูกด้วยมือของเกษตรกร การชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังแบบซุกทั้งต้นจึงเป็นปัญหาที่จะต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเพื่อเข้ามาช่วยในกระบวนการดังกล่าว

ในปัจจุบันมีการออกแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยเพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชเช่นเดียวกัน (Nuntasukoun and Sutivaree, 2005) หากแต่เครื่องชุบท่อนพันธุ์ดังกล่าวยังไม่เหมาะสมและไม่สามารถนำมาใช้งานกับมันสำปะหลังได้ เนื่องจากอ้อยจะใช้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ในการชุบท่อนพันธุ์เท่านั้น ไม่มีการนำสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องและตัวเครื่องสำหรับอ้อยมีขนาดใหญ่และไม่เหมาะสมในการนำมาใช้งานกับมันสำปะหลังซึ่งมีลักษณะ

ทางกายภาพแตกต่างกันส่งผลให้เครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยมีราคาสูงและไม่เหมาะกับเกษตรกรโดยทั่วไป

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นจึงนำมาสู่แนวความคิดในการดำเนินโครงการวิจัยนี้ โดยจะเป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูกซึ่งสามารถสูบน้ำพันธุ์อ้อยได้ทั้งต้น เพื่อสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องปลูกพันธุ์อ้อยได้ และจากปัญหาในเรื่องของความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เครื่องที่จะดำเนินการวิจัยนี้จึงควรมีความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรและควรจะสามารถเคลื่อนที่ได้เพื่อนำเข้าไปในแปลงให้ใกล้กับเครื่องปลูกพันธุ์อ้อยเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานส่งผลให้สามารถลดปัญหาการระบาดของเพลี้ยแป้งหรือโรคพืชต่างๆ เกษตรกรสามารถที่จะได้ผลผลิตทันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยวและนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตพันธุ์อ้อยของประเทศไทยในภาพรวมได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก
2. เพื่อทดสอบและประเมินผลเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จึงได้วางแผนวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อหาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการศึกษาของผู้วิจัยโดยตรง ได้แก่

- ศึกษาอัตราการทำงานของเครื่องปลูกพันธุ์อ้อยสำหรับปลูกที่เหมาะสมเพื่อหาจำนวนต้นพันธุ์และรอบการสูบน้ำพันธุ์อ้อย สำหรับเตรียมต้นพันธุ์ให้เพียงพอต่อการทำงานของเครื่องปลูก
- ศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นพันธุ์พันธุ์อ้อยสำหรับปลูกที่ประกอบไปด้วย จำนวนต้นต่อมัด น้ำหนักความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางจากเอกสารทางวิชาการ และเก็บข้อมูลจากต้นพันธุ์พันธุ์อ้อยสำหรับปลูกของเกษตรกรในพื้นที่จำนวน 100 มัด (2,000-2,500 ต้น) เพื่อนำข้อมูลไปออกแบบเครื่องสูบน้ำพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก
- หาขนาดของอ่างสูบ โดยใช้ข้อมูลขนาดของความยาวมากำหนดขนาดความยาวอ่าง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากำหนดความกว้างอ่างและจำนวนการสูบน้ำรอบมากำหนดความสูงของอ่าง
- หาน้ำหนักการยกต่อรอบการสูบน้ำไปเลือกชนิดและขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า
- หาขนาดของมอเตอร์เกียร์ ได้จากสมการ

$$W_p = 2\pi n \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ W_p = กำลังของมอเตอร์ (วัตต์)
 n = ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)
 T = โมเมนต์แรงบิด (นิวตันต่อเมตร)

- หาขนาดเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ได้จากผลหารรวมขนาดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์รอกไฟฟ้าและขนาดของมอเตอร์เกียร์

2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่เป็นแล้วสามารถดำเนินการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

- เครื่องชุปท่อนพันธุน้ำมันสำหรับหลังทั้งต้นสามารถชุปต้นพันธุนได้
- กลไกการยกและการหมุนของเครื่องสามารถทำงานได้
- มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน
- เครื่องต้นแบบมีจุดต่อพ่วงสามารถเคลื่อนที่เข้าพื้นที่ทำงานได้

3. ศึกษาสภาวะในการทำงานของเครื่องต้นแบบ

สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องหมายถึงความสามารถในการชุปท่อนพันธุนให้สอดคล้องกับการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ หากจำนวนรอบการชุปและเวลาที่เหมาะสมในการชุป เพื่อเตรียมท่อนพันธุนให้เพียงพอต่อการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

4. ทดสอบและประเมินสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพของการชุปของเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผลดังนี้

4.1 ความสามารถในการทำงาน

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักการยก (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาทั้งหมด (ชั่วโมง)}} \dots\dots(2)$$

เมื่อ ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

4.2 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

$$F_c = \frac{O}{t} \dots\dots\dots(3)$$

เมื่อ F_c = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)

O = น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร)

t = เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)

4.3 ท่อนพันธุนที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง

$$\text{ร้อยละ} = \left(\frac{\text{ท่อนพันธุนทั้งหมด} - \text{ท่อนพันธุนที่ดี}}{\text{ท่อนพันธุนทั้งหมด}} \right) \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

ของท่อนพันธุนที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง

เมื่อ ท่อนพันธุนที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง (ร้อยละ)

4.4 ท่อนพันธุนที่ไม่ถูกชุปจากการทำงานของเครื่อง

$$\text{ร้อยละ} = \left(\frac{\text{ท่อนพันธุนทั้งหมด} - \text{ท่อนพันธุนที่ไม่ถูกชุป}}{\text{ท่อนพันธุนทั้งหมด}} \right) \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

ของท่อนพันธุนที่ไม่ถูกชุป

เมื่อ ท่อนพันธุนที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง (ร้อยละ)

4.5 วิธีการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การ ใช้งานเครื่องต้นแบบ

1. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break - even point) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยนับตั้งแต่กระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไปจนกระทั่งการซบท่อนพันธุ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบจะสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการซบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนที่พื้นที่เท่าไรในระยะเวลา 1 ปี

2. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) เป็นการคำนวณระยะเวลาจากการเริ่มลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการลงทุนและทำการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนต่อพื้นที่การทำงานต่อปีของการใช้เครื่องซบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่อง ซบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

ผลการศึกษาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ในปัจจุบันมีความสามารถในการทำงาน 0.5 -1 ไร่ต่อชั่วโมง และข้อมูลลักษณะทางกายภาพต้นพันธุ์มันสำปะหลัง (Rayong field crops Research Center, 1994) ต้นพันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาปลูกต้องมีอายุ 8 -10 เดือนถือเป็นช่วงอายุที่มีอัตราการงอกสูง มีขนาดความยาว 1.6-2.5 เมตร แล้วนำมาตัดเป็นท่อนสั้นๆ ขนาดความยาว 20-25 เซนติเมตรเพื่อนำไปแปลงปลูกต้องใช้ต้นพันธุ์ 1,600 ท่อน หรือ 225 ต้น หรือ 11

มัด (20 - 25 ต้นต่อมัด) ที่ระยะการปลูก 1x1 เมตร (Field crop, 1983)

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์อายุ 8-10 เดือน ที่เกษตรกรในพื้นที่นำมาเป็นท่อนพันธุ์ มีรายละเอียดแสดงใน Table 1

Table 1 Study the physical characteristics of the varieties of cassava

List	Average
Number of stem per bundle (Stem)	22
Weight per bundle (Kg)	8
Length per bundle (cm)	177
Largest diameter (cm)	27
Smallest diameter (cm)	22

จากข้อมูลข้างต้นและข้อมูลใน Table 1 สามารถนำผลมาออกแบบเครื่องได้ดังนี้

1) ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เลือกใช้ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ 1 ไร่ต่อชั่วโมง เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องซบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

2) จำนวนต้นพันธุ์มันสำปะหลังต่อไร่ ในการปลูกมันสำปะหลัง 1 ไร่ ถ้าปลูกในระยะ 0.8 เมตร x 1.2 เมตร ต้องใช้พันธุ์มันสำปะหลัง 1,670 ท่อน ซึ่งแต่ละท่อนยาว 20 - 25 เซนติเมตร และความยาวของต้นพันธุ์มีความยาว 1 - 2.5 เมตร ถ้าใช้ต้นพันธุ์ที่มีความยาวเฉลี่ย 1.5 เมตร ต้องใช้ต้นพันธุ์ 280 ต้น

3) จำนวนต้นพันธุ์ต่อรอบการซบ การซบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีในแนวนอนก่อนนำไปปลูก (Chotinun,

2010) การชุบตันพันธุ์ใช้เวลา 10 นาทีต่อหนึ่งรอบการชุบ รวมเวลาในการนำตันพันธุ์มันสำปะหลังเข้าและออกไม่เกิน 5 นาที รวมเป็นเวลา 15 นาที จะสามารถชุบได้ 4 รอบในเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้น 1 รอบการชุบต้องใช้ตันพันธุ์ $280 / 4 = 70$ ตัน ต่อการชุบ 1 ครั้ง

4) ขนาดของอ่างชุบของเครื่องต้นแบบ ใน 1 มัดของตันมันสำปะหลัง มีตันพันธุ์มันสำปะหลัง 20 – 25 ตัน ต้องใช้ 3 – 4 มัดต่อการชุบ 1 รอบ และจากศึกษาขนาดของความยาวของตันมันสำปะหลังอยู่ที่ 1 - 2.5 เมตร และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมัดอยู่ที่ 0.2 – 0.4 เมตร ดังนั้นเพื่อการรองรับจำนวนมัดและความยาวของตันมันสำปะหลัง จึงสามารถออกแบบขนาดของอ่างชุบคือ $1.2 \times 2.5 \times 0.8$ เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) รองรับการชุบตันพันธุ์ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมัด 0.2 เมตรได้สูงสุด 12 มัด ตันพันธุ์ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมัด 0.3 - 0.4 เมตรได้สูงสุด 6-8 มัด ต่อหนึ่งรอบการชุบที่ระดับน้ำยาเติมความจุของอ่างชุบ

5) ขนาดของน้ำหนักการยก จากการเก็บข้อมูลชั่งน้ำหนักตันมันสำปะหลังจะหนัก 5 – 15 กิโลกรัมต่อมัด และในการชุบต่อรอบ 4 - 12 มัด ดังนั้นในการชุบต่อรอบโดยคิดจากน้ำหนักคิดที่ 15 กิโลกรัมต่อมัด ใน 1 รอบจะยกน้ำหนักที่ 60-180 กิโลกรัม สามารถนำข้อมูลไปเลือกรอกสลิงไฟฟ้าที่รองรับการยกสูงสุด 200 กิโลกรัม ซึ่งระบุขนาดมอเตอร์ 800 วัตต์

6) ขนาดของมอเตอร์เกียร์ การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังขับเคลื่อนของกลไกขับเคลื่อนชุดเครนหาได้จากสมการที่ (1)

สามารถคำนวณหาขนาดมอเตอร์ได้จาก

- น้ำหนักท่อนพันธุ์รวมโครงสร้างและอุปกรณ์ 180 กิโลกรัม

- รัศมีเฟืองโซ่ขับเคลื่อน 75 มิลลิเมตร

- มีรอบการใช้งานที่ความเร็ว 1.4 รอบต่อวินาที

ดังนั้น จากการคำนวณ มีกำลังของมอเตอร์เกียร์เท่ากับ 1,164.41 วัตต์ เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์

7) ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า เนื่องจากการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้นอาจมีบางช่วงที่ต้องใช้จากรอกสลิงไฟฟ้าและมอเตอร์เกียร์พร้อมกัน ดังนั้นขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าหาได้จาก

(1) ขนาดมอเตอร์รอกสลิงไฟฟ้า มีขนาด 800 วัตต์

(2) ขนาดของมอเตอร์เกียร์มีขนาด 1,492 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า $800 + 1,492 = 2,292$ วัตต์

จึงเลือกใช้เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์

2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบจึงได้ออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ของเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น ดังแสดงใน Fig.1

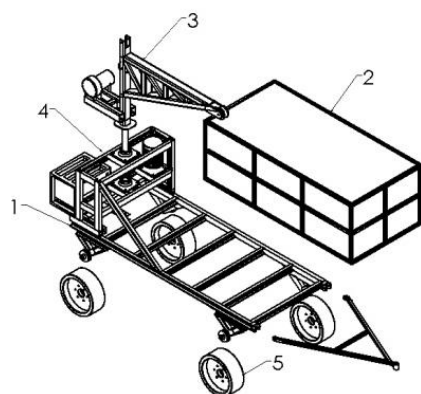


Fig.1 The main components of the prototype.

ซึ่งมีรายละเอียดการออกแบบ ดังนี้

1) ชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

สร้างขึ้นจากเหล็กรูปพรรณมีขนาด $3 \times 1.3 \times 0.1$ เมตร ประกอบด้วยโครงสร้างส่วนล่างไว้สำหรับติดตั้งอ่างชุบน้ำยาเคมีและชุดล้อ ส่วนโครงสร้างบนสำหรับติดตั้งชุดเครนและกลไกขับเคลื่อนเครน

2) ชุดอ่างน้ำยาเคมี

สร้างจากเหล็กรูปพรรณขนาด $1.2 \times 2.5 \times 0.8$ เมตร ขนาดความจุ 2,400 ลิตร เป็นส่วนบรรจุน้ำยาเคมีและส่วนชูป้อนพันธุ์มันสำปะหลัง

3) ชุดเครนยกท่อนพันธุ์

สร้างขึ้นจากเหล็กรูปพรรณลักษณะแบบ Pillar Jib Cranes เป็นเครนตั้งเสามีขนาดความสูง 2 เมตร มีแขนยื่นยาว 1.5 เมตร เป็นส่วนยกท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเข้าสู่ชุดอ่างชุบ โครงสร้างส่วนบนเป็นที่ติดตั้งรอกสลิงไฟฟ้าสำหรับยกท่อนพันธุ์ โครงสร้างส่วนล่างเป็นเพลาลูกตอเข้ากับชุดขับเคลื่อนกลไกการหมุนของเครน

4) ชุดกลไกขับเคลื่อนเครน

เป็นชุดเฟืองโซ่ต่อเข้ากับมอเตอร์เกียร์เพื่อส่งกำลังขับเคลื่อนการหมุนของชุดเครนยกท่อนพันธุ์ โดยมีเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้กับชุดมอเตอร์เกียร์และชุดรอกไฟฟ้าถูกติดตั้งให้บริเวณเดียวกัน

5) ชุดล้อและจุดต่อพ่วง

เป็นชุดรองรับตัวเครื่องติดตั้งล้อยางรถยนต์จำนวน 4 ล้อและติดตั้งแขนลากจูงเป็นจุดต่อพ่วงเข้ากับรถลากเพื่อนำเครื่องต้นแบบเข้าพื้นที่ทำงาน

จากรายละเอียดส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องสามารถประกอบเป็นเครื่องต้นแบบ ดังแสดงใน Fig.2

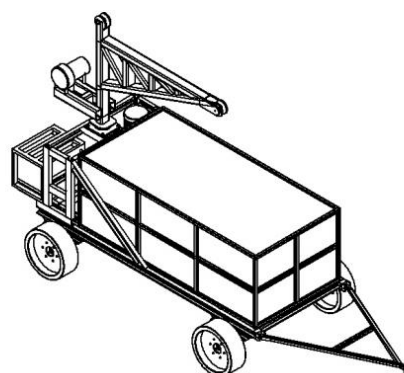


Fig.2 The result of the design cassava stem soaking machine

จากรายละเอียดการออกแบบข้างต้นสามารถสร้างเครื่องต้นแบบ ดังแสดงใน Fig.3



Fig.3 The result of the building cassava stem soaking machine

3. ผลการศึกษาสภาวะในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบ

เพื่อความสะดวกคล่องกับการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ที่อัตราการทำงาน 1 ไร่ต่อชั่วโมง สามารถแบ่งการซบได้ออกเป็น 4 รอบต่อเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการซบท่อนพันธุ์ 10 นาที และเวลาในการนำท่อนพันธุ์เข้า-ออก 5 นาที รวมเป็น 15 นาที ต่อหนึ่งรอบการซบ สามารถเตรียมท่อนพันธุ์ได้อย่างเพียงพอต่อการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 1 เครื่อง

4. ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบสภาวะการทำงานของเครื่องต้นแบบแล้ว จึงได้นำเครื่องต้นแบบมาทดสอบภาคสนามที่แปลงทดสอบในการเตรียมท่อนพันธุ์สำหรับปลูก 1 ไร่ จำนวน 10 ครั้ง การทดสอบเครื่องซบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น ได้ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดสอบเครื่องต้นแบบซึ่งได้แสดงใน Table 2 ผลการ

ทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบแสดงใน Table 3 และภาพการทดสอบเครื่องต้นแบบแสดงใน Fig.4

Table 2 The study on physical characteristics cassava stems use in the test

List	Average
Number of stem per bundle (Stem)	20
Weight per bundle (Kg)	8.58
Length per bundle (cm)	186.73
Largest diameter (cm)	20.50

Table 3 The test results of efficiency and quality

List	Results
The fuel capacity (Kg/Hr)	137.28
The fuel consumption (L/Hr)	0.42
The cassava stems damage (%)	little
The cassava stems no soaking (%)	20



Fig.4 Performance test results

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้งาน

เครื่องต้นแบบ

1. คำนวณต้นทุนเครื่อง

ราคาแรกซื้อ (P)	=	48,000 บาท
อายุการใช้งาน (N)	=	5 ปี
มูลค่าซาก (S)	=	4,800 บาท
(คิด 10 % ของราคาแรกซื้อ)		
อัตราดอกเบี้ย (r)	=	12%
(อัตราดอกเบี้ย ธกส.)		
ค่าบำรุงรักษา (R)	=	5.76 บาท/ชม.
(1.2% ของราคาแรกซื้อ / 100 ชม.)		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (F)	=	12.6 บาท/ชม.
(อัตราการสิ้นเปลือง ลิตร/ชม. x 30 บาท/ลิตร)		
ค่าน้ำมันหล่อลื่น (O)	=	1.26 บาท/ชม.
(คิด 10% ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง)		
ค่าแรงงาน (L)	=	37.5 บาท/ชม.
คิดค่าแรง 300 บาท/วัน (300 บาท / 8 ชม.)		
ความสามารถในการทำงาน (Ct)	=	
132.28 กิโลกรัม/ชม.		
(ที่การทำงานของปลูก 1 ไร่ต่อชั่วโมง)		

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา } D &= \left(\frac{P-S}{N} \right) \\ &= \left(\frac{48,000-4,800}{5} \right) \\ &= 8,640 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดอกเบี้ย } I &= \left[\frac{P+S}{2} \right] \times \left(\frac{r}{100} \right) \\ &= \left[\frac{48,000+4,800}{2} \right] \times \left(\frac{12}{100} \right) \\ &= 3,168 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนคงที่ } F_c &= D + I \\ &= 11,808 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ต้นทุนการใช้เครื่อง A_c , พื้นที่ปลูกใน 1 ปี A

$$\begin{aligned} A_c &= \left(\frac{F_c}{A} \right) + \left(\frac{1}{C_t} \right) [R + F + O + L] \\ A_c &= \left(\frac{11,808}{A} \right) + 54.62 \end{aligned}$$

2. คำนวณต้นทุนการจ้าง

จากผลการสำรวจของผู้วิจัยพบว่า การจ้างแรงงาน คนทำงานในบางพื้นที่ 250 บาท 300 บาท และ 350 บาท ตามลำดับ การนำมาคำนวณคิดค่าจ้างในพื้นที่การจ้าง 300 บาทต่อคน และความสามารถของแรงงานตัดและซบถอนพันธุ์นั้นพบว่า แรงงานคน 16 คน สามารถเตรียมถอนพันธุ์ใช้ปลูกได้ 10 ไร่

ดังนั้นในพื้นที่ 10 ไร่

ต้นทุนในการจ้างแรงงานตัด 4,800 บาท

รวมต้นทุน 480 บาท/ไร่

3. คำนวณหาจุดคุ้มทุน

$$\begin{aligned} A_c &= \left(\frac{11,808}{A} \right) + 54.62 \\ 480 &= \left(\frac{11,808}{A} \right) + 54.62 \\ A &= 27.76 \text{ ไร่/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับ 27.76 ไร่/ปีเมื่อเทียบกับการซบถอนพันธุ์โดยใช้คน

4. คำนวณระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องต้นแบบ

ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) คือ ระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการลงทุน คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\begin{aligned} \text{ผลประโยชน์สุทธิ} &= \text{ผลประโยชน์(บาท/ปี)} \\ &\quad - \text{ต้นทุน การใช้เครื่องมือ} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

ผลประโยชน์ = พื้นที่เพาะปลูก x ค่าจ้าง(8)
 ต้นทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย + ค่าซ่อมบำรุง
 + ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
 + ค่าน้ำมันหล่อลื่น
 + ค่าแรงงาน (9)
 ค่าดอกเบี้ย = (48,00 บาท x 0.12 ปี)
 = 5,760 บาท/ปี
 ค่าบำรุงรักษา = (5.76 บาท/ชม.) x (1 ชม./ไร่)
 = 5.76 บาท/ไร่
 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = (0.42 ลิตร/ไร่) x (30 บาท/ลิตร)
 = 12.6 บาท/ไร่
 ค่าแรงงาน = (37.5 บาท/ชม.) x (1 ชม./ไร่)
 = 37.5 บาท/ไร่
 แทนค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 9 = ต้นทุนการใช้เครื่อง
 แทนค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 8 = ผลประโยชน์
 แทนค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 8 = ผลประโยชน์สุทธิ
 แทนค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ = ระยะเวลาคืนทุน
 ซึ่งได้คำนวณและแทนค่าแสดงออกมาเป็น
 แผนภูมิแสดงใน Fig. 6

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบและ
 พัฒนาเครื่องขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้นพบว่า
 ตัวเครื่องขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้นมีขนาด (กว้าง x ยาว
 x สูง) 1.3 x 2.5 x 3 เมตรและมีจุดต่อพ่วงสำหรับลากจูง
 เข้าพื้นที่ทำงานได้ สามารถเข้าทำงานพื้นที่ทางเข้าขนาด
 แคบได้เนื่องจากขนาดของเครื่องไม่ใหญ่มาก รองรับการทำงาน
 ขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้นที่มีความยาวสูงสุด 2.5 เมตร

ด้วยขนาดของอ่างขุด (กว้าง x ยาว x สูง) 1.2 x 2.5 x
 0.8 เมตร มีความจุ 2,400 ลิตร และติดตั้งเครื่องกำเนิด
 กระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์ เป็นแหล่งพลังงานสำหรับ
 ขับมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนกลไกการเคลื่อนที่ของครนใน
 การทำงานของเครื่องขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้น ดังแสดง
 ใน Fig. 1

ผลการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่
 สำหรับขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้นที่ขุดทดสอบ Table 2 โดยใช้พื้นที่
 สำหรับขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้น 50 มีค่าเฉลี่ย 20 ต้นต่อมัด มี
 เส้นผ่านศูนย์กลางมัดเฉลี่ย 20.50 เซนติเมตร จึงใช้
 จำนวน 4 มัด (80 ต้น) ต่อหนึ่งรอบการขุด ดังนั้นจาก
 ข้อมูลตรงนี้สามารถกำหนดปริมาณความสูงของน้ำยาเคมี
 ที่ระดับ 25 เซนติเมตร จากพื้นอ่างเพื่อให้มีความ
 เหมาะสม ประหยัด และคุ้มค่ากับการใช้น้ำยาเคมี โดยไม่
 สูญเปล่า มีขนาดความยาวเฉลี่ย 186.63 เซนติเมตร และ
 น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 8.58 กิโลกรัม

ผลการทดสอบ Table 3 ความสามารถในการ
 ทำงานของเครื่องอยู่ที่ 137.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ
 320 ต้นต่อชั่วโมงรองรับการทำงานของเครื่องปลูก
 สำหรับขุดท่อน้ำมันสำหรับทั้งต้น 1 ไร่ต่อชั่วโมง ได้ 1
 เครื่อง มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.42 ลิตรต่อ
 ชั่วโมง วัดผลจากการติดเครื่องยนต์ตลอดการทำงานของ
 เครื่องต้นแบบในเวลาหนึ่งชั่วโมง และอัตราความเสียหาย
 ของท่อน้ำมันจากการทำงานของเครื่องมีค่าน้อยมาก
 เพราะบริเวณที่เสียหายส่วนมากเป็นตาของท่อน้ำมันแต่
 เมื่อนำไปปลูกต้องตัดเป็นท่อนสั้นๆแต่ละท่อนมีตา
 มากกว่า 10 ตา ทำให้ตาที่เสียหายไม่มีผลต่อการงอกของ
 ท่อนน้ำมันจึงสามารถประมาณเป็นร้อยละ 0 ในส่วนอัตรา
 ของท่อนน้ำมันที่ไม่ถูกขุดอยู่ที่ร้อยละ 20 เนื่องจากท่อน

พันธุ์บางต้นมีน้ำหนักเบาและมีลักษณะโค้งงอ จึงไม่สามารถขุดลงในน้ำยาเคมีได้

เมื่อประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องขุดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเทียบกับการใช้แรงงานคนปลูกพบว่า สำหรับพื้นที่ที่มีค่าจ้างแรงงาน 250, 300 และ 350 บาทต่อวัน ตามลำดับ จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่พื้นที่การปลูก 23.36, 27.76 และ 31.19 ไร่ต่อปี ตามลำดับ แสดงใน Fig.5 และระยะเวลาการคืนทุนของการใช้เครื่องต้นแบบ เมื่อใช้งานในพื้นที่ 350 ไร่ต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี ถ้าจำนวนพื้นที่การทำงานต่อปีน้อยลงจะส่งผลให้ระยะเวลาในการคืนทุนเพิ่มขึ้น โดยถ้าพื้นที่ในการทำงานลดลงเหลือ 100 ไร่ จะมีระยะเวลาคืนทุน 2.2 ปี ดังแสดงใน Fig.6

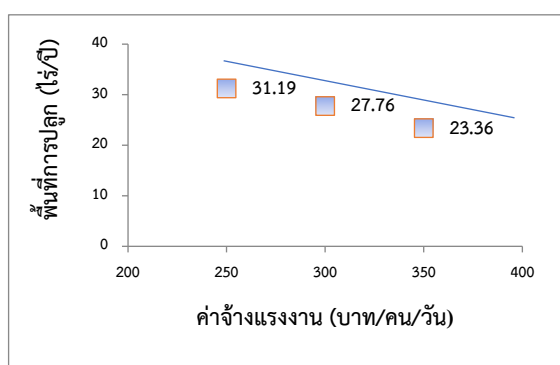


Fig.5 Show the break-even point of the machine

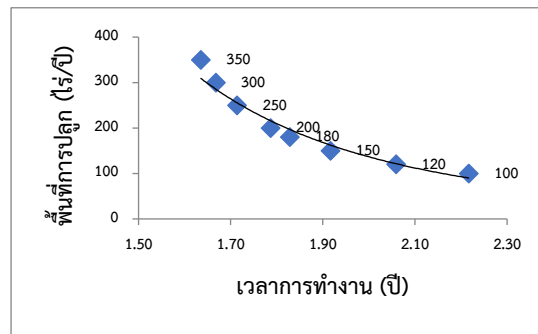


Fig.6 Show consequence payback of the machine

สรุปผลการวิจัย

เครื่องขุดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นที่ได้ออกแบบและพัฒนา สามารถลดขั้นตอนในการขุดท่อนซึ่งขุดได้ทั้งต้นโดยไม่ต้องสับเป็นท่อนเล็กๆ ลดแรงงานเพราะใช้แรงงานเพียง 1 คนก็สามารถทำงานได้ถือเป็นการลดต้นทุนด้านค่าแรงได้เป็นอย่างดีและไม่ต้องสัมผัสกับสารเคมีโดยตรงทำให้มีความสะดวก ความปลอดภัยในการขุดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง เครื่องต้นแบบขนาด 1.2 x 3 x 3 เมตร รองรับอ่างขุดขนาด 2,400 ลิตร ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์ เป็นต้นกำลังให้กับรถกลึงไฟฟ้าและมอเตอร์เกียร์และจุดต่อพ่วงสำหรับลากเครื่องความสามารถในการทำงาน 137.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.42 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราความเสียหายของท่อนพันธุ์มีค่าน้อยมากประมาณค่าอยู่ที่ร้อยละ 0 และอัตราท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกขุดร้อยละ 20 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องขุดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับแรงงานคนในพื้นที่ค่าแรง 300 บาทต่อวันอยู่ที่ 27.76 ไร่

ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2.2 ปี โดยมีพื้นที่
การทำงาน 100 ไร่ต่อปี

3. ควรมีการทดสอบเครื่องกับพันธุ์มันสำปะหลัง
ชนิดอื่น เพื่อนำข้อมูลไว้ใช้กับพันธุ์มันสำปะหลังชนิดนั้น

ข้อเสนอแนะ

กิตติกรรมประกาศ

1. ควรมีการหยุดเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิด
กระแสไฟฟ้า ขณะนำท่อนพันธุ์ลงไปชุบในอ่างเพื่อลดการ
สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

2. ควรมีการรวมกลุ่มกันสำหรับชุบท่อนพันธุ์เพื่อ
ความคุ้มค่าสำหรับการซื้อสารเคมี

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้
ให้งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัยและขอขอบคุณ
บุคลากรภายในมหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุน
ในด้านต่างๆ จนโครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการ
ดำเนินการอย่างดี ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

References

- Chotinun, N. 2010. Plating cassava stem subdue aphids [Online]. [Accessed August 26, 2013]. Available from: http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_5-june/rai.html (in Thai)
- Field crop. 1983. Cassava. Technical paper book 7. Department of Agriculture. 117 p. (in Thai)
- Nuntasukoun, S., and Sutivaree, P. 2005. Sugarcane varieties phrases before planting machine. Agricultural Engineering Research Institute, Department of agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Office of agricultural economics. 2012. Statistics of export - tapioca: quantity and value of exports monthly [Online]. [Accessed September 4, 2010]. Available from: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. (in Thai)
- Rayong field crops Research Center. 1994. Technical paper tapioca. Field crops Research Institute of the Department of agriculture. 210 p. (in Thai)

สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะความกรอบของมะละกอปริโภคผลดิบ

รภัสสา จันทาศรี*

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

สมรรถนะการรวมตัวเป็นข้อมูลจำเป็นต่อการพัฒนาพันธุ์มะละกอลูกผสม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของมะละกอ 5 พันธุ์ ในลักษณะของปริมาณผลผลิต น้ำหนักผล ความยาวผล เส้นรอบวงผล ระดับการเกิดโรคและความกรอบ สร้างลูกผสมตามแผนการผสมแบบพหุคูณผสมทั้งสลับพ่อแม่ ประเมินลูกผสมเดี่ยว 20 คู่ผสม ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2559 ถึง เดือน เมษายน 2560 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนามะละกอปริโภคผลสดจังหวัดมหาสารคาม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ผลการวิจัย พบว่าค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (GCA) และการรวมตัวเฉพาะ (SCA) มีความแตกต่างทางสถิติ (99%) ในลักษณะการเกิดโรค และมีความแตกต่างทางสถิติ (95%) ในลักษณะความกรอบและปริมาณผลผลิต มะละกอ 4 พันธุ์ (พันธุ์ครึ่งเหลือง, ครึ่งแดง, แขนงวกลาหลิษฐ์และแขกคำ) มีค่า GCA สูง และ 3 คู่ผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) สูง :1) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งแดง x พันธุ์แขนงวกลาหลิษฐ์ เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีน้ำหนักผลมากที่สุดและเส้นรอบวงผลมากที่สุด 2) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์แขนงวกลาหลิษฐ์ เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีระดับของการเกิดโรคน้อยที่สุด ทั้งมีความยาวผลมากที่สุดและที่มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด 3) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์ครึ่งแดง เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีความกรอบดีที่สุด ดังนั้น คู่ผสมดังกล่าวจึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการผลิตลูกผสมเพื่อพัฒนามะละกอปริโภคผลดิบต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: มะละกอ, การพัฒนาพันธุ์ลูกผสม, ผสมแบบพหุคูณผสม, ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และ ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: janthasri@hotmail.com

Combining Ability for Crispy Flesh in Green Consumption Papaya

Rapatsa Janthasri*

*Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham
University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

Abstract

Combining ability is important information for development of papaya (*Carica papaya*) hybrids. The objective of this study was to investigate general combining ability (GCA) of five papaya inbred lines and specific combining ability (SCA) of the hybrids for fresh weight, crispy flesh, disease level, fruit length, fruit width and yield. The inbred lines were crossed in full diallel matting design with reciprocals, and 20 F_1 hybrids were evaluated in a randomized complete block design with five replications: ten trees/replication, in the winter season 2018 at the Center for Research and Development of Papaya for Unripe Consumption in Maha Sarakham. The genetical analysis were using Griffing's method 4 with fixed model effect. The results were no significant in all treatments except crispy% ring spot disease and yields. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were significant (99%) for percentage of papaya ring spot disease and were significant (95%) in crispy and yields. For 4 cultivars (Yellow Krang, Red Krang, Khaeg Nuan Kalasin, Kaek Dam) expressed high GCA. Three hybrids were : 1) Red Krang $\times$ Khaeg Nuan Kalasin for fresh weight and fruit width 2) Yellow Krang $\times$ Khaeg Nuan Kalasin for disease level, fruit length and high yield and 3) Yellow Krang $\times$ Red Krang for crispy papaya hybrids had high SCA. Thus, these three crosses were the fix cultivars suitable for double cross productions.

Keywords: *Papaya carica*, development of hybrid, diallel cross, general combining ability and specific combining

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

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการบริโภคมะละกอภายในประเทศมีปริมาณเพิ่มสูงมากทั้งในรูปของการบริโภคผลดิบ บริโภคผลสุกและส่งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋อง ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก อุตสาหกรรมฟอกหนัง อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมผลิตเนื้อและปลากระป๋อง เป็นต้น (Janthasri, 2015) โดยเฉพาะมะละกอดิบเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้ในการทำส้มตำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ความต้องการบริโภคมะละกอดิบของคนอีสานจึงมีมากเป็นพิเศษ พื้นที่ปลูกมะละกอที่สำคัญและส่งขายมะละกอในเขตภาคอีสานมี 4 แหล่งใหญ่ ๆ คือ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ อ.ท่าพระ จ.ขอนแก่น และ อ.ห้วยผึ้ง จ.กาฬสินธุ์ ซึ่งมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการผู้บริโภคภาคอีสานต้องสั่งซื้อมะละกอจากเขตภาคกลาง โดยเฉพาะพันธุ์แขกดำดำเนินของ จ.ราชบุรี เป็นที่นิยมของแม่ค้าส้มตำมากเป็นพิเศษเนื่องจากได้เส้นมะละกอที่กรอบอร่อยมากกว่าพันธุ์แขกดำศรีสะเกษ (Janthasri, 2009) แต่ในปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะละกอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนลดลงเนื่องจากปัญหาการระบาดของโรคไวรัสใบจุดวงแหวน ทำให้ผลผลิตมะละกอโดยภาพรวมลดลง อย่างไรก็ตามในขณะนี้ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เขตภาคกลางหรือเขตอื่นๆ ที่มีการปลูกมะละกอก็ประสบกับปัญหาการระบาดของโรคใบจุดวงแหวนซึ่งเป็นแล้วไม่หายได้ผลผลิตที่ด้อยคุณภาพหรือบางครั้งไม่ได้ผลผลิตเลย แม้แต่ประชาชนทั่วไปที่ปลูกตามสวนหลังบ้านก็ประสบกับปัญหาโรคนี้ อีกทั้งไม่สามารถปลูกมะละกอในพื้นที่เดิมได้อีกเนื่องจากการสะสมของโรค (Janthasri, and Janthasri, 2016) ซึ่ง

ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตมะละกอลดลงทั้งประเทศก่อให้เกิดผลต่อเนื่องไปยังภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้มะละกอเป็นวัตถุดิบ จากการสำรวจผู้บริโภคและขายส้มตำในภาคอีสานตอนล่างพบว่า มีการซื้อ-ขายมะละกอจากสวนเกษตรกรหลายจังหวัดในพื้นที่ภาคอีสานซึ่งเป็นสวนขนาดเล็ก เพื่อให้มีมะละกอพอเพียงต่อการบริโภค (Janthasri, 2015) พันธุ์มะละกอในประเทศไทยมีมากมาย แต่ทุกพันธุ์ไม่มีความทนทานต่อโรคนี้นี้ ทำให้มีการผลิตพันธุ์ใหม่ขึ้นมาส่งเสริมทดแทนกันไปเรื่อยๆ

เกษตรกรส่วนมากใช้พันธุ์มะละกอที่เป็นพันธุ์ผสมเปิด (Open Pollented; OP) ซึ่งมักพบปัญหาด้านความสม่ำเสมอของขนาด และปริมาณของผลผลิต แต่มีข้อดีคือเมล็ดพันธุ์มีราคาถูก และสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ได้ อย่างไรก็ตามพันธุ์ผสมเปิด มักมีความแปรปรวนในลักษณะผลผลิตและคุณภาพ ในขณะที่พันธุ์ลูกผสม มีจุดเด่นในด้านผลผลิตสูง คุณภาพเหมาะต่อการรับประทานทั้งผลสดและผลดิบ มีความทนทานต่อโรคใบจุดวงแหวน มีความสม่ำเสมอของลักษณะต่างๆ ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ มีความกรอบสูงนั้น จึงจำเป็นต้องให้มีปริมาณผลผลิตมะละกอต่อไร่สูงขึ้นเพื่อให้ปริมาณผลกรอบรวมสูงที่สุด การคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่ดีเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่ที่มีสมรรถนะ การรวมตัวที่ดี จะให้ลูกผสมที่ดี (Samphantharak, 2003) โดยสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (GCA) เป็นค่าที่บอกความสามารถของพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งในการให้ลูกผสมที่ดี เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ หลายพันธุ์ ค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป จะมีค่าสูงในพ่อแม่ที่มีฐานพันธุกรรมแตกต่างกัน และ จะมีค่าต่ำในพ่อแม่ที่มีฐานพันธุกรรมใกล้เคียงกันหรือเป็นเครือญาติกัน ดังนั้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ ศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป สมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของมะละกอบริโภคผลดิบ 5 พันธุ์ ที่เหมาะสมในการผลิตพันธุ์มะละกอลูกผสมที่มีความดีเด่นเหนือพันธุ์พ่อแม่ในลักษณะความกรอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน การสร้างสายพันธุ์แท้ การสร้างลูกผสมเดี่ยว และการทดสอบพันธุ์ลูกผสม

การสร้างสายพันธุ์แท้

นำมะละกอที่ผ่านการปรับปรุงประชากรจากโครงการปรับปรุงพันธุ์มะละกอบริโภคเพื่อผลสด ของศูนย์วิจัยและพัฒนามะละกอ จ. มหาสารคาม จำนวน 5 ประชากร คือ ประชากรมะละกอบริโภคผลสด คือ พันธุ์ครั้งแดง พันธุ์ครั้งเหลือง พันธุ์แขกนวลกาฬสินธุ์ พันธุ์แขกดำและพันธุ์สีทอง ใช้วิธีผสมตัวเองร่วมกับคัดเลือกแบบจุดประวัตินี้ โดยปลูกแบบผลต่อแถว จำนวน 6 ขั้วรุ่น เริ่มดำเนินการ ปี พ.ศ. 2552 ถึง ปี พ.ศ. 2557 ณ สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และคัดเลือกสายพันธุ์ซึ่งพิจารณาจากปริมาณผลผลิตต่อต้น ความหนาเนื้อ ความกรอบของเนื้อ จำนวนเมล็ดต่อผลและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เพื่อนำไปสร้างลูกผสมเดี่ยว

การสร้างลูกผสมเดี่ยว

นำมะละกอสายพันธุ์แท้ทั้ง 5 สายพันธุ์ มาผสมแบบพบกันหมด ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ.

2558 ถึง เมษายน ปี พ.ศ. 2559 ได้ ลูกผสมเดี่ยวทั้งหมด 20 คู่ผสม

การทดสอบพันธุ์ลูกผสม

ปลูกทดสอบลูกผสมเดี่ยวและสายพันธุ์แท้ทั้งหมด 25 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มะละกอการค้า 3 พันธุ์ ในช่วงเดือน เดือน พฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2559 ถึง เดือน เมษายน ปี พ.ศ. 2560 ในพื้นที่ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น การเตรียมแปลงปลูก โดยการยกร่อง ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 3 x 3 เมตร ขุดหลุมปลูกขนาดลึก 50 เซนติเมตร ตากดินไว้ 1 อาทิตย์ ใส่ดินจอมปลวกตามอัตราที่กำหนด พร้อมดินผสมในหลุมที่มีส่วนประกอบของ ปุ๋ยหมัก 1 : แกลบเผา 1: แกลบดิบ 1 : ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 200 กรัมต่อหลุม คลุกเคล้าให้เข้ากัน หลังจากนั้น นำต้นกล้ามะละกอลงปลูกหลุมละ 2 ต้น เมื่อมะละกอมีอายุได้ 4 เดือน ทำการคัดเลือกต้นกระเทยให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม การให้น้ำและการให้ปุ๋ยจะทำทุกเดือน เมื่อต้นมะละกอเริ่มออกดอกจะเพิ่มปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 ปริมาณ 100 กรัมต่อต้นต่อเดือน จนกระทั่งเก็บผลผลิตเรียบร้อยแล้วในเดือนที่ 8 เมื่อพบโรคและแมลงสามารถป้องกันได้ตามความจำเป็น เช่น carbosulfan ป้องกันเพลี้ยไฟ benomyl ป้องกันโรคแอนแทรคโนส เป็นต้น

การบันทึกข้อมูล

เก็บข้อมูลคุณภาพผลมะละกอผล โดยสุ่มเก็บผลอายุ 5 เดือน จำนวน 3 ผลต่อต้น เก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยในส่วนของ ปริมาณผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักผลต่อลูก (กิโลกรัม) ความยาวผล (เซนติเมตร) เส้นรอบวงผล (เซนติเมตร)

ความกรอบ (โดยใช้การชิมโดยผู้บริโภคร) และระดับการเกิดโรค (0-4) วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัว ตามวิธีของ Griffin's method 4 (method 4)

ผลการวิจัย

สมรรถนะการผสมทั่วไปของพันธุ์พ่อแม่และสมรรถนะการผสมเฉพาะของคู่ผสม

1. น้ำหนักผล

พันธุ์ครึ่งเหลือง เป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวกสูงที่สุด ($GCA = 0.02544$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งแดง x พันธุ์แขนงกลาฟสินธุ์ เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 0.00836$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมทำให้ได้ลูกผสมที่มีน้ำหนักผลมากที่สุด (Table 1)

2. ความกรอบ

พันธุ์ครึ่งเหลืองเป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวกสูงที่สุด ($GCA = 0.10256$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์ครึ่งแดง เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 0.23404$) แสดงว่าคู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีความกรอบดีที่สุด (Table 2)

3. ระดับของการเกิดโรค

พันธุ์แขนงกลาฟสินธุ์ เป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปน้อยที่สุดในทางบวก ($GCA = 0.0068$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์แขนงกลาฟสินธุ์ เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 0.0532$) แสดงว่า คู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ลูกผสมที่มีระดับของการเกิดโรคน้อยที่สุด (Table 3)

4. ความยาวผล

พันธุ์แขกดำ เป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวก ($GCA = 0.278$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์แขนงกลาฟสินธุ์ เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 0.762$) แสดงว่า คู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ลูกผสมที่มีความยาวผลมากที่สุด (Table 4)

5. เส้นรอบวงผล

พันธุ์ครึ่งแดง เป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวก ($GCA = 0.196$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งแดง x พันธุ์แขนงกลาฟสินธุ์ เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 0.984$) แสดงว่า คู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ลูกผสมที่มีเส้นรอบวงผลมากที่สุด (Table 5)

6. ปริมาณผลผลิต

พันธุ์ครึ่งเหลือง เป็นพันธุ์ที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวก ($GCA = 351.36$) ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง $\times$ พันธุ์แขกนวลภาพสินธุ์ เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกมากที่สุด ($SCA = 265.7$) แสดงว่าคู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด (Table 6)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และการรวมตัวแบบเฉพาะ (SCA) ของมะละกอ 5 สายพันธุ์ โดยศึกษาลักษณะของน้ำหนักรผล ความกรอบ ระดับของการเกิดโรค ความยาวผล เส้นรอบวงผล และปริมาณผลผลิต พบว่า ค่าความแปรปรวนของ GCA เหมือนกับ SCA คือ ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% คือ ลักษณะระดับของการเกิดโรค ในลักษณะ ความกรอบและปริมาณของผลผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้น ลักษณะของน้ำหนักรผล ความยาวผล และเส้นรอบวงผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 7) การหาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของมะละกอ ซึ่งผลของ GCA และ SCA เป็นข้อมูลที่สำคัญในการคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีมีศักยภาพสูงในการนำไปผลิตเป็นลูกผสมและยังสามารถบอกได้ถึงการแสดงออกของยีนว่าเป็นแบบใด (Samphantharak, 2003) ความสำคัญของ GCA เมื่อเทียบกับ SCA (The relative importance of GCA : SCA) พบว่า สัดส่วน GCA : SCA มีค่าสูงในลักษณะค่าความยาวผล ปริมาณผลผลิต น้ำหนักรผล ความกรอบและเส้นรอบวงผล ตามลำดับ (0.9399, 0.1938, 0.0804, 0.1137, 0.0141) และพบว่าสัดส่วน GCA : SCA ที่มีต่ำ

ที่สุด คือ ระดับของการเกิดโรค (0.0040) และเมื่อประเมินสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์และสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะของมะละกอทั้ง 5 สายพันธุ์พบว่าทุกลักษณะมีสัดส่วนระหว่าง GCA : SCA ต่ำกว่า 1 นั้นแสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญต่อลักษณะดังกล่าว (Table 7) ดังนั้น เมื่อพิจารณาค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (GCA) ของลักษณะต่างๆ สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะ ความกรอบ ระดับการเกิดโรค และปริมาณผลผลิตมีค่าสูงและมีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าว มีการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene effect) สายพันธุ์ที่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูง แสดงว่า พันธุ์นั้นเหมาะสมที่จะใช้เป็นพ่อแม่ กล่าวคือ เมื่อ นำไปผสมกับพันธุ์อื่นๆ มีโอกาสที่จะให้ลูกผสมที่จะ ให้ผลผลิตสูงหรือนำไปใช้ในการสร้างพันธุ์ผสมเปิดได้ ในมะละกอ 5 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ครึ่งเหลือง, ครึ่งแดง, แขกนวลภาพสินธุ์ และแขกดำเป็นสายพันธุ์ที่มีค่า GCA ของลักษณะที่ต้องการสูงในลักษณะ น้ำหนักรผล ความกรอบ ระดับของการเกิดโรค ความยาวผล เส้นรอบวงผล และปริมาณผลผลิต เนื่องจากลักษณะเหล่านี้มีการแสดงออกของยีนในแบบบวกเหมาะสำหรับนำไปสร้างเป็นพันธุ์ผสมต่อไป และลูกผสมที่มี สมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูงเหล่านี้ เกิดจากพ่อแม่ ที่มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงรวมอยู่ด้วย และคู่ผสมที่มีสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูงเหมาะสำหรับนำไปเป็นพันธุ์ลูกผสม ต่อไปคือ 1) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งแดง $\times$ พันธุ์แขกนวลภาพสินธุ์ เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีน้ำหนักรผลมากที่สุดและเส้นรอบวงผลมากที่สุด 2) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง $\times$ พันธุ์แขกนวลภาพสินธุ์ เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีระดับของการเกิดโรค

น้อยที่สุด ให้ความยาวผลมากที่สุดและมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด 3) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์ครึ่งแดง เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีความกรอบดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ การคัดเลือกมะละกอ 10 สายพันธุ์ ในรุ่น F_3 ที่ได้คัดเลือก คู่ผสมระหว่าง พันธุ์ครึ่งเนื้อแดง x พันธุ์ครึ่งเนื้อเหลือง, คู่ผสมระหว่าง พันธุ์ครึ่งเนื้อแดง x พันธุ์แขกนวลกาฬสินธุ์ และ คู่ผสมระหว่าง พันธุ์แขกนวลกาฬสินธุ์ x พันธุ์ครึ่งเนื้อเหลือง (Janthasri, 2016; Chaiyaboon, 2015) สอดคล้องกับ Zivanvic *et al.* (2010) รายงานว่า SCA มีความสำคัญในการแสดงออกของลักษณะความยาวฝักและความกว้างฝักในข้าวโพด Younes and Andrew (1978) ได้ทำการศึกษาในน้ำหนักรวมของข้าวโพดลูกผสม สายพันธุ์แท้ พบว่า ทั้ง GCA และ SCA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อหาอัตราส่วน ระหว่าง GCA/SCA พบว่ามีระดับ

ใกล้เคียงกัน แสดง ว่า SCA มีความสำคัญเช่นเดียวกับ GCA Jitlaka *et al.* (2019) ได้ศึกษาการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสารเบต้าแคโรทีน พบว่า สายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ให้สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) ของผลผลิต คือ สายพันธุ์ Kwi 107 และคู่ผสม Kwbs x 6209 มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) สูงสุด

ลักษณะความกรอบเป็นลักษณะที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตมะละกอเพื่อบริโภคผลดิบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางคุณภาพมีปัจจัยหลายอย่างในการควบคุม การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะจึงมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะ ความกรอบ เพื่อพัฒนามะละกอบริโภคผลดิบในอนาคต

Table 1 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for flesh weight in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	0.02544	-0.03664	-0.01404	0.00476	0.00696
Red Krang		-0.00596	0.00836	-0.02484	-0.00664
Khaeg Nuan Kalasin			-0.00956	-0.01624	-0.00704
Khaeg Dam				0.00364	-0.00624
Sithong					-0.01356

Table 2 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for crispy flesh in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	0.10256	0.23404	-0.06636	-0.19816	-0.07656
Red Krang		0.02556	0.01764	-0.07116	-0.04956
Khaeg Nuan Kalasin			0.00396	0.19144	0.03904
Khaeg Dam				-0.02124	0.04324
Sithong					-0.11084

Table 3 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for disease level in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	-0.0012	-0.0118	0.0532	0.0192	-0.0218
Red Krang		0.0018	-0.0598	0.0162	0.0202
Khaeg Nuan Kalasin			0.0068	0.0212	0.0202
Khaeg Dam				0.0008	0.0062
Sithong					-0.0082

Table 4 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for fruit length in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	-0.342	-0.278	0.762	0.272	-0.748
Red Krang		-0.272	-0.858	0.402	-0.118
Khaeg Nuan Kalasin			0.238	0.292	-0.028
Khaeg Dam				0.278	0.282
Sithong					0.098

Table 5 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for fruit width in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	-0.224	-0.716	0.004	-0.136	-0.056
Red Krang		0.196	0.984	-0.356	-0.376
Khaeg Nuan Kalasin			0.076	-0.236	-0.856
Khaeg Dam				-0.184	0.704
Sithong					0.136

Table 6 Means and general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for yield in 5 papaya

	Yellow Krang	Red Krang	Khaeg Nuan	Khaeg Dam	Sithong
Yellow Krang	351.36	-185.26	265.74	252.04	138.64
Red Krang		154.96	-327.86	145.44	220.04
Khaeg Nuan Kalasin			289.46	-163.56	84.04
Khaeg Dam				-146.34	-168.16
Sithong					-649.44

Table 7 Combined analysis of variance of five papaya inbred lined in winter season 2016.

Source of variation	df	Means square					
		Fresh weight	crispy flesh	disease level	fruit length	fruit width	yield
		(Kg)	(level 0-5)	(level 0-4)	(cm)	(cm)	(Kg/Rai)
GCA	4	0.009712	0.239242	0.001188	3.3448	1.4672	6744412.52
SCA	24	0.111025	1.864345	0.291826	0.2136	102.5144	28052532.64
Reciprocal	24	0.026388	0.229538	0.02065	2.53	16.76	1745231.5
Error	96	0.01181	0.0592	0.01927	7.87667	3.8753	1154391
GCA/SCA		0.0804	0.1137	0.0040	0.9399	0.0141	0.1938
F-test		ns	*	**	ns	ns	*
CV. (%)		8.27	7.32	4.75	7.35	5.98	7.34

ns, *,**= non-significant and significant at 0.5 and 0.01 probability levels, respectively.

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวในลักษณะความกรอบของมะละกอบริโภคผลดิบ สายพันธุ์แท้ของมะละกอ 5 พันธุ์ พบว่า

1. พันธุ์ครึ่งเหลือง, พันธุ์ครึ่งแดง, พันธุ์แขกนวล กากสีนวลและพันธุ์แขกดำเป็นสายพันธุ์ที่มีค่า GCA ของลักษณะที่ต้องการสูงในลักษณะ น้ำหนักผล ความกรอบ ระดับของการเกิดโรค ความยาวผล เส้นรอบวงผล และปริมาณผลผลิต

2. คู่ผสมที่มีสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูง เหมาะสำหรับนำไปเป็นพันธุ์ลูกผสมต่อไปคือ

2.1) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งแดง x พันธุ์แขกนวลกากสีนวล เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีน้ำหนักผลมากที่สุดและมีเส้นรอบวงผลมากที่สุด

2.2) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์แขกนวล กากสีนวล เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีระดับของการเกิดโรคน้อยที่สุด ให้ความยาวผลมากที่สุดและมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด

2.3) คู่ผสม พันธุ์ครึ่งเหลือง x พันธุ์ครึ่งแดง เป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีความกรอบดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

References

- Chaiyaboon, W. 2015. Papaya production for unripe consumption in Maha Sarakham Province. Special Problems Research Report. Bachelor of Science (Agriculture). Rajabhat Maha Sarakham University. 24 p. (in Thai)
- Janthasri R. 2009. Commercial papaya. First edition. Ubol Ratchathani University Press, Ubon Ratchathani. 80 p. (in Thai)
- Janthasri R., and K. Janthasri. 2016. Comparison of papaya cultivars' tolerance to Papaya Ring Spot Virus in Ubon Ratchathani Province. Ubol Ratchathani University Academic Journal. 8(1): 8-19. (in Thai)

- Janthasri, R. 2016. The Situation of 'Krang' Papaya Production in Kalasin Province. Research report for the Thailand Research Fund. 50 p. (in Thai)
- Janthasri, R. 2015. Papaya Cultivation Management to Reduce the Spread of Papaya Ringspot Virus. Research report of Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. 80 p. (in Thai)
- Jitlaka, C., Supornpath, P., Changsaluk S. and Jompuk, C. 2019. The Development and Combining Ability of Waxy Corn with Beta-carotene. Agricultural Sci. J. 50(2)(Suppl.): 61-64. (in Thai)
- Samphantharak, K. 2003. Plant breeding: basics, methods and concepts. Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)
- Younes, M.H., and R.H. Andrew. 1978. Productivity and prolificacy in a diallel series of market sweet corn hybrids. Crop Science 18: 224-226.
- Zivanovic T, G. Brankovic, and S. Radanovic. 2010. Combining abilities of maize inbred lines for grain yield and yield components. Genetika 42: 565-574.

ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมปริมาณซิลิกอนกับการให้ผลผลิตของข้าว

สำราญ พิมรา^{1*}, เหล็กไหล จันทะบุตร¹, พรพิชญ ธรรมปัทม² และ สุนันท์ บุตรศาสตร์³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, ²สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, ³สาขาวิชาธุรกิจการอาหารและ

โภชนาการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยซิลิกอนเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวมีความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช รวมทั้งสามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงในการเพิ่มผลผลิตข้าวได้โดยไม่ทำให้ต้นข้าวหักล้มเสียหายเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตข้าว การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณซิลิกอนที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดและฟางข้าว และ 2) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของปริมาณซิลิกอนกับผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ดำเนินการทดลองโดยปลูกข้าวในบ่อซีเมนต์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-สิงหาคม 2561 วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ปัจจัย A คือ การฉีดพ่นกรดซิลิกิกในอัตรา 0, 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. และปัจจัย B คือ จำนวนครั้งและช่วงระยะที่ฉีดพ่นกรดซิลิกิก ได้แก่ 1) ฉีดพ่น จำนวน 1 ครั้ง ที่ระยะ 30 วันหลังงอก 2) ฉีดพ่น จำนวน 2 ครั้ง ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก 3) ฉีดพ่น จำนวน 3 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก และ 4) ฉีดพ่น จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก เก็บข้อมูลน้ำหนักเมล็ด น้ำหนักฟางแห้ง และปริมาณซิลิกอนที่สะสมในส่วนของเมล็ดและฟางข้าว จากการวิเคราะห์ซิลิกอน (ซิลิกอนไดออกไซด์) ที่สะสมอยู่ในเมล็ดและฟางข้าว พบว่าการฉีดพ่นกรดซิลิกิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้ปริมาณซิลิกอนที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่น ในขณะที่การฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก มีผลทำให้การสะสมของซิลิกอนในเมล็ดและฟางข้าวสูงกว่าการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง ที่ระยะ 30 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้ง ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก และการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง หลังงอกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก นอกจากนี้ยังพบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิกิกในอัตราความเข้มข้นสูงทำให้มีการสะสมของซิลิกอนในเมล็ดและฟางข้าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่นหรือการฉีดพ่นในอัตราความเข้มข้นต่ำ ซึ่งปริมาณของซิลิกอนที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนครั้งและระยะเวลาที่ฉีดพ่น โดยเฉพาะการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกมีผลทำให้การสะสมของซิลิกอนในเมล็ดและฟางข้าวสูงที่สุด ปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์ที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักเมล็ด ($r=0.42^{**}$ และ 0.47^{**} ตามลำดับ) ดังนั้นการฉีดพ่นกรดซิลิกิกเพื่อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวควรฉีดพ่นโดยเฉพาะในดินที่ขาดธาตุซิลิกอน

คำสำคัญ: กรดซิลิกิก ซิลิกอน การฉีดพ่นทางใบ และการสะสม

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sumranp@gmail.com

Relationship between Silicon Accumulation and Yield Production of Rice

Sumran Pimratch^{1*}, Leklai Chantabut¹, Pornpisanu Thammapat² and Sunan Butsat³

¹Program in Agricultural Technology, ²Program in Food Technology, ³Program in Food Business and Nutrition, Faculty of Agricultural Technology Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

Abstract

The application of silicon to increase plant health, resistance to diseases and insect pests and ability of plant to use high nitrogen rates without lodging is a promising means for crop management to increase yield. The objectives of this study were; 1) to investigate the effects of foliar spray of silicic acid in terms of rate and frequency to quantify silicon dioxide (SiO₂) accumulation in grains and straw and 2) to determine relationship between SiO₂ accumulation and yield of Chinat 1 rice. The experiment was undertaken at the Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University during February to August 2018. A 4 x 4 factorial experiment was set up in a completely randomized design arrangement of the treatments with three replications. Factor A consisted of four levels of silicic acid (0, 50, 100 and 150 ml/20 L water) and factor B included four levels of spraying frequency (one time at 30 days after emergence (DAE), two times at 30 and 60 DAE, three times at 30, 60 and 75 DAE and four times at 30, 60, 75 and 90 DAE). Data were recorded for grain yield, straw dry weight, and SiO₂ accumulation in grains and straw. Applications of silicic acid at the rates of 50, 100 and 150 ml/20 L water had significantly higher SiO₂ accumulation in grains and straw than un-treated control, whereas application of silicic acid for four times at 30, 60, 75 and 90 DAE had significantly higher SiO₂ in grains and straw than application if silicic acid for one time at 30 DAE, application of silicic acid for two time at 30 and 60 DAE and application of silicic acid for three time at 30, 60 and 75 DAE. Applications of silicic acid at high rates had higher SiO₂ in grains and straw than untreated control and applications at low rates. The higher the frequency of spray, the greater the accumulation of SiO₂ in grains and straw. Application of silicic acid for four times at 30, 60, 75 and 90 DAE had the highest accumulation of SiO₂ in grains and straw. The interactions between rate and frequency of spray were significant for the accumulation of SiO₂ in grains and straw. Positive and significant correlations were observed between accumulation of SiO₂ in grains and straw, and grain yield ($r = 0.42^{**}$ and 0.47^{**} , respectively). Therefore, silicic acid spray to increase growth and yield of rice should be sprayed, especially on silicon deficient soils.

Keywords: silicic acid, silicon, foliar spray and accumulation

*Corresponding author: E-mail: sumranp@gmail.com

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกข้าวคือผลผลิตต่ำ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงทำให้ต้นข้าวอ่อนแอ หักล้มง่าย เกิดการสูญเสียของผลผลิตข้าว และง่ายต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง ดังนั้นการใช้สารเพิ่มประสิทธิภาพหรือธาตุอาหารที่ช่วยเสริมประโยชน์ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวมีความต้านทานโรคและแมลงศัตรู รวมทั้งสามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงในการเพิ่มผลผลิตข้าวได้โดยไม่ทำให้ต้นข้าวหักล้มเสียหาย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรผู้ผลิตข้าว

ปุ๋ยซิลิคอนช่วยปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และจากการทำลายของศัตรูพืช การใช้ปุ๋ยซิลิคอนในรูปของสารแอกทิฟเชิงชีว-ธรณี-เคมี (biogeochemically active silicon substances) ช่วยให้ดินมีธาตุนี้เพียงพอและเสริมประโยชน์แก่พืชที่ดูดไปใช้ (Synder *et al.*, 2007) ช่วยทำให้ต้นข้าวมีระบบรากแข็งแรง สมบูรณ์ มีรากจำนวนมาก ต้นข้าวเจริญเติบโตดี แตกกอมาก ต้นไม่หักล้มง่าย ใบข้าวตั้งขึ้น สามารถรับแสงแดดได้อย่างทั่วถึง อากาศถ่ายเทดี ช่วยลดการเกิดโรคและลดการสะสมของแมลง ซิลิคอนช่วยให้ใบข้าวมีความเหนียวและแข็งแรง ต้นข้าวทนต่อการเข้าทำลายของแมลง การขาดซิลิคอนในข้าวทำให้การเจริญเติบโตลดลง พืชที่ขาดซิลิคอนต้องการน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างลดลง ธาตุซิลิคอนจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ต่อเมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย คือ กรดโมโนซิลิก (monosilicic acid; H_4SiO_4

หรือ $Si(OH)_4$) และกรดพอลิซิลิก (polysilicic acid) (Cai *et al.*, 2008; Marschner, 1995; Osotsa, 2015)

การขาดธาตุซิลิคอนของข้าวในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจะทำให้การเจริญเติบโตช้า ถ้าหากข้าวขาดธาตุซิลิคอนในช่วงออกดอกจะทำให้ช่อดอกไม่สมบูรณ์ (Ma *et al.*, 1989) ทำให้การเจริญของดอกล่าช้า และมีเมล็ดลีบจำนวนมาก การให้ปุ๋ยซิลิคอนช่วยทำให้การพัฒนาของข้าวในระยะเจริญพันธุ์ดีขึ้น (Inanaga *et al.*, 2002) ทำให้โครงสร้างทรงพุ่มของต้นข้าวดีขึ้น (Ando *et al.*, 2002) ข้าวมีซิลิคอนในส่วนเหนือดิน 2-10 % แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5-6 % การผลิตเมล็ดข้าว 1 ตัน รากข้าวต้องดูดซิลิคอนมาจากดิน 50-110 กก. หรือเฉลี่ย 80 กก. ซิลิคอน/ต้นผลผลิต ซึ่งประมาณ 80 % ยังคงอยู่ในฟางเมื่อข้าวสุกแก่ สำหรับความเข้มข้นระดับวิกฤตขาดแคลน จากใบบนสุดซึ่งขยายขนาดเต็มที่แล้ว (Y leaf) ในช่วงแตกกอจนถึงระยะมีดอกอ่อนที่ข้อบนสุด (initiation of panicle primordia, IPP) สูงกว่า 5 % ซิลิคอน ค่าดังกล่าวจากส่วนเหนือดินในช่วงเก็บเกี่ยวก็สูงกว่า 5 % ซิลิคอน เช่นเดียวกัน แต่ระดับที่ถือว่าพอเหมาะคือ 5-10 % ซิลิคอน (Doberman and Fairhurst, 2000) ข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับซิลิคอนจะมีการเจริญเติบโตสูง (Gill *et al.*, 2007) จากรายงานการทดลองที่ผ่านมาส่วนมากเป็นการให้ปุ๋ยซิลิคอนทางรากพืช แต่ยังไม่ขาดข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยซิลิคอนหรือกรดซิลิกโดยการฉีดพ่นทางใบ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมธาตุซิลิคอนกับการให้ผลผลิต ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณซิลิคอนที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดและฟางข้าว และ

2) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของปริมาณซิลิคอนกับผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง คือ พันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง และใช้กรดซิลิกิกที่มีความเข้มข้นของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) เท่ากับ 1.48 % วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัย A คือ การฉีดพ่นกรดซิลิกิก 4 อัตรา (0, 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล.) ปัจจัย B คือ จำนวนครั้งและระยะที่ฉีดพ่นกรดซิลิกิก (1, 2, 3 และ 4 ครั้ง คือ ในช่วงระยะข้าวแตกกอ 30 วันหลังงอก ในช่วงระยะข้าวแตกกอ 30 วันหลังงอก และระยะข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน 60 วันหลังงอก, ในช่วงระยะข้าวแตกกอ 30 วันหลังงอก ระยะข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน 60 วันหลังงอก และระยะข้าวออกดอก 75 วันหลังงอก และ ในช่วงระยะข้าวแตกกอ 30 วันหลังงอก ระยะข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน 60 วันหลังงอก ระยะข้าวออกดอก 75 วันหลังงอก และระยะพัฒนาการของเมล็ด 90 วันหลังงอก) ประกอบด้วย 16 กรรมวิธี (treatments combination)

การปลูกและการดูแลรักษา

ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในบล็อกซีเมนต์ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 50 ซม. ที่บรรจุดินปลูกที่ผ่านการตากแดดให้แห้งและบดให้ละเอียด ใช้ระยะปลูก 20×20 ซม. ปลูกหลุมละ 3-5 เมล็ด หลังจากปลูกรดน้ำให้ชุ่มที่ระดับความจุสนาม (field capacity) หลังจากข้าวงอกอายุ 7 วัน ถอนให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร

16-16-8 อัตรา 30 กก./ไร่ เมื่อข้าวอายุได้ 15 วันหลังงอก และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ เมื่อข้าวอายุได้ 60 วันหลังงอก กำจัดวัชพืชโดยใช้มือถอนอย่างสม่ำเสมอในแต่ละกรรมวิธีมีการให้น้ำอย่างเพียงพอ และเมื่อข้าวเริ่มแตกกอรักษาระดับของน้ำให้สูงประมาณ 10 ซม. จนถึงใกล้ระยะเก็บเกี่ยวค่อยงดการให้น้ำ

การฉีดพ่นกรดซิลิกิก ฉีดพ่นครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 30 หลังจากเมล็ดงอก (ฉีดพ่น 1 ครั้ง) และฉีดพ่นซ้ำอีกครั้งตามอัตราความเข้มข้น และช่วงระยะเวลาในการฉีดพ่นเมื่อข้าวอายุได้ 60, 75 และ 90 วันหลังงอก (ฉีดพ่น 2, 3 และ 4 ครั้ง ตามลำดับ) ตามทรีตเมนต์ที่กำหนด ในการฉีดพ่นแต่ละครั้งจะใช้โครไมล์สี่เหลี่ยมที่มีพลาสติกกันสำหรับฉีดพ่นแต่ละทรีตเมนต์ เพื่อควบคุมให้ละอองของกรดซิลิกิกที่ฉีดพ่นอยู่ในเฉพาะพื้นที่ของทรีตเมนต์ที่กำหนด และป้องกันไม่ละอองของกรดซิลิกิกไปปะปนกับทรีตเมนต์อื่นๆ

การเก็บข้อมูล

1) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินร่วน (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) โดยวิธี Pipette method (Drilon, 1980) และสมบัติทางเคมีดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี Kjeldahl method (Black, 1965) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II (Drilon, 1980) ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่สกัดได้ (extractable K, Ca) โดยวิธี NH_4OAc and Atomic absorption spectrophotometer (Cottenie, 1980) สภาพความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ($1:2.5 \text{ H}_2\text{O}$) โดยวิธี Std. Glass electrode (Black, 1965) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange; CEC) โดยวิธี Peech

method และอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM) โดยวิธี Walkley and Black (Black, 1965)

2) น้ำหนักเมล็ดต่อน้ำ โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้งทั้งหมดด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ดูดซับ

3) น้ำหนักฟางแห้งและน้ำหนักแห้งรวมทั้งหมดเก็บตัวอย่างพืชทั้งต้น ยกเว้นราก เพื่อหาน้ำหนักแห้งของข้าว แล้วนำมาแยกส่วนของฟางข้าว (ลำต้นและใบ) และเมล็ด นำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4) วิเคราะห์หาปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งอยู่ในรูปของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ในส่วนของเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก) และข้าวฟางข้าว ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (Hallmark *et al.*, 1982)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Gomez and Gomez, 1984) และคำนวณค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างการสะสมของปริมาณซิลิคอนในส่วนของเมล็ดและฟางแห้งกับผลผลิตของข้าวโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป MSTAT-C (Bricker, 1989)

ผลการวิจัย

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินที่ใช้ในการทดลองมีอนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินร่วน (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) เท่ากับ 67.90, 20.50 และ 11.60 % ตามลำดับ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) มี pH เท่ากับ 6.2 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 23.21 c mol/kg ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.02 dS/m ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ คือ มีอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.14 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.007 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 15.12, 42.34 และ 130.71 มก./กก. ตามลำดับ

น้ำหนักเมล็ด

จากการชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้ง พบว่า น้ำหนักเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (Table1) โดยที่การฉีดพ่นกรดซิลิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล.มีผลทำให้ผลผลิตข้าวสูงการไม่ฉีดพ่นกรดซิลิก การฉีดพ่นในอัตราดังกล่าวให้น้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 28.84, 26.84 และ 27.36 ก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในกรรมวิธีไม่ฉีดพ่นกรดซิลิกที่ให้น้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 23.00 ก./ต้น เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาที่ฉีดพ่นพบว่า การฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง ที่ระยะ 30 วันหลังออก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้ง ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังออก การฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง หลังออกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังออก และการฉีด

พ่นจำนวน 4 ครั้งที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 26.18, 25.79, 25.79 และ 27.04 ก./ตัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาที่ฉีดพ่น พบว่า ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ (Table 1) หรือไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและระยะเวลาของการฉีดพ่นในลักษณะน้ำหนักเมล็ด โดยที่ผลผลิตอยู่ในช่วงระหว่าง 20.91-30.42 ก./ตัน ในกรรมวิธีการฉีดพ่นกรดซิลิซิก อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้งที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง เท่ากับ 30.42 ก./ตัน รองลงมาคือ การฉีดพ่นกรดซิลิซิก อัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 2 ครั้งที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก (29.09 ก./ตัน) และการฉีดพ่นกรดซิลิซิก อัตรา 50 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 3 ครั้งที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก (28.82 ก./ตัน) ตามลำดับ

น้ำหนักฟางแห้ง

จากการชั่งน้ำหนักฟางข้าวแห้ง พบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 0, 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. ไม่มีผลทำให้น้ำหนักฟางแห้งแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) ซึ่งน้ำหนักฟางแห้งอยู่ในช่วงระหว่าง 38.86-39.43 ก./ตัน ในทำนองเดียวกันพบว่า การฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้งที่ระยะ 30 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้งที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้งหลังงอกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก และการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้งที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกไม่มีผลทำให้น้ำหนักฟางแห้งของข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) ซึ่งน้ำหนักฟางแห้งเฉลี่ยอยู่ในช่วง

ระหว่าง 36.53-41.73 ก./ตัน และเมื่อพิจารณาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาที่ฉีดพ่น พบว่า ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ (Table 1) โดยมีน้ำหนักฟางแห้งอยู่ในช่วงระหว่าง 33.84-48.38 ก./ตัน โดยที่การฉีดพ่นกรดซิลิซิก ในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก มีแนวโน้มให้น้ำหนักฟางแห้งสูง เท่ากับ 48.38 ก./ตัน

การสะสมของซิลิคอนในส่วนของข้าวเมล็ดข้าว

จากการวิเคราะห์ซิลิคอนที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดข้าวเปลือกในรูปของซิลิคอนไดออกไซด์ใน พบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 0, 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้ความเข้มข้นของซิลิคอนที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) โดยที่ความเข้มข้นของซิลิคอนที่สะสมในเมล็ดมีค่า เท่ากับ 0.85, 1.04, 1.07 และ 1.12 % ตามลำดับ (0.85, 1.05, 1.07 และ 1.12 ก./ตัน ตามลำดับ) ซึ่งกรรมวิธีไม่ฉีดพ่นกรดซิลิซิกมีผลทำให้การสะสมซิลิคอนในเมล็ดต่ำกว่าการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลา พบว่า การสะสมของซิลิคอนในเมล็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยที่การฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้งที่ระยะ 30 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้งที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก และการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้งหลังงอกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก มีผลทำให้การสะสมของซิลิคอนในเมล็ดต่ำกว่าการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้งที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก ซึ่งความเข้มข้นของซิลิคอนที่สะสมในเมล็ดมีค่า เท่ากับ 0.98, 0.97, 1.02 และ 1.12 % ตามลำดับ (0.98, 0.97, 1.02 และ 1.12

ก./ตัน ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติระหว่างอัตราการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาที่ฉีดพ่น (Table 1) โดยการสะสมของซิลิโคนในเมล็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.79-1.24 % (0.80-1.25 ก./ตัน) การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก มีผลทำให้การสะสมของซิลิโคนในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือ การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก และการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก ตามลำดับ

การสะสมของซิลิโคนในส่วนของฟางข้าว

จากการวิเคราะห์ซิลิโคนที่อยู่ในรูปของซิลิโคนไดออกไซด์ซึ่งสะสมอยู่ในส่วนของฟางข้าว (ลำต้นและใบ) พบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 0, 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้การสะสมของซิลิโคนในส่วนของฟางข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) โดยที่การสะสมของซิลิโคนในส่วนฟางข้าวมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.33, 5.28, 5.35 และ 5.60 % ตามลำดับ (1.69, 2.09, 2.08 และ 2.19 ก./ตัน ตามลำดับ) ในกรณีวิธีไม่ฉีดพ่นกรดซิลิซิกมีผลทำให้การสะสมของซิลิโคนในฟางข้าวต่ำกว่าการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. ซึ่งการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. มีการสะสมของซิลิโคนในฟางข้าวสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาพบว่า การสะสมของซิลิโคนในส่วนของฟางข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยที่การฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง ที่ระยะ 30 วันหลังออก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้ง ที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังออก และการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง หลังออกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังออก มีผลทำให้

การสะสมของซิลิโคนในฟางข้าวต่ำกว่าการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก ซึ่งซิลิโคนที่สะสมในฟางข้าวมีค่า เท่ากับ 5.00, 5.06, 5.17 และ 5.34 % ตามลำดับ (เท่ากับ 1.87, 1.88, 2.06 และ 2.24 ก./ตัน ตามลำดับ) และพบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างอัตราการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาที่ฉีดพ่น (Table 1) โดยที่การสะสมของซิลิโคนในฟางข้าวมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.29-5.74 % (1.62-2.78 ก./ตัน) การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก มีผลทำให้ซิลิโคนสะสมในฟางข้าวมากที่สุด เท่ากับ 5.74 % (2.78 ก./ตัน) รองลงมาคือ การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 150 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 3 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, และ 75 วันหลังออก และการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 100 มล./น้ำ 20 ล. จำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออก ตามลำดับ ซึ่งมีของซิลิโคนสะสมในฟางข้าว เท่ากับ 5.72, 5.61 และ 5.59 % ตามลำดับ (2.43, 2.17 และ 2.04 ก./ตัน ตามลำดับ) ในขณะที่กรรมวิธีไม่มีการฉีดพ่นกรดซิลิซิกมีผลทำให้ซิลิโคนสะสมในฟางข้าวอยู่ในระดับต่ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมปริมาณซิลิโคนกับการให้ผลผลิต

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิโคนในรูปของซิลิโคนไดออกไซด์กับการให้ผลผลิตข้าว พบว่า ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งของข้าวมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณซิลิโคนไดออกไซด์ที่สะสมในส่วนเมล็ดและในส่วนฟางข้าว (Table 1) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.42** และ 0.47** ตามลำดับ

Table 1 Yield, silicon dioxide (SiO₂) accumulation in grains and straw and relationship between accumulation of silicon dioxide in grains and straw, and grain yield of rice cv. Chai Nat 1 grown in pot experiment during February-August in the 2018.

Treatments	Yield		Silicon dioxide (SiO ₂) accumulation			
	Grain weight (g/plant)	Straw dry weight (g/plant)	Grain (%)	Grain (g/plant)	Straw (%)	Straw (g/plant)
Silicic acid rates (A)						
0 ml (a1)	23.00b	39.08	0.85c ^{1/}	0.85c	4.33c	1.69b
50 ml (a2)	28.84a	39.43	1.04b	1.05b	5.29b	2.09a
100 ml (a3)	26.48a	38.86	1.07b	1.07b	5.35b	2.08a
150 ml (a4)	27.36a	39.08	1.12a	1.12a	5.60a	2.19a
F-test (A)	**	ns	**	**	**	**
Foliar spray timings (B)						
30 DAE (b1)	26.18	36.53	0.98bc ^{1/}	0.98bc	5.00c	1.87b
30, 60 DAE (b2)	25.79	38.06	0.97c	0.97c	5.06bc	1.88b
30, 60, 75 DAE (b3)	25.79	40.14	1.02b	1.02b	5.17b	2.06ab
30, 60, 75, 90 DAE (b4)	27.04	41.73	1.12a	1.12a	5.34a	2.24a
F-test (B)	ns	ns	**	**	**	*
Silicic acid rates (A) x Foliar spray timings B						
a1 x b1	23.07	37.81	0.85ef ^{1/}	0.85ef	4.29e	1.62
a2 x b1	27.59	36.20	0.98cd	0.99cd	5.10d	2.03
a3 x b1	28.47	38.27	1.02bc	1.02bc	5.12d	1.96
a4 x b1	25.58	33.84	1.07bc	1.07bc	5.48c	1.85
a1 x b2	24.06	41.36	0.79f	0.80f	4.36e	1.80
a2 x b2	28.56	38.82	0.99bcd	1.00bc	5.13d	1.85
a3 x b2	21.45	36.58	0.99bcd	0.99cd	5.17d	1.89
a4 x b2	29.09	35.47	1.08b	1.09b	5.56abc	1.97
a1 x b3	20.91	38.56	0.91de	0.92de	4.36e	1.67
a2 x b3	28.82	40.15	1.01bc	1.02bc	5.20d	2.04
a3 x b3	28.34	43.22	1.07bc	1.07bc	5.50bc	2.37
a4 x b3	28.62	38.65	1.08b	1.09b	5.61abc	2.17

Table 1 Yield, silicon dioxide (SiO₂) accumulation in grains and straw and relationship between accumulation of silicon dioxide in grains and straw, and grain yield of rice cv. Chai Nat 1 grown in pot experiment during February-August in the 2018. (continue)

Treatments	Yield		Silicon dioxide (SiO ₂) accumulation			
	Grain weight (g/plant)	Straw dry weight (g/plant)	Grain (%)	Grain (g/plant)	Straw (%)	Straw (g/plant)
Silicic acid rates (A) x Foliar spray timings B						
a1 x b4	23.95	38.59	0.83ef	0.83ef	4.32e	1.67
a2 x b4	30.42	42.56	1.19a	1.19a	5.72ab	2.43
a3 x b4	27.67	37.39	1.20a	1.20a	5.59abc	2.09
a4 x b4	26.13	48.38	1.24a	1.25a	5.74a	2.78
F-test (A x B)	ns	ns	*	*	**	ns
C.V. (%)	15.40	16.97	5.53	5.53	2.62	16.85
Correlation coefficient (r)	-	-	0.42**	0.42**	0.47**	0.32*

^{1/}Means in the same column with the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ by DMRT

ns, *, ** = non significant, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively (df = 46)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การฉีดพ่นกรดซิลิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่นกรดซิลิก โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 28.84, 26.48 และ 27.36 ก./ต่อต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตที่ได้จากการฉีดพ่นกรดซิลิกทั้ง 3 อัตราไม่แตกต่างกัน ขณะที่ผลผลิตข้าวในทรีตเมนต์ที่ไม่ฉีดพ่นกรดซิลิกมีค่าเท่ากับ 23.00 ก./ต้น ในทำนองเดียวกัน การฉีดพ่นในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. ยังมิได้ผลทำให้จำนวนรวงต่อกอ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากกว่าไม่ฉีดพ่นกรดซิลิก แต่ไม่มีผลทำให้จำนวนเมล็ด

ดีต่อรวง น้ำหนักฟางแห้ง น้ำหนักแห้งทั้งหมด และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน (Pimratch *et al.*, 2018) การฉีดพ่นกรดซิลิกในอัตราความเข้มข้น 50 และ 100 มล./น้ำ 20 ล. ทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยกว่าการไม่ฉีดพ่น สำหรับการฉีดพ่นกรดซิลิกจำนวน 1 ครั้งในระยะ 30 วัน หลังออก จำนวน 2 ครั้งในระยะ 30 และ 60 วันหลังออก จำนวน 3 ครั้งในระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังออก และจำนวน 4 ครั้งในระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังออกไม่ มีผลทำให้จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักฟางแห้ง น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน (ข้อมูลไม่ได้แสดง) แต่พบว่าการฉีดพ่นกรดซิลิกจำนวน 2, 3 และ 4 ครั้ง

มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดลืบทอรวนน้อยกว่าการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้ง แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราในการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งแต่ละช่วงระยะเวลาของการฉีดพ่นทั้งในลักษณะของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต (Pimratch *et al.*, 2018)

จากการวิเคราะห์ธาตุซิลิคอน (Si) ที่อยู่ในรูปของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ในส่วนของเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก) และในส่วนของข้าวฟางข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้ปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ในเมล็ดและฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่นกรดซิลิซิกและการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้งที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกมีผลทำให้ปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์สะสมอยู่ในเมล็ดและฟางข้าวสูงกว่าการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้งที่ระยะ 30 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้งที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก และการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้งหลังงอกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การสะสมของซิลิคอนไดออกไซด์ในเมล็ดและฟางข้าวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อฉีดพ่นในอัตราที่มีความเข้มข้นสูง และปริมาณของซิลิคอนไดออกไซด์ที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนครั้งและระยะเวลาที่ฉีดพ่น

จากการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (น้ำหนักเมล็ด) กับการสะสมของซิลิคอนในเมล็ดและฟางข้าว พบว่าผลผลิตของข้าวมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าว ($r=0.42^{**}$ และ 0.47^{**} ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าการให้ผลผลิตของข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมของปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ในเมล็ดและฟางข้าว ซึ่งปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์

ที่เพิ่มขึ้นอาจสามารถช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นได้ ถึงแม้ว่าการฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ผลผลิตของข้าวที่ได้จากการฉีดพ่นกรดซิลิซิกแตกต่างไปจากผลผลิตข้าวที่ไม่ได้ฉีดพ่นกรดซิลิซิก ทั้งนี้เนื่องจากซิลิคอนธาตุที่จัดอยู่ในกลุ่มธาตุเสริมประโยชน์ พืชไม่ได้ต้องการในปริมาณเหมือนธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Osotsapa, 2015) ดังนั้นการฉีดพ่นกรดซิลิซิกทั้ง 3 อัตราดังกล่าวจึงไม่เห็นความแตกต่างกันที่ชัดเจนทั้งในแง่การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งการฉีดพ่นกรดซิลิซิกสามารถฉีดพ่นในอัตราความเข้มข้นต่ำจนถึงอัตราที่มีความเข้มข้นสูง จากหลายๆ งานทดลองชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยซิลิคอนช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยซิลิคอนในอัตรา 40, 80 และ 160 กก./ไร่ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยซิลิคอน ซึ่งการใส่ปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 160 กก./ไร่ ได้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด (Sumranrum, 2011) การใส่ปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ได้เฉพาะในดินไม่เค็มและดินเค็มในระดับปานกลาง (Siriruang, 2017) การดูแลใช้ธาตุซิลิคอนในใบข้าวเพิ่มขึ้นตามอายุของใบ การใส่ปุ๋ยซิลิคอนมีผลทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าสำหรับการทดลองที่ไม่ใส่ซิลิคอน และการใส่ซิลิคอนทำให้ข้าวมีการสะสมไนโตรเจนในส่วนของลำต้นได้มากกว่าไม่ใส่ซิลิคอนถึง 38 % (Thongchon, 2016) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยซิลิคอนหรือการฉีดพ่นกรดซิลิซิกจะทำให้ข้าวมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้น จึงน่าจะมีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวให้เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ระหว่างการฉีดพ่นกรดซิลิกในอัตราต่างๆ กับการไม่ฉีดพ่น กรดซิลิก จากการศึกษาในครั้งนี้เห็นได้ว่า การฉีดพ่นกรด ซิลิกทางใบสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของข้าวได้ โดยเฉพาะในด้านการช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเห็นได้จากการฉีดพ่น กรดซิลิกมีผลทำให้ค่า SCMR เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ ฉีดพ่น (ข้อมูลไม่ได้แสดง) ในขณะที่การเจริญเติบโตใน ลักษณะการแตกกอเห็นผลที่ชัดเจนที่ระยะ 90 วันหลังงอก ประกอบกันกับองค์ประกอบผลผลิตในลักษณะจำนวนรวง ต่อกอและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ผลผลิต เพิ่มขึ้นจากการฉีดพ่นกรดซิลิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. การวัดค่า SCMR เป็นการวัดปริมาณ คลอโรฟิลล์ทางอ้อม และมีความสัมพันธ์กันกับปริมาณ คลอโรฟิลล์ในใบพืช คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุในใบพืชที่ทำ หน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ใบพืชที่มีปริมาณ คลอโรฟิลล์สูงจะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูง ส่วนใบพืชที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต่ำก็จะมี ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำ (Ndjondjop *et al.*, 2012) ซึ่งการฉีดพ่นกรดซิลิกมีผลทำให้ค่า SCMR ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่น ทำให้พืชสามารถ สังเคราะห์อาหารเพื่อใช้ในการพัฒนาการเจริญเติบโตและ ผลผลิตได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดซิลิกเป็นแร่ธาตุ อาหารเสริมที่มีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ จัดอยู่ใน กลุ่มธาตุเสริมประโยชน์สำหรับพืช กรดซิลิกสามารถ ละลายน้ำได้ ทำให้พืชสามารถดูดซึมน้ำและกรดซิลิก ผ่านทางรากเข้าสู่ลำต้นและทางใบได้อย่างรวดเร็ว (Peleg *et al.*, 2010) นอกจากนี้ซิลิกอนยังช่วยให้ข้าวแข็งแรง ลำต้นตั้งตรง ป้องกันการหักล้ม ช่วยทำให้ใบตั้งตรงจึงรับ

แสงได้ดี และเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (Epstein and Bloom, 2005)

สำหรับจำนวนครั้งและช่วงระยะที่ฉีดพ่นกรดซิลิก ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและ องค์ประกอบผลผลิตของข้าวอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นกรดซิลิกไม่จำเป็นต้องฉีดหลายๆ ครั้ง การฉีด พ่นธาตุซิลิกอนในปริมาณที่ข้าวต้องการอย่างเพียงพอเป็น สิ่งจำเป็นที่ควรพิจารณาเป็นหลักที่จะส่งผลต่อการ เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว แต่จากการทดลองใน ครั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าการฉีดพ่นกรดซิลิกจำนวนครั้ง ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไปซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลาที่ข้าวเจริญพันธุ์ คือระยะข้าวเริ่มสร้างดอกก่อน 60 วันหลังงอก ระยะข้าว ออกดอก 75 วันหลังงอก และระยะพัฒนาการของเมล็ด 90 วันหลังงอก มีแนวโน้มทำให้จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ของข้าวลดลง(ข้อมูลไม่ได้แสดง) เมื่อเทียบกับการฉีดพ่น เพียง 1 ครั้งเมื่อข้าวอายุได้ 30 วันหลังงอกซึ่งเป็นระยะที่ ข้าวกำลังแตกกอ ซึ่งเห็นว่าการฉีดพ่นกรดซิลิกในช่วง ระยะเวลา 60, 75 และ 90 วันหลังงอกช่วยทำให้การ พัฒนาของข้าวในระยะเจริญพันธุ์ดีขึ้น ถ้าหากข้าว ขาดธาตุซิลิกอนในช่วงออกดอกจะทำให้ช่อดอก ไม่สมบูรณ์ (Ma *et al.*, 1989) ทำให้การเจริญของดอก ลำข้าวและมีเมล็ดลีบจำนวนมาก การให้ปุ๋ยซิลิกอนช่วยให้ การพัฒนาของข้าวในระยะเจริญพันธุ์ดีขึ้น (Inanaga *et al.*, 2002) ทำให้โครงสร้างทรงพุ่มของต้นข้าวดีขึ้น (Ando *et al.*, 2002) ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดที่กำลังพัฒนามี คาร์โบไฮเดรตน้อย การแบ่งเซลล์น้อยและการพัฒนา ผันเซลล์เกิดขึ้นช้า การเติมซิลิกอนในสารละลายธาตุ อาหาร 15-50 มก. ซิลิกอน/ลิตร ช่วยให้การพัฒนาของ ข้าวในระยะเจริญพันธุ์ดีขึ้น ในขณะที่การศึกษาของ

Ando *et al.* (2002) พบว่า การใส่ 50-180 ก. ซิลิคอน/ตร.ม. แม้จะไม่ช่วยให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดสูงขึ้น แต่ทำให้โครงสร้างทรงพุ่มของต้นข้าวดีขึ้น กล่าวคือความเข้มข้นแสงสัมพัทธ์ (relative light intensity) ในทรงพุ่มส่วนบนสูงกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยซิลิคอน ทั้งในระยะแตกกอสูงสุด (maximum tiller number stage) และระยะข้าวตั้งท้อง (booting stage) สำหรับข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับซิลิคอน 75 มก. ซิลิคอน/ลิตร จะมีการเจริญเติบโตสูง และสามารถสะสมธาตุไนโตรเจนในส่วนของดิน 0.91 มก.ซิลิคอน/น้ำหนักแห้ง (Gill *et al.*, 2007) Doberman and Fairhurst (2000) รายงานว่า ข้าวมีซิลิคอนในส่วนเหนือดิน 2-10 เปอร์เซ็นต์ แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5-6 % การผลิตเมล็ดข้าว 1 ตัน รากข้าวต้องดูดซิลิคอนมาจากดิน 50-110 กก. หรือเฉลี่ย 80 กก. ซิลิคอน/ผลผลิต 1,000 กก. ซึ่งประมาณ 80 % ยังคงอยู่ในฟางเมื่อข้าวสุกแก่ สำหรับความเข้มข้นระดับวิกฤตขาดแคลน จากใบบนสุดซึ่งขยายขนาดเต็มที่แล้ว (Y leaf) ในช่วงแตกกอจนถึงระยะมีดอกอ่อนที่ข้อบนสุด (initiation of panicle primodia, IPP) สูงกว่า 5 %ซิลิคอน ค่าดังกล่าวจากส่วนเหนือดินในช่วงเก็บเกี่ยวที่สูงกว่า 5 % ซิลิคอน เช่นเดียวกัน แต่ระดับที่ถือว่าพอเหมาะคือ 5-10 % ซิลิคอน ดังนั้นการฉีดพ่นกรดซิลิซิกควรฉีดพ่นในช่วงระยะ 60-75 วันหลังงอกจึงน่าจะเป็นช่วงระยะที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นช่วงระยะข้าวกำลังตั้งท้องและออกดอก

สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดมีค่าสูงกว่าการไม่ฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การฉีดพ่นกรดซิลิซิกจำนวน 1 ครั้งในระยะ 30 วันหลังงอก จำนวน 2 ครั้งในระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก จำนวน 3 ครั้งในระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก และจำนวน 4 ครั้งในระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก ไม่มีผลต่อผลผลิตของข้าวอย่างชัดเจน และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราในการฉีดพ่นกับจำนวนครั้งและช่วงระยะเวลาของการฉีดพ่นกรดซิลิซิกทั้งในผลผลิต

การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตรา 50, 100 และ 150 มล./น้ำ 20 ล. มีผลทำให้ปริมาณซิลิคอนที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่น ในขณะที่การฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้งในระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอก มีผลทำให้การสะสมของซิลิคอนในเมล็ดและฟางข้าวสูงกว่าการฉีดพ่นจำนวน 1 ครั้งในระยะ 30 วันหลังงอก การฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้งในระยะ 30 และ 60 วันหลังงอก และการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้งหลังงอกที่ระยะ 30, 60 และ 75 วันหลังงอก นอกจากนี้ยังพบว่า การฉีดพ่นกรดซิลิซิกในอัตราความเข้มข้นสูงทำให้การสะสมของซิลิคอนในเมล็ดและฟางข้าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่นหรือการฉีดพ่นในอัตราความเข้มข้นต่ำ ซึ่งปริมาณของซิลิคอนที่สะสมในเมล็ดและฟางข้าวจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนครั้งและระยะเวลาที่ฉีดพ่น โดยเฉพาะการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 60, 75 และ 90 วันหลังงอกมีผลทำให้การสะสมของซิลิคอนในเมล็ดและฟางข้าวสูงที่สุด ซึ่งการให้ผลผลิตของข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมของปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ในเมล็ดและฟางข้าว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท อะโกรไบโอเมท จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือทาง วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในงานทดลอง และขอบคุณนักศึกษาที่ ช่วยเหลือในการเตรียมงานทดลองและเก็บข้อมูลการวิจัย ในครั้งนี้

References

- Ando, H., K. Kakuda, H. Fujii, K. Suzuki and T. Ajika. 2002. Growth and canopy structure of rice plant grown under field conditions as affected by Si application. Soil Sci. Plant Nutr. 48: 341-345.
- Black, C.A. 1965. Method of Soil Analysis Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Bricker, A.A. 1989. MSTAT-C User's Guide. Michigan State University.
- Doberman, C. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute. Canada and International Rice Research Institute. Philippines.
- Drilon, J.R. 1980. Standard Methods of Analysis for Soil, Plant, Water and Fertilizer. Los Baños, Laguna, Philippines.
- Cottenie, A. 1980. Soil and Plant Testing as a Basis of Fertilizer Recommendation. FAO, Rome.
- Cai, K., D. Gao, S. Luo, R. Zeng, J. Yang and X. Zhu. 2008. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. Physiol. Plantarum. 134: 324-333.
- Epstein, E. and A.J. Bloom. 2005. Mineral Nutrition of Plant: Principle and Perspectives. Sinauer Association, Inc. Publishers, Massachusetts.
- Gill, M.A., R.M. Irfan and M.A. Maqsood. 2007. Silicon requirement of coarse and fine varieties of rice. J. Plant Nutr. 30: 163-170.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons: New York.

- Hallmark, C.T., L.P. Wilding, and N.E. Smeck. 1982. Silicon. In Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. Madison, Wisconsin.
- Inanaga, S., Y. Higuchi and N. Chisaki. 2002. Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant. Soil Sci. Plant Nutr. 48: 341-345.
- Ma, J.F., K. Nishimura and E. Takahashi. 1989. Effect of silicon on growth of rice plant at different growth stage. Soil Sci. and Plant Nutrition. 35: 347-365.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Academic Press: London.
- Ndjiondjop, M.N., K. Futakuchi, F. Cisse, H. Baimey and R. Bocco. 2012. Field evaluation of rice genotypes from the two cultivated species (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steud.) and their interspecifics for tolerance to drought. Crop Sci. 52: 524-538.
- Osotsa Y., 2015. Plant Nutrients. Kasetsart University Publication, Bangkok. (in Thai)
- Pimratch, S., P. Thammapat and S. Butsat. 2018. Effects of silicic acid foliar spray on growth, yield and yield components of Chai Nat 1 rice. Prawarun Agri. J. 15(2): 363-371. (in Thai)
- Siriruang, P., W. Thaymuang and T. Mala. 2017. Effects of calcium silicate fertilizer on growth and yield of Phatum thani 80 rice in saline soil. Khon Kaen Agr. J. 45 (Suppl. 1): 991-996. (in Thai)
- Peleg, Z., Y. Saranga, T. Fahima, A. Aharoni and R. Elbaum. 2010. Genetic control over silica deposition in wheat awns. Physiol. Plantarum. 140: 10-20.
- Snyder, G.H., V.V. Matichenkov and L.E. Datnoff. 2007. Silicon. In Handbook of Plant Nutrition. (A.V. Barker and D.J. Pilbeam eds.) CRC Press, Taylor and Francis Group, New York.
- Sumranrum, W., A. Polthanee, B. Siri and N. Na Bhuthaloong and .2011. Effects of silicon fertilizer rate on blast (*Pyricularia oryzae* Cav.) resistance and grain yield of organic Khao Dawk Mali 105 rice. Khon Kaen Agr. J. 39 (Suppl.): 310-315. (in Thai)
- Thongchon, P., J. Inthasan and S. Konsaeng. 2016. The Effect of Silicon and Nitrogen on Growth and Nutrient Uptake of Rices at Tillering Stage. Khon Kaen Agr. J. 47 (Suppl. 2): 409-412. (in Thai)

ผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรอง (*Lantana camara* Linn.) ในการเป็นสารฆ่า
สารยับยั้งการวางไข่ และสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงงั่วเขียว
(*Callosobruchus maculatus* (F.))

ณัฐพงศ์ เมธิ์ธรังสรรค์*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี 13180

บทคัดย่อ

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการเก็บรักษาถั่วเขียวคือการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้วงงั่วเขียว วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรอง (*Lantana camara* Linn.) ในการเป็นสารฆ่าโดยการรมที่ระดับความเข้มข้น 30.71, 61.40, 122.85, 245.70 และ 491.40 mg/L สารยับยั้งการวางไข่และสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงงั่วเขียวโดยวิธีเคลือบเมล็ดที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 8.0% (w/v) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ทำการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลต่อการฆ่า การยับยั้งการวางไข่ และการยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงงั่วเขียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ความเข้มข้น 491.40 mg/L มีผลในการเป็นสารฆ่าโดยวิธีการรมสูงสุด 100% มีค่า LC_{50} เท่ากับ 105.28 และ 33.73 mg/L ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 8% มีผลในการยับยั้งการวางไข่และยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงงั่วเขียวสูงสุด ซึ่งสามารถยับยั้งการวางไข่ด้วงงั่วเขียวได้ 95.95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และสามารถยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยได้ 94.50% ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 43.80 ± 0.74 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 25.80 ± 1.16 วัน

คำสำคัญ: ผกากรอง สารฆ่า สารยับยั้งการวางไข่ สารยับยั้งการเจริญเติบโต และ ด้วงงั่วเขียว

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: Nathapong@vru.ac.th

Effect of Leaves Crude Extract from Hedge Flower (*Lantana camara* Linn.)
as the Insecticidal Activity, Oviposition Deterrent and Progeny Deterrent on
Cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus* (F.))

Nathapong Matintarangson*

Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage
Pathum Thani 13180, Thailand

Abstract

The problem in mung bean storage is destroy by insect pests of mung bean. Especially, the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.), is one of the major insect in mung bean storage. The objective of this study is the effect of leaves crude extract from *Lantana camara* Linn as the insecticidal activity by fumigation method at 30.71, 61.40, 122.85, 245.70 and 491.40 mg/L. The oviposition inhibition and progeny deterrent by coating on cowpea method at 0, 0.5, 1, 2, 4 and 8% (w/v) were applied. The treatments were arranged in a completely randomized design (CRD) and replicated 5 times on 10 adults. The experiment was conducted at laboratory. The results found that the insecticidal activity, oviposition deterrent and progeny deterrent of extract from *L. camara* on the cowpea weevil were significantly effective ($P<0.05$) when compared with the control. At the concentration of 491.40 mg/L, the extract from *L. camara* were the highest effective as the insecticidal activity by fumigation method 100% and the LC_{50} value with 105.28 and 33.73 mg/L at 24 and 48 h, respectively. At the concentration of 8%, the extract from *L. camara* were the highest effective as the oviposition inhibition and progeny deterrent on cowpea weevil. The percent of oviposition deterrent was 95.95% when compared with the control. The percent of progeny deterrent was 94.50% and the time of development was 43.80 ± 0.74 days. Whereas the control, the time of development was 25.80 ± 1.16 days.

Keywords: *Lantana camara*, insecticidal activity, oviposition deterrent, progeny deterrent and cowpea weevil

* Corresponding author: E-mail: Nathapong@vru.ac.th

บทนำ

ถั่วเขียว (mung bean) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae เป็นเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ถั่วเขียวมีสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่และแร่ธาตุต่างๆ (Kahraman *et al.*, 2014) โดยเฉพาะการผลิตถั่วเขียวทอด การผลิตเส้น ซึ่งมีการวิจัยพบว่าเส้นให้ค่าตอบสนองต่อน้ำตาลในเลือด (Glycemic index) ต่ำ สามารถควบคุมระดับน้ำตาลให้เป็นปกติและยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของผู้ป่วยได้ (Masar *et al.*, 2016) นอกจากนี้ระบบรากของพืชตระกูลถั่วจะมีการตรึงไนโตรเจนและยังช่วยปรับปรุงบำรุงดินด้วย (Franche *et al.*, 2009)

ในระหว่างการศึกษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเกษตรกรจะเผชิญกับปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดยเฉพาะด้วงถั่วเขียว (cowpea weevil) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Callosobruchus maculatus* (F.) จัดอยู่ในวงศ์ Bruchidae อันดับ Coleoptera เป็นแมลงศัตรูเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (Devi and Devi, 2014) รูปร่างลักษณะตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาล ขนาดเล็กประมาณ 3.0-4.5 มิลลิเมตร ปีกสั้นหุ้มส่วนท้องไม่มิดและมีแถบจุดสีน้ำตาลเข้มบนปีกทั้งสองข้าง ปลายปีกมีสีดำ ลำตัวเรียวแคบไปทางส่วนหัว ทำให้หัวเล็กและจุ่มเข้าหาส่วนอก ตาประกอบใหญ่ หนวดสัมผัสเป็นแบบกิ่งฟันเลื่อย (Visarathanonth *et al.*, 2005) ตัวเต็มวัยเพศเมียจะวางไข่บนผิวเมล็ดถั่วเขียว

ประมาณ 4-5 ฟองต่อเมล็ด หลังจากนั้นฟักเป็นตัวหนอน จะเจาะผิวเมล็ดลงไปอาศัยกัดกินในเมล็ดและเข้าดักแด้ อยู่ภายในโพรงที่อาศัยจนเป็นตัวเต็มวัยแล้วเจาะผิวเมล็ดออกมา สร้างความเสียหายทั้งคุณภาพและปริมาณ (Umeozor, 2005; Arjanbhai, 2015)

การใช้สารสกัดจากพืช (plant extract) ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นหนึ่งที่น่าสนใจ โดยที่พืชจะผลิตสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ขึ้นมาเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ได้แก่ phenolics, terpenes, steroids, alkaloids, flavanoids, coumarins และ stilbenes (Tiwari and Rana, 2015; Naboulsi *et al.*, 2018) จากการวิจัยของ Hikal *et al.* (2017) รายงานว่าสารทุติยภูมิมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่า (insecticidal) สารรม (fumigant) สารพิษ (toxicity) สารไล่ (repellent) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารยับยั้งการวางไข่ (oviposition deterrent) สารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) และสารยับยั้งการออกลูกหลาน (progeny deterrent) ของแมลงศัตรูพืช ผกากรอง (Hedge flower) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lantana camara* Linn. อยู่ในวงศ์ Verbenaceae เป็นพืชไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 1-2 เมตร มีกิ่งก้านสาขารอบๆ ลำต้นหลัก ลำต้นและกิ่งก้านมีขนปกคลุม ใบและดอกของผกากรองเมื่อนำมาขยี้จะมีกลิ่นเหม็นฉุน สามารถนำมาเป็นสารไล่แมลงศัตรูพืชได้ (Kalita *et al.*, 2012; Priyanka and Joshi, 2013) จากรายงานการวิจัยของ Rajashekar *et al.* (2012) พบว่าผลของสารสกัดจากใบผกากรองมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าด้วงงวงข้าว, *Sitophilus oryzae* (L.) และด้วงถั่วเหลือง, *Callosobruchus chinensis* (Fab.) และ

มอดแบ่งที่ทำลายรำข้าว, *Tribolium castaneum* (Herbst.) โดยมีค่าความเป็นพิษ (median lethal concentration, LC_{50}) เท่ากับ 128, 130.3 และ 178.7 μ/L ตามลำดับ

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากผงการองในการเป็นสารรมฆ่าสารยับยั้งการวางไข่ และสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมด้วงถั่วเขียว และนำมาประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว และที่สำคัญเป็นการนำเอาวัชพืชที่เจริญอยู่ทั่วไปมาใช้ให้เกิดคุณค่าและประโยชน์สูงสุดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงและขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียว

ด้วงถั่วเขียวได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างจากสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร มาเลี้ยงขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนแมลงในห้องปฏิบัติการชีววิทยาที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80% โดยใช้ถั่วเขียวเลี้ยงเป็นอาหารสำหรับด้วงถั่วเขียว โดยใส่ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว 50 คู่ ลงในขวดแก้วที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวปริมาณ 250 กรัม ทั้งไว้ประมาณ 7-10 วัน นำตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออก เมล็ดถั่วเขียวจะถูกตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียววางไข่ ฟักเป็นตัวหนอนกัดกินอยู่ในเมล็ด หลังจากนั้นเข้าดักแด้ และพัฒนาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยรุ่นที่ 1 (F_1) ใช้ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุประมาณ 3-5 วัน เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. การเตรียมสารสกัดหยาบจากผงการอง

เก็บตัวอย่างใบผงการองจากแปลงเกษตรกรที่ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี มาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ร่มแล้วนำมาปั่นให้ละเอียด นำไปสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extractor) โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย โดยการนำผงการองบรรจุในท่อนแก้ว (thimble) สำหรับบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัด ใช้ผงการอง 100 กรัมต่อน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร (1:8 w/v) นำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดสารแบบซอกซ์เลต (Soxhlet apparatus) สกัดวันละ 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 1 นำไประเหยเอาตัวทำละลายออกโดยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ได้เป็นสารสกัดหยาบ (crude extract) เพื่อใช้ทดสอบต่อไป

3. การทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากใบผงการองในการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียวโดยวิธีการรม

นำสารสกัดหยาบจากใบผงการองที่ระดับความเข้มข้น 30.71, 61.40, 122.85, 245.70 และ 491.40 mg/L หยดลงบนกระดาษกรองกระดาษกรอง whatman® เบอร์ 1 ขนาด 1 x 5 เซนติเมตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำไปติดได้ฟาด้านในขวดแก้วทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร นำตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวเพศเมียที่มีอายุ 3 วัน ใส่ลงในขวดทดลอง ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปวางไว้บนชั้นเลี้ยงแมลงที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80% ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ความเข้มข้นละ 10 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่ม

สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นพิษ (median lethal concentration, LC_{50}) และเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียว ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

4. การทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

นำเมล็ดถั่วเขียวที่สมบูรณ์ 20 เมล็ด มาทดสอบการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว โดยนำเมล็ดถั่วเขียวมาแช่ในสารสกัดหยาบจากใบผกากรองที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 4 และ 8% (w/v) ประมาณ 5 นาที นำมาผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นนำเมล็ดถั่วเขียวใส่ลงในขวดแก้วทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร ปล่อยด้วงถั่วเขียวอายุ 3 วัน ลงไป 1 คู่ (เพศผู้ : เพศเมีย) การแยกเพศผู้และเพศเมียของด้วงถั่วเขียวอ้างอิงจาก Devi and Devi (2014) ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ โดยที่เพศผู้จะมีลำตัวกลมบริเวณส่วนท้องไม่มีลายสีดำพาดผ่าน ส่วนเพศเมียจะมีลำตัวเรียวยาว บริเวณส่วนท้องมีลายสีดำพาดผ่าน หลังจากนั้นปิดด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยหนังยาง ปล่อยให้ด้วงถั่วเขียวผสมพันธุ์และวางไข่ เป็นเวลา 7-10 วัน นำด้วงถั่วเขียวออกจากขวดแก้ว นำไปวางไว้บนชั้นเลี้ยงแมลงที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80% ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ นับจำนวนไข่ด้วงถั่วเขียวที่วางบนผิวเมล็ดถั่วเขียวในแต่ละความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบผกากรอง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ นำข้อมูลมาหาร้อยละการยับยั้งการ

วางไข่ (Percentage of oviposition deterrence; POD) ตามสูตรของ Singh (2011)

Percentage of oviposition deterrence (POD)

$$= \frac{C_s - T_s}{C_s} \times 100$$

เมื่อ C_s = จำนวนไข่ที่วางบนเมล็ดถั่วเขียวในชุดควบคุม

T_s = จำนวนไข่ที่วางบนเมล็ดถั่วเขียวในชุดทดลอง

5. การทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว

นำเมล็ดถั่วเขียวที่สมบูรณ์ 100 กรัม มาแช่ในสารสกัดหยาบจากใบผกากรองที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 8% (w/v) ประมาณ 5 นาที นำมาผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำเมล็ดถั่วเขียวใส่ลงในขวดแก้วทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร ปล่อยด้วงถั่วเขียวอายุ 3 วัน ลงไป 3 คู่ (เพศผู้ : เพศเมีย) ปิดด้วยผ้าขาวบางและรัดด้วยหนังยาง ปล่อยให้ด้วงถั่วเขียวผสมพันธุ์และวางไข่ เป็นเวลา 7-10 วัน นำด้วงถั่วเขียวออกจากขวดแก้ว นำไปวางไว้บนชั้นเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80% ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่ม บันทึกจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวที่ฟักออกมาในแต่ละความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบผกากรอง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ นำมาหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว (Percent inhibition

rate of progeny) ตามสูตรของ Rajashekar *et al.* (2010)

$$\text{Percent Inhibition Rate (PIR)} = \frac{(C_n - T_n)}{C_n} \times 100$$

เมื่อ C_n = จำนวนด้วงถั่วเขียวในชุดควบคุม

T_n = จำนวนด้วงถั่วเขียวในชุดทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรบกวนการสืบพันธุ์ของด้วงถั่วเขียวได้นำข้อมูลที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) ดังสูตร

$$\text{อัตราการตายที่แท้จริง} = \frac{(A-B) \times 100}{(100-B)}$$

เมื่อ A = อัตราการตายของกลุ่มทดลอง และ B = อัตราการตายของกลุ่มควบคุม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test และวิเคราะห์ค่า Median lethal concentration (LC_{50}) โดยวิธี Probit analysis (Finney, 1971)

ผลการวิจัย

1. ผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารฆ่าด้วงถั่วเขียวโดยวิธีกรรม

จากผลการทดสอบสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารรบกวนการสืบพันธุ์ของด้วงถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 30.71, 61.40, 122.85, 245.70 และ 491.40 mg/L ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

พบว่าสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลในการเป็นสารฆ่าตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองสูงขึ้น มีผลทำให้อัตราการตายของด้วงถั่วเขียวสูงขึ้น ที่ความเข้มข้น 8% ของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลในการฆ่าตัวเต็มวัยให้เปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด 100% มีค่า LC_{50} เท่ากับ 105.28 และ 33.73 mg/L ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พบอัตราการตายของด้วงถั่วเขียว (Table 1)

2. ผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว

จากผลการทดสอบสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 8% (w/v) พบว่าสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองสูงขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงขึ้น ที่ความเข้มข้น 8% ของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียวสูงสุด 95.95% โดยมีจำนวนไข่เฉลี่ยเท่ากับ 1.40 ± 0.80 ฟอง ชุดควบคุมมีจำนวนไข่เฉลี่ยเท่ากับ 34.60 ± 2.05 ฟอง (Table 2)

Table 1 Effect of leaves crude extract from Hedge flower (*Lantana camara* Linn.) as the fumigant on cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* (F.)) at 24 and 48 hours

Concentration (%) (mg/L)	Duration of exposure			
	Number and percent mortality of cowpea weevil (adults)			
	24 hr	Mortality (%)	48 hr	Mortality (%)
control	0.0 ± 0.00 ^d	0.0	0.0 ± 0.00 ^d	0.0
30.71	2.40 ± 0.48 ^c	24.0	3.80 ± 0.48 ^c	38.0
61.40	3.20 ± 0.48 ^c	32.0	6.60 ± 0.48 ^b	66.0
122.85	6.00 ± 0.63 ^b	60.0	8.60 ± 0.48 ^{ab}	86.0
245.70	8.60 ± 0.48 ^{ab}	86.0	9.40 ± 0.48 ^{ab}	94.0
491.40	10.00 ± 0.00 ^a	100.0	10.00 ± 0.00 ^a	100.0
LC ₅₀	105.28		33.73	

^{a-d} Mean values in the same column with the same letter do not differ significantly ($P < 0.05$ according to DMRT)

Table 2 Effect of leaves crude extract from Hedge flower (*Lantana camara* Linn.) as the oviposition deterrent on cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* (F.))

Concentration (%) (w/v)	Number and percent oviposition deterrent of cowpea weevil	
	Number of egg (eggs)	Oviposition deterrent (%)
control	34.60 ± 2.05 ^f	0.00
0.5	24.40 ± 2.72 ^e	29.47
1	15.20 ± 1.16 ^d	56.06
2	10.20 ± 1.60 ^c	70.52
4	5.40 ± 1.01 ^b	84.39
8	1.40 ± 0.80 ^a	95.95

^{a-f} Mean values in the same column with the same letter do not differ significantly ($P < 0.05$ according to DMRT)

3. ผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว

จากผลการทดสอบสารสกัดหยาบจากใบผกากรองในการเป็นสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่น

ลูกหลานของด้วงถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4 และ 8% (w/v) พบว่าสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลต่อการยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2563

วารสารเกษตรพรสวรรค์ 229

เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบผักกาดสูงขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงงั่วเขียวสูงขึ้น ที่ความเข้มข้น 8% ของสารสกัดหยาบจากใบผักกาดมีผลต่อการฟักออกเป็นตัวเต็มวัย โดยมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงั่วเขียวเฉลี่ยเท่ากับ 6.40 ± 1.35 ตัว คิดเป็น

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการออกลูกหลาน 94.50% ขณะที่ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของด้วงงั่วเขียวในเมล็ดงั่วเขียวที่เคลือบด้วยสารสกัดจากผักกาดความเข้มข้น 8% เฉลี่ยเท่ากับ 43.80 ± 0.74 วัน ส่วนชุดควบคุมมีจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงงั่วเขียวเฉลี่ยเท่ากับ 116.40 ± 4.02 ตัว ขณะที่ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 25.80 ± 1.16 วัน (Table 3)

Table 3 Effect of leaves crude extract from Hedge flower (*Lantana camara* Linn.) as the progeny deterrent on cowpea weevil

Concentration (%) (w/v)	Duration of exposure		
	Number of progeny, time of development and percent progeny deterrent		
	(adults) (Mean $\pm$ SD)	Progeny deterrent (%) (Mean $\pm$ SD)	Time of development (days)
0	116.40 ± 4.02^f	0.00	25.80 ± 1.16^f
0.5	80.80 ± 4.57^e	30.58	29.20 ± 1.16^e
1	53.40 ± 3.07^d	54.12	32.60 ± 0.48^d
2	36.80 ± 3.54^c	68.38	35.20 ± 0.74^c
4	19.40 ± 2.41^b	83.33	38.80 ± 0.74^b
8	6.40 ± 1.35^a	94.50	43.80 ± 0.74^a

^{a-f} Mean values in the same column with the same letter do not differ significantly ($P < 0.05$ according to DMRT)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากใบผักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ในการเป็นสารฆ่าโดยวิธีการม สารยับยั้งการวางไข่และยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงงั่วเขียว พบว่าสารสกัดหยาบจากใบผักกาดที่ความเข้มข้น 1% ขึ้นไปมีผลในการเป็นสารฆ่า

โดยวิธีการมสาร สารยับยั้งการวางไข่และสารยับยั้งการออกลูกหลานของด้วงงั่วเขียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prakash *et al.* (2016) พบว่าสารสกัดจากใบผักกาดที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100% มีฤทธิ์ในการฆ่าปลวก (termites) โดยที่ความเข้มข้น 100% ฆ่าปลวกได้ 90

และ 100% ที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง และจากการศึกษาของ Rajashekar *et al.* (2014) อธิบายว่าสารสกัดจากใบผกากรองมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase; AChE) ในกระบวนการไฮโดรไลส (hydrolyze) ซึ่งอาจมีผลทำให้สารอะซิติลโคลีน (acetylcholine) ของด้วงถั่วเขียว ซึ่งเป็นสารสื่อประสาททำให้ไม่สามารถแตกตัวเป็นโคลีน (choline) และกรดอะซิติก (acetic acid) ได้ จึงเกิดการสะสมของสารอะซิติลโคลีน ณ บริเวณเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทมากเกินไป ประสาทและกล้ามเนื้อทำงานตลอดเวลาทำใหกล้ามเนื้ออ่อนล้าเป็นอัมพาตและตายในที่สุด

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าสารสกัดจากใบผกากรองมีผลในการยับยั้งการวางไข่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ogban *et al.* (2015) พบว่าสารสกัดจากผกากรองที่สามารถยับยั้งการวางไข่ของด้วงงวงข้าวโพด, *Sitophilus zeamais* Motsc. ได้เช่นกัน ทั้งนี้ Obembe and Ojo (2018) อธิบายว่าสารพิษจากพืชจะมีผลต่อเซลล์ประสาทรับรู้สีกทางเคมีในอวัยวะวางไข่ (ovipositor) ของแมลง ถ้าผิวของเมล็ดไม่เหมาะสมหรือมีสารพิษแมลงจะหยุดสัมผัสการวางไข่และถอยหนีออกไป นอกจากนี้ Chebet *et al.* (2013) พบว่าสารสกัดจากใบผกากรองยังมีผลในการยับยั้งการออกลูกหลานของ *Prostephanus truncates* ได้ และจากงานวิจัยของ Taye *et al.* (2014) พบว่าผงของใบผกากรองมีผลในการยับยั้งการออกลูกหลาน (F_1) ของด้วงงวงข้าวโพดได้เฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ตัว นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Singh (2011) พบว่าผงพืชของผกากรองต่อเมล็ดถั่วในอัตราส่วน 2 : 50 มีผลต่อการยับยั้งการออก

ลูกหลานและระยะเวลาในการเจริญเติบโต สารออกฤทธิ์ในใบผกากรองมีคุณสมบัติมีกลิ่นเหม็นฉุน ซึ่งอาจมีผลในการฆ่า และยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียวได้ การใช้สารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม และเป็นนำเอาวัสดุพืชที่เจริญอยู่ทั่วไปมาสร้างคุณค่าให้เกิดประโยชน์ ที่สำคัญเป็นการลดการใช้สารเคมีฆ่าแมลงลง

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดหยาบจากใบผกากรองมีผลในการเป็นสารฆ่าโดยวิธีการรม สารยับยั้งการวางไข่และยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว ซึ่งในงานวิจัยครั้งต่อไปจะทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดหยาบจากใบผกากรองและทำการทดสอบในสถานที่จริง และนำสารสกัดหยาบจากใบผกากรองมาพัฒนาในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้กับสภาพพื้นที่จริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคุณอาจารย์และบุคลากรห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้

References

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Arjanbhai, C.J. 2015. Biology, life table and management of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) on different stored pulses. Master thesis in Science (Zoology), Department of Entomology, Junagadh Agriculture University.
- Chebet, F., Deng, A.L., Ogendo, J.O., Kamau, A.W. and Bett, P.K. 2013. Bioactivity of selected plant powders against *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored maize grains. Plant Protect. Sci. 49(1): 34-43.
- Devi, M.B. and Devi, N.V. 2014. Biology and morphometric measurement of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) in green gram. JEZS. 2(3): 74-76.
- Franche, C., Lindström, K. and Elmerich, C. 2009. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plant. Plant Soil 321: 35-59.
- Finney, D.J. 1971. Probit Analysis, 3rd ed. Cambridge University Press: London. 250 pp.
- Hikal, W., Baeshen, R.S. and Said-Al Ah, H.A.H. 2017. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. Cogent Biol. 3: DOI: 10.1080/23312025.2017.1404274.
- Kahraman, A., Adali, M., Onder, M. and Koc, N. 2014. Mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] as human food. Int. J. Agri. Econ. Dev. 2(2): 9-17.
- Kalita, S., Kumar, G., Karthik, L., Venkata, K. and Rao, B. 2012. A Review on Medicinal Properties of *Lantana camara* Linn. Research J. Pharm. Tech. 5(6): 711-715.
- Masar, A., Ngampongsai, S., Bunsak, C., Chaiwan, P. and Thanomsub, S. 2016. Development of mungbean processed products at the household enterprise level. Thai J. Agric. Sci. 34(1): 95-106. (in Thai).
- Naboulsi, I., Aboulmouhajir, A., Kouisni, L., Bekkaoui, F. and Yasri, A. 2018. Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity: A Rev. AJMP. 6(8): 223-240.
- Obembe, O.M. and Ojo, D.O. 2018. Toxicity and oviposition inhibitory effect of extract and powder *Momordica charantia* leaf against *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Chrysomelidae) on stored cowpea seed. J. Biosci. Biotechnol. Discov. 3(3): 65-70.

- Ogban, E.I., Ukpong, I.G., Oku, E.E., Usua, E.J., Udo, S.E., Ogbeche, J.O. and Ajang, R.O. 2015. Potentials of two indigenous plants powder for the control of stored maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). Am. J. Exp. Agric. 5(1): 12-17.
- Prakash, D., Shashank, B., Cheena, T. and Soniya, M. 2016. Toxicological study of *Lantana camara* Linn on termites in laboratory conditions. Innov. Infrastruct. Solut. 2(2): 96-104.
- Priyanka, N and Joshi, P.K. 2013. A review of *Lantana camara* studies in India. IJSRP. 3(10): 1-11.
- Rajashekar Y., Gunasekaran, N. and Shivanandappa, T. 2010. Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored-product insect pests and its application in grain protection. J. Food Sci. Technolo. 43: 310-314.
- Rajashekar, Y., Ravindra, K.V. and Bakthavatsalam, N. 2012. Leaves of *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae) as a potential insecticide for the management of three species of stored grain insect pests. J. Food Sci. Technol. DOI: 10.1007/s13197-012-0884-8.
- Rajashekar, Y., Raghavendra, A. and Bakthavatsalam, N. 2014. Acetylcholinesterase inhibition by biofumigant (coumaran) from leaves of *Lantana camara* in stored grain and household insect pests. Biomed Res. Int. DOI: 10.1155/2014/187019.
- Singh, P. 2011. Leaf powders of basil (*Ocimum basilicum*), lantana (*Lantana camara*) and gardenia (*Gardenia jasminoides*) affect biology of *Callasobruchus chinensis*. Int. J. Pharm. Life Sci. 2(6): 808-812.
- Taye, W., Asefa, W. and Woldu, M. 2014. Insecticidal activity of *Lantana camara* on maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motsch.). IJRAS. 1(1): 43-45.
- Tiwari, R. and Rana, C.S. 2015. Plant secondary metabolites: a review. IJERGS. 3(5): 661-670.
- Visarathanonth, P., Nualvatna, K., Chankaewmanee, B., Uraichuen, J., Kengkanpanich, R., Pengkum, K., Tongpan, J., Suthisut, D., Romyen, L. and Noochanapai, P. 2005. Stored pest insect and control. Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok. 150 pp. (in Thai)
- Umeozor, O.C. 2005. Effect of the infection of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) on the weight loss of stored cowpea (*Vigna unguiculata*(L.) Walp). J. Appl. Sci. Environ. Mgt. 9(1): 169-172.

ประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมไรสองจุด *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae)

จักรพงษ์ สุภาวรรณ¹, กรวัณน์ อรรถโสภา², ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์², พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ³,
กุลชา ชยรพ¹, ณัฐดนัย ลิขิตตระการ¹ และ ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว^{1*}

¹สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

³สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมืองพิษณุโลก
จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

ไรสองจุด *Tetranychus urticae* Koch, 1836 จัดเป็นไรศัตรูทางการเกษตรที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตของพืชปลูกหลายชนิด และมีการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดไร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีที่เป็นทางเลือกในการควบคุมไรสองจุด การศึกษานี้ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาเพื่อใช้ในการระบุชนิดไร และทำการศึกษาผลของการควบคุมไรด้วยเชื้อราสาเหตุโรคของแมลง 2 ชนิด ได้แก่ *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท Ma-MJU-BCTLC-218 และ *Beauveria bassiana* ไอโซเลท Bb-MJU-BCTLC-086 โดยในการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ ใช้เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงความเข้มข้น 1×10^7 และ 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสารเคมีกำจัดไร (propagite และ amitraz) พบว่าหลังการพ่นสาร 24 ชั่วโมง อัตราการตายของไรกลุ่มที่พ่นด้วยเชื้อราสาเหตุโรคของแมลง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่พ่นด้วยน้ำกลั่น ($p < 0.05$) แต่หลังจากพ่น 48 และ 72 ชั่วโมง อัตราการตายของไรกลุ่มที่พ่นด้วยเชื้อราสาเหตุโรคแมลงเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่ทำให้อัตราการตายสูงที่สุด คือกลุ่มที่พ่นด้วยเชื้อ *B. bassiana* ความเข้มข้น 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิกรัม ซึ่งไรสองจุดมีอัตราการตาย 56 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่น 72 ชั่วโมง ขณะที่การพ่นด้วยสารกำจัดไร propagite และ amitraz มีอัตราการตายของไรสองจุดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธีที่ 48 และ 72 ชั่วโมง การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการควบคุมไรสองจุดเพื่อลดอัตราการใช้สารกำจัดไรในการเกษตรต่อไป

คำสำคัญ: ไรสองจุด เชื้อราสาเหตุโรคของแมลง และ สัณฐานวิทยา

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chatsuda_ph@mju.ac.th

Efficacy of Entomopathogenic Fungi Against Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae)

Jakarpong Supawan¹, Korrawat Attasopa³, Piyawan Suttiprapan³, Pisit Poolprasert²,
Kullacha Chayarop¹, Natdanai Likhitrakarn¹ and Chatsuda Phuakjaiphaeo^{1*}

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

²Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

³Biology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000, Thailand

Abstract

Two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 is known as an important agricultural pest which is the cause of yield loss in several crops and could develop resistance to acaricides. Thus, there is need to find the alternative method to control. Morphological measurements of the mite were established to help in identification. This study was designed to investigate in controlling of two-spotted spider mite by using entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* isolate Ma-MJU-BCTL-218 and *Beauveria bassiana* isolate Bb-MJU-BCTL-086 at the concentration of 1×10^7 and 1×10^9 conidia/ml comparing with chemical acaricide (propagite and amitraz). The results showed that after 24 hours, the mortality rate of the mites treated with all concentrations of both entomopathogenic fungi was not significantly different from that of control ($p < 0.05$) but significantly different increased after 48 and 72 hours after application. Application of *B. bassiana* at concentration of 1×10^9 conidia/ml resulting in the highest mortality rate at 56% after 72 hours. For propagite and amitraz, the mortality was significant difference with all treatments at 48 and 72 hours. This study showed that entomopathogenic fungi could be applied as potential bioinsecticides in controlling of the two-spotted spider mite to reduce using of acaricides in the agricultural production system.

Keywords: Two-spotted spider mite, entomopathogenic fungi and morphology

* Corresponding author: E-mail: chatsuda_ph@mju.ac.th

บทนำ

ไรสองจุด *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Trombidiformes: Tetranychidae) เป็นหนึ่งในศัตรูพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ สามารถเข้าทำลายพืชปลูกทั่วโลกได้มากกว่า 200 ชนิด ได้แก่ กุหลาบ หน้าวัว ลั่นทมกรั้วฝักยาวและสตรอว์เบอร์รี (Bernardi *et al.*, 2013; Ek-amnuay, 2016; Elsadany, 2018) โดยตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงใต้ใบ และดอก และสร้างเส้นใยปกคลุมทำให้ต้นพืชแห้ง เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หากพบการระบาดรุนแรง อาจส่งผลทำให้ต้นพืชแห้งตาย มักพบการระบาดในพื้นที่เพาะปลูกที่มีอากาศหนาวเย็น เช่น สตรอว์เบอร์รี ท้อ และไม้ดอก ไม้ประดับที่นำพันธุ์เข้ามาเพาะปลูกจากต่างประเทศ (Lankaew and Siri, 2013) แต่ปัญหาสำคัญที่พบในการควบคุมกำจัด คือ ไรสองจุดได้มีการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดไรได้หลายชนิด ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้สารเคมีกำจัดไรอย่างแพร่หลายและต่อเนื่องมาเป็นเวลายาวนาน (Afify *et al.*, 2012)

การควบคุมไรสองจุดทางชีววิธี โดยการรักษาปริมาณศัตรูธรรมชาติ เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรมากขึ้น ปัจจุบันได้มีการศึกษาศักยภาพของศัตรูธรรมชาติที่มีความสามารถในการควบคุมไรสองจุดเพิ่มมากขึ้น อันได้แก่ไรตัวห้ำ (*Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus persimilis*), ตัวงักกระดก (*Oligota kashmirica benefica*), เพลี้ยไฟ (*Scolothrips sexmaculatus*), มวนดอกไม้ (*Orius laevigatus*, *O. vicinus*), บั่ว (*Feltiella acarisuga*), แมลงช้างปีกใส (*Chrysoperla carnea*), และ ตัวเต่าตัวห้ำ (*Stethorus punctillum*) (Attia *et al.*, 2013; Kongchuensin *et al.*, 1989; Mallik *et al.*, 1998;

Pehlivan *et al.*, 2020; Lankaew and Siri, 2013) ตัวเต่าตัวห้ำสกุล *Stethorus* Weise, 1885 ที่เป็นแมลงศัตรูธรรมชาติเฉพาะของไรวงศ์ Tetranychidae ซึ่งมีการรายงานว่าพบตัวเต่าตัวห้ำในสกุลนี้มากถึง 6 ชนิด และสามารถพบได้ทั่วไปในประเทศไทย (Chunram, 2002)

ราก่อโรคแมลง หรือเชื้อราสาเหตุโรคแมลง (entomopathogenic fungi) ถือเป็นศัตรูธรรมชาติที่นิยมนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชทางชีววิธี ซึ่งเป็นทางเลือกที่เพิ่มความปลอดภัยแก่เกษตรกรและสิ่งมีชีวิต หรือศัตรูธรรมชาติที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น และยังเป็นการลดความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดไรของไรสองจุดอีกด้วย Chandler *et al.* (2005) ได้ทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราสาเหตุโรคแมลงมากกว่า 40 ไอโซเลท (isolates) จาก 6 สกุล *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Toypocladium* และ *Verticillium* เพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณไรสองจุดในห้องปฏิบัติการ โดยพบว่า *M. anisopliae*, *H. sp.*, *V. lecanii* และ *B. bassiana* สายพันธุ์ที่มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา และยุโรป สามารถทำให้ไรสองจุดมีอัตราการตายระหว่าง 25.8-43.2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสามารถนำมาใช้ร่วมกับการสารเคมีกำจัดไร (acaricides) ในสภาพโรงเรือนเพาะปลูกมะเขือเทศในประเทศอังกฤษได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดไรและเชื้อราสาเหตุโรคแมลงสายพันธุ์ไทยในการควบคุมประชากรของไรสองจุด สำหรับเป็นแนวทางในการแนะนำการป้องกันกำจัดไรสองจุดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาสัณฐานวิทยา

ตัวอย่างไรที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ได้รับมาจากการเพาะเลี้ยงภายใต้ห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร โดยตัวอย่างไรส่วนหนึ่งนำมาทำสไลด์ถาวรด้วยน้ำยาฮอยเออร์ (Hoyer's solution) เพื่อทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก (external morphology) ภายใตกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน (Zeiss Axio compound microscope) พร้อมหัวกล้องถ่ายภาพ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยการศึกษาได้อ้างอิงการศึกษาจากงานวิจัยของ Alberti and Coons (1999) และ Evans *et al.* (1961) ทำการบันทึกรายละเอียดทางสัณฐานวิทยา ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้ในการระบุชนิดของไร ได้แก่ ลักษณะลำตัว บริเวณด้านข้างลำตัวส่วน idiosoma ขนลำตัวด้านหลัง (dorsal setae) ส่วนปาก (chelicerae) ส่วนของรยางค์ปาก (palp) รวมทั้งลักษณะโครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ (genital opening) เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบและยืนยันชื่อชนิดจากเอกสารงานวิจัยทางอนุกรมวิธานของไรสกุล Tetranychus Dufour, 1832 ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Boudreaux and Dosse, 1963, Carbonnelle and Hance, 2004, Flechtmann and Knihinicki, 2002 และ NAPPO, 2014 โดยตัวอย่างอ้างอิงของไรสองจุด (reference specimens) รหัส CMU-ACARI001-020 ของงานวิจัยชิ้นนี้ ส่วนหนึ่งจะถูกเก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์แมลง ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และอีกส่วนหนึ่งถูกเก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์

แมลง สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การเพาะเลี้ยงไรสองจุด

ทำการเพาะเลี้ยงไรสองจุดด้วยต้นอ่อนถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง ที่มีอายุประมาณ 4-5 วัน ดูแลรักษาภายในโรงเรือนให้มีอายุตามต้องการแล้วจึงปล่อยไรสองจุดบนใบต้นถั่วเพื่อให้ไรสองจุดได้เพิ่มปริมาณเพียงพอจึงนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงและสารเคมีกำจัดไรสองจุดในห้องปฏิบัติการ

เชื้อไรสองจุดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจากต้นถั่วลงบนใบหม่อนที่วางอยู่บนสาลิชุบน้ำในจานทดลอง มาทดสอบกับเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงและสารเคมีกำจัดไร วางแผนการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการแบบ CRD (completely randomized design) ประกอบไปด้วย 7 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารเคมีกำจัดไร propagite อัตรา 15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารเคมีกำจัดไร amitraz อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท Ma-MJU-BCTL-218 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดี/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารแขวนลอย *M. anisopliae* ไอโซเลท Ma-MJU-BCTL-218 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^9 โคโคนิดี/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท Bb-MJU-BCTL-086 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดี/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 6 พันสารแขวนลอย *B. bassiana* ไอโซเลท Bb-MJU-BCTLC-086 ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^9 โคนิเดีย/มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 7 ชุดควบคุม

ทำการฉีดพ่นเชื้อราสาเหตุโรคของแมลง และสารเคมีกำจัดไรตามกรรมวิธีที่กำหนดลงบนตัวไรสองจุด โดยแต่ละกรรมวิธีดำเนินการ 5 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้ไรสองจุดจำนวน 20 ตัวตามลำดับ เก็บรักษาไรสองจุดไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (temperature and humidity chamber) ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 70% หลังจากพ่นสารที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นับจำนวนไรที่ตาย โดยสังเกตจากตัวอย่างไรที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือหากถูกปลายพู่กันเข็มไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ให้ถือว่าเกิดการตายขึ้น แล้วนำมาคำนวณอัตราการตายโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไรทั้งหมด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำค่าเฉลี่ยอัตราการตายของไรสองจุดหลังการฉีดพ่นด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อนึ่งข้อมูลที่นำมาคำนวณหาอัตราการตายของแมลง (Mortality ratio) มีเงื่อนไขว่าถ้าอัตราการตายของกลุ่มควบคุม >20% ผลความผิดพลาดสูงจะต้องทำการทดลองใหม่ และถ้าอัตราการตายของกลุ่มควบคุมอยู่ในช่วง 5-20 % จะต้องนำอัตราการตายทั้งหมดมาปรับด้วย Abbott's formula (Abbott, 1925) แต่ถ้าอัตราการตายของกลุ่มควบคุม <5% ก็จะใช้อัตราการตายจริงได้

Abbott's formula คำนวณได้ดังนี้:

$$\text{อัตราการตาย} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

เมื่อ A คือ อัตราการรอดชีวิตของกลุ่มควบคุม

B คือ อัตราการรอดชีวิตของกลุ่มทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ลักษณะสัณฐานวิทยาของไรสองจุด

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของตัวอย่างไรภายใต้กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน พบว่า ตัวอย่างไรมีลักษณะลำตัวกลมยาว มีสีเขียวย่นหรือสีเขียวยาว มีจุดเม็ดสีกระจายอยู่บริเวณทั้ง 2 ด้านข้างของลำตัวส่วน idiosoma (Fig. 1A) ขาส่วน coxae ทั้งหมดเชื่อมติดกับลำตัว ขนลำตัวด้านหลัง (dorsal setae) ยาว (Fig. 1B) ส่วนปาก (chelicerae) ประกอบด้วยรยางค์ที่ขยับได้ (movable digit) มีลักษณะเป็นเข็ม stylets (St) 1 คู่ (Fig. 1C) ส่วนฐานของ stylets และอวัยวะหายใจ peritreme (Pe) พบอยู่ด้านในส่วนด้านล่างของ stylophore (Sp) (Fig. 1D) และส่วนของรยางค์ปาก (palp) ที่มีความกว้างและสั้นเมื่อเทียบกับไรทั่วไป ส่วนปลายของ palptibia ประกอบด้วย palptibial claw 1 ชิ้น pretarsus ของขาคู่ที่ 1 ประกอบด้วย claw ที่มีลักษณะแฉก และ empodium ที่มีลักษณะแตกปลายเป็นซี่หวีอยู่ระหว่างกลาง (Fig. 1E) ด้านใต้ท้องส่วนปลาย (distoventral opisthosoma) ของไรเพศเมียพบรูเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ (genital opening) อยู่เหนือส่วนช่องเปิดอวัยวะขับถ่าย (anal aperture) เล็กน้อย โดยมีขนด้านบนและด้านข้างรูเปิดอวัยวะสืบพันธุ์อย่างละ 1 คู่ โดยบริเวณด้านข้างของรูเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียได้แสดงถึงลวดลายที่จำเพาะต่อชนิด ช่องเปิดอวัยวะขับถ่ายมีขน 2 คู่ (Fig. 1F) โดยจากโครงสร้างลักษณะทาง

วารสารเกษตรพระวรุณ 239

สัณฐานวิทยาดังกล่าวสามารถระบุชนิดตัวอย่างไรที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ไรสองจุด (two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, 1836) ในวงศ์ Tetranychidae (อันดับ Trombidiformes)

ผลการวัดขนาดไรเพศเมียทั้งหมด 10 ตัวอย่าง (n=10) แสดงเป็นช่วงค่าน้อยสุดถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ได้ผลดังนี้ ความยาวลำตัว (idiosoma length) 0.27-0.38 (0.32 ± 0.03) มิลลิเมตร ความกว้างลำตัว (idiosoma width) 0.4-0.51 (0.45 ± 0.03) มิลลิเมตร ความยาวขาคู่ที่ 1 (leg I length) 0.34-0.4 (0.37 ± 0.02) มิลลิเมตร ความยาวลำตัวหลังขาคู่ที่ 4 (opisthosoma length) 0.34-0.41 (0.38 ± 0.02) มิลลิเมตร ความยาว palp (palp length) 0.13-0.16 (0.14 ± 0.01) มิลลิเมตร ความกว้าง palp (palp width) 0.04-0.06 (0.04 ± 0.01) มิลลิเมตร ความกว้าง femur I (femur I width) 0.03 (0.03 ± 0.001) มิลลิเมตร ความกว้าง stylophore (stylophore width) 0.07-0.09 (0.08 ± 0.01) มิลลิเมตร ความยาว stylophore (stylophore length) 0.1-0.12 (0.11 ± 0.005) มิลลิเมตร โดยข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปประกอบการระบุชนิดของไรสองจุดได้ในอนาคต

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลง และสารเคมีกำจัดไรสองจุดในห้องปฏิบัติการ

ผลของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงต่ออัตราการตายของไรสองจุด (Table 1) หลังการพ่น 24 ชั่วโมง พบว่าอัตราการตายของไรสองจุดในกรรมวิธีที่พ่นด้วยเชื้อราทั้งสองชนิด ทุกความเข้มข้นยังไม่มีเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

ขณะที่สารเคมีกำจัดไร amitraz ทำให้ตัวอย่างไรมีอัตราการตายสูงถึง 75.00 ± 12.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

หลังการพ่น 48 ชั่วโมง พบว่าเชื้อรา *M. anisopoliæ* ทั้งสองความเข้มข้น (1×10^7 และ 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิลิตร) และ *B. bassiana* ความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดต่อมิลลิลิตร ทำให้อัตราการตายของไรสองจุดเพิ่มขึ้นเป็น 29.00 ± 8.43 , 29.00 ± 6.96 และ 23.00 ± 6.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเชื้อรา *B. bassiana* ความเข้มข้น 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิลิตรทำให้อัตราการตายของไรสองจุดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (18.00 ± 6.82 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่สารเคมีกำจัดไรทั้ง propagite และ amitraz ทำให้อัตราการตายของไรสองจุดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 89.00 ± 3.67 และ 87.00 ± 7.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

หลังการพ่น 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อรา *B. bassiana* ความเข้มข้น 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิลิตร ทำให้อัตราการตายของไรสองจุดเพิ่มขึ้นเป็น 56.00 ± 6.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้เชื้อรา *M. anisopoliæ* ทั้งสองความเข้มข้น (1×10^7 และ 1×10^9 โคโคนิดต่อมิลลิลิตร) ซึ่งมีอัตราการตายของไรเท่ากับ 33.00 ± 8.60 และ 41.00 ± 8.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ *B. bassiana* ความเข้มข้น 1×10^7 โคโคนิดต่อมิลลิลิตร ที่มีอัตราการตายของไรเท่ากับ 40.00 ± 10.37 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อัตราการตายของไรสองจุดเมื่อพ่นด้วยสารเคมีกำจัดไร propagite และ amitraz เท่ากับ 94.00 ± 2.91 และ 83.33 ± 6.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

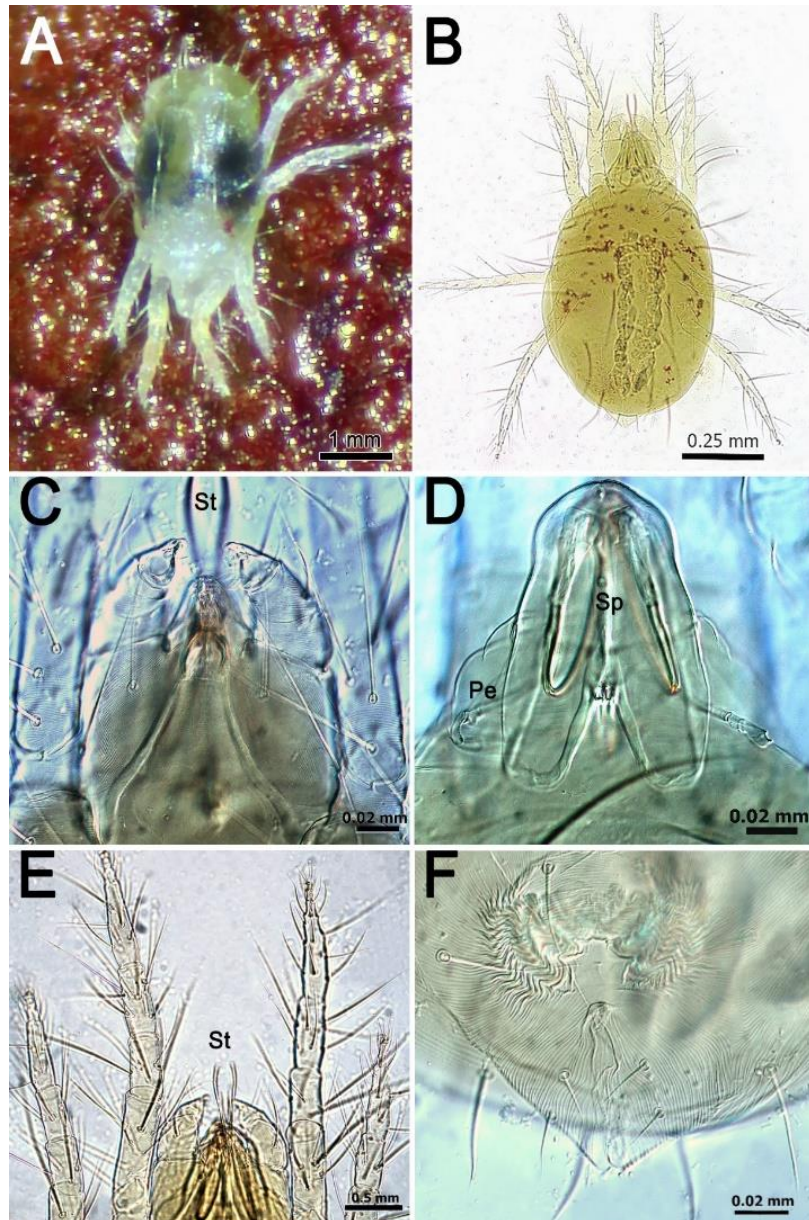


Fig. 1. *Tetranychus urticae*. (A) live specimen. (B-F) slide-mounted female specimen: (B) whole specimen, dorsal view; (C) gnathosoma and stylet (St), anteroventral view; (D) peritreme (Pe) and stylophore (Sp), dorsal view; (E) gnathosoma, first and second pairs of legs, anterodorsal view; (F) opisthosoma, ventral view

Table 1 Percent mortality of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on mulberry leaf treated with acaricides and entomopathogenic fungi at 24 hours

Treatment	Application rate	Mean $\pm$ S.E of <i>T. urticae</i> ^{1/}
propagite	15 ml/20 L water	14.00 $\pm$ 2.91 ^b
amitraz	40 ml/20 L water	75.00 $\pm$ 12.55 ^a
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTLC-218	1x10 ⁷ conidia/ml	0.00 $\pm$ 0.00 ^b
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTLC-218	1x10 ⁹ conidia/ml	0.00 $\pm$ 0.00 ^b
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTLC-086	1x10 ⁷ conidia/ml	0.00 $\pm$ 0.00 ^b
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTLC-086	1x10 ⁹ conidia/ml	9.00 $\pm$ 4.58 ^b
Control	-	0.00 $\pm$ 0.00 ^b

^{1/} Means followed by the common letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

Table 2 Percent mortality of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on mulberry leaf treated with acaricides and entomopathogenic fungi at 48 hours

Treatment	Application rate	Mean $\pm$ S.E of <i>T. urticae</i> ^{1/}
propagite	15 ml/20 L water	89.00 $\pm$ 3.67 ^a
amitraz	40 ml/20 L water	87.00 $\pm$ 7.18 ^a
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTLC-218	1x10 ⁷ conidia/ml	29.00 $\pm$ 8.43 ^b
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTLC-218	1x10 ⁹ conidia/ml	29.00 $\pm$ 6.96 ^b
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTLC-086	1x10 ⁷ conidia/ml	23.00 $\pm$ 6.04 ^b
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTLC-086	1x10 ⁹ conidia/ml	18.00 $\pm$ 6.82 ^c
Control	-	0.00 $\pm$ 0.00 ^c

^{1/} Means followed by the common letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test

Table 3 Percent mortality of Two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on mulberry leaf treated with acaricides and entomopathogenic fungi at 72 hours

Treatment	Application rate	Mean $\pm$ S.E of <i>T. urticae</i> ^{1/}
propagite	15 ml/20 L water	94.00 $\pm$ 2.91 ^a
amitraz	40 ml/20 L water	83.33 $\pm$ 6.82 ^a
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTL-218	1x10 ⁷ conidia/ml	33.00 $\pm$ 8.60 ^c
<i>M. anisopliae</i> isolate Ma-MJU-BCTL-218	1x10 ⁹ conidia/ml	41.00 $\pm$ 8.27 ^c
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTL-086	1x10 ⁷ conidia/ml	40.00 $\pm$ 10.37 ^c
<i>B. bassiana</i> isolate Bb-MJU-BCTL-086	1x10 ⁹ conidia/ml	56.00 $\pm$ 6.20 ^b
Control	-	0.00 $\pm$ 0.00 ^d

^{1/} Means followed by the common letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test

จากผลการศึกษาพบว่า เชื้อราสาเหตุโรคแมลง *B. bassiana* ที่ความเข้มข้น 1x10⁹ โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ทำให้อัตราการตายของไรสองจุดสูงที่สุดมากถึง 56.00 $\pm$ 6.20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากพ่นเป็นเวลา 72 ชั่วโมง รองลงมาคือเชื้อราสาเหตุโรคแมลง *M. anisopliae* ที่ความเข้มข้น 1x10⁹ โคนิเดียต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม สารแขวนลอยโคนิเดียของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงทั้งสองชนิดยังทำให้อัตราการตายของไรสองจุดต่ำกว่าการใช้สารเคมีกำจัดไร propagite และ amitraz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ทั้งสามช่วงเวลา ซึ่งเชื้อราสาเหตุโรคแมลงและสารเคมีกำจัดไรมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน ตามหลักของ Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) ซึ่งจัดแบ่งสารป้องกันกำจัดไรตามกลไกการออกฤทธิ์ สารเคมีกำจัดไร propagite จัดอยู่ในกลุ่มสารป้องกันกำจัดไรศัตรูพืชที่เป็นพิษต่อระบบหายใจ โดยการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์

และขัดขวางการส่งโปรตอนในกระบวนการ phosphorylation ส่วนสาร amitraz จัดอยู่ในกลุ่มสารป้องกันกำจัดไรศัตรูพืชที่เป็นพิษต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งจะส่งผลอย่างรวดเร็วต่อไรศัตรูพืช (Ta-Phaisach and Choawattanawong, 2018) ในขณะที่เชื้อราสาเหตุโรคแมลงในสกุล *Beauveria* และ *Metarhizium* จะก่อโรคในแมลงโดยการสร้างเอนไซม์ซึ่งจำเป็นต่อการเจาะผ่าน cuticle ที่ห่อหุ้มตัวแมลง เช่น chymoelastase และ protease นอกจากนี้เชื้อราสาเหตุโรคแมลง *Beauveria* ยังสามารถสร้างสารหลายชนิดที่เป็นพิษต่อแมลง ได้แก่ beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, oxalic acid และ สาร pigment เช่น bassianin, tenellin, oosporein สารเหล่านี้ทำให้เกิดกระบวนการ mycosis และส่งผลให้แมลงตายในที่สุด (Chandler *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามเนื่องจากไรสองจุดมีวงจรชีวิตที่สั้นและ

สามารถเพิ่มปริมาณประชากรได้มาก จึงสามารถพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดไรได้อย่างรวดเร็ว การใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงทดแทนสารเคมีกำจัดไร เช่น *Beauveria* sp. และ *Metarhizium* sp. จะช่วยชะลอการต้านทานสารเคมีกำจัดไร และยังคงลดประชากรของไรสองจุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการทดลอง ยังสังเกตได้อีกว่า อัตราการตายของไรสองจุดจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Chandler *et al.* (2005) ที่ได้รายงานว่าอัตราการตายของไรสองจุดจะมากที่สุด 6 วันหลังจากการพ่นด้วยเชื้อราสาเหตุโรคแมลง *M. anisopliae*, *Hersutella* spp., *Verticillium lecanii* และ *B. bassiana* และสอดคล้องกับ Draganova and Simova (2010) ที่รายงานว่าอัตราการตายของไรสองจุดที่เกิดจากเชื้อรา *B. bassiana* ทั้ง 5 ไอโซเลท จะสูงสุดในวันที่ 3-5 หลังการพ่น

วิธีการพ่นเชื้อราสาเหตุโรคแมลงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะให้อัตราการตายของไรสองจุดแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Chandler *et al.* (2005) พบว่าการพ่นเชื้อรา *B. bassiana* ลงบนใบมะเขือเทศโดยตรงด้วยสารแขวนลอยโคโคนิดีของเชื้อรา แล้วค่อยปล่อยไรสองจุดลงไปจะมีอัตราการตายของไรสองจุดมากกว่าการพ่นโดยตรงลงบนตัวของไร ซึ่งโคโคนิดีสามารถติดอยู่กับผิวของพืชและมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงด้วย (Altre *et al.*, 1999) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ใช้วิธีการพ่นเชื้อราลงบนไรสองจุดโดยตรง (direct technique) เพื่อให้มั่นใจว่าเชื้อราได้สัมผัสกับไรสองจุดโดยตรง (Goettel and Inglis, 1997; Butt and Goettel, 2000) ส่วนการพ่นลงบนใบพืชเพื่อให้โคโคนิดีของเชื้อราเกาะติดกับผิวของพืช (indirect technique) ควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

References

- Abbott, W.S. 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 256-267.
- Afify, A.E.M.M.R., Ali, F.S. & Turkey, A.F. 2012. Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of chamomile, marjoram and eucalyptus. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 2(1): 24-30.
- Alberti, G. and Coons, L.B. 1999. Acari - Mites. pp. 515-1265. In: F.W. Harrison (ed.). Microscopic Anatomy of Invertebrates, Chelicerate Arthropoda (Vol. 8C). John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Altre, J.A., Van, Denberg, J.D. & Cantone, F.A. 1999. Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates to diamondback moth, *Plutella xylostella*: correlation with spore size, germination speed, and attachment to cuticle. J. Invertebr. Pathol. 73: 332-338.

- Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T. & Mailleux, A.C. 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. J. Pest. Sci. 86(3): 361-386.
- Bernardi, D., Botton, M., da Cunha, U.S., Bernardi, O., Malausa, T., Garcia, M.S. & Nava, D.E. 2013. Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Pest Manag. Sci. 69(1): 75-80.
- Boudreaux, H.B. and Dosse, G. 1963. The usefulness of new taxonomic characters in females of the genus *Tetranychus* Dufour (Acari: Tetranychidae). Acarologia. 5: 13-33.
- Butt, T.M. and Goettel, M.S. 2000. Bioassays of entomogenous fungi. pp. 141-195. In: A. Navon and K.R.S. Ascher (eds.). Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Carbonnelle, S. and Hance, T. 2004. Cuticular lobes in the *Tetranychus urticae* complex (Acari: Tetranychidae): a reliable taxonomic character?. Belg. J. Zool. 134(2/1): 51-54.
- Chandler, D., Davidson, D. & Jacobson, R. 2005. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. Biocontrol Sci. Technol. 15(1): 37-54.
- Chunram, S. 2002. Lady beetles in Thailand. Insect Taxonomy Group, Entomology and Zoology Division, Department of Agriculture. 211 pp. (in Thai)
- Draganova, S. and Simova, S. 2015. Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) to isolates of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Pestic. Phytomed. (Belgrade). 25(1): 51-57.
- Ek-amnuay, P. 2016. Diseases and Pests of Economic Importance. 5th ed. Amarin Printing and Publishing PCL, Bangkok. 704 pp. (in Thai)
- Elsadany, M.F.I. 2018. Influence of host plants and some leaf contents on biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). J. Basic Appl. Zool. 79: 20, doi: 10.1186/s41936-018-0032-8.
- Evans, G.O., Sheals, J.G. & Macfarlane, D. 1961. The Terrestrial Acari of the British Isles. An Introduction to their Morphology, Biology and Classification. Vol. I. Introduction and Biology. Bartholomew Press, London. 219 pp.

- Flechtmann, C.H.W. and Knihinicki, D.K. 2002. New species and new record of *Tetranychus* Dufour from Australia, with a key to the major groups in this genus based on females (Acari: Prostigmata: Tetranychidae). Aust. J. Entomol. 41(2): 118-127.
- Goettel, M.S. and Inglis, G.D. 1997. Fungi: Hyphomycetes. pp. 213-249. In: L. Lacey (ed.). Manual of Techniques in Insect Pathology. San Diego, CA, USA: Academic Press.
- Kongchuensin, M., Charanasri, V., Saringkapibul, C. & Kulpiyawat, T. 1989. Biology of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and its predatory mite, *Amblyseius longispinosus* (Evans) on strawberry. Entomology and Zoology Gazette. 11: 195-204. (in Thai)
- Lankaew, S. and Siri, N. 2013. Predation efficacy and biology of coccinellid beetle; *Stethorus indira* Kapur on three mite species. Khon Kaen Agr. J. 41 (Suppl.1): 159-164. (in Thai)
- Mallik, B., Onkarappa, S. & Kumar, H.M. 1998. Management of spider mites, *Tetranychus urticae* Koch on rose using phytoseiid predators, *Amblyseius longispinosus* (Evans) in polyhouse. Pest Mangt. Hort. Ecosyst 4(1): 46-48. (in Thai)
- NAPPO. 2014. Morphological identification of spider mites (*Tetranychidae*) affecting important fruits. North American Plant Protection Organization. 30 pp.
- Pehlivan, S., Alinc, T., Achiri, T.D. & Atakan, E. 2020. Functional responses of two predatory bugs (Hemiptera: Anthocoridae) to changes in the abundance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Eur. J. Entomol. 117: 49-55.
- Ta-Phaisach, N. and Choawattanawong, P. 2018. Classification of acaricides with diferent modes of action. Entomology and Zoology Gazette. 36: 57-61. (in Thai)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของแมลงสกุล *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) ในจังหวัดเลย

สัน นามตะคุ*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230

บทคัดย่อ

แมลงสกุล *Hemerodromia* เป็นดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของสภาพแวดล้อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของแมลงสกุล *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) ในจังหวัดเลย และประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ดสำหรับระบุสปีชีส์ของ *Hemerodromia* ตัวเต็มวัยของ *Hemerodromia* จำนวน 90 ตัวอย่าง ถูกเก็บจาก 7 พื้นที่ในจังหวัดเลย โดยการใช้สวิงจับแมลงแกว่งขึ้นลงใกล้กับพุ่มไม้ในบริเวณรอบๆ น้ำตกหรือลำน้ำที่สะอาดปราศจากการรบกวนของมนุษย์ นำมาทำการสกัดดีเอ็นเอ เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยปฏิกิริยาถูกลูกโซ่ ทำให้บริสุทธิ์ ส่งหาลำดับนิวคลีโอไทด์ และวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ ผลการวิจัยพบว่า แมลงสกุล *Hemerodromia* ในจังหวัดเลย มีทั้งหมด 7 สปีชีส์ ความถูกต้องในการระบุสปีชีส์โดยเครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ดมีประสิทธิภาพสูงมาก (ร้อยละ 100) ทั้ง 7 สปีชีส์ของ *Hemerodromia* มีสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกันและแยกเป็นกลุ่มเดี่ยวตามแต่ละสปีชีส์ และสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อยอดในการระบุสปีชีส์ในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในอนาคตได้

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางพันธุกรรม, DNA Barcode, Empididae, *Hemerodromia* และ จังหวัดเลย

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: san.na@ksu.ac.th

Genetic Diversity of *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) in Loei Province

San Namtaku *

*Program of Science and Mathematics, Faculty of Science and Health Technology,
Kalasin University, Kalasin Province, 46230, Thailand*

Abstract

Genus *Hemerodromia* is an index indicating the abundance of environments. This study aimed to study the genetic diversity of the *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) in Loei province and assess the effectiveness of the DNA barcode genetic markers for identifying the species of *Hemerodromia*. Ninety adults of specimens were sampled from seven areas in Loei province by sweep net swung plane, up and down near bush areas around the waterfall or stream bank which have a clean environment and without human disturbance. Specimens were used for steps of DNA extraction, polymerase chain reaction, purification sent for sequencing and analyzing the genetic variation. The results showed that *Hemerodromia* in Loei province has seven species. DNA barcoding identification analysis based on the best close match method revealed good performance, with 100% of specimens correctly identified. A phylogenetic tree based on the mitochondrial barcode sequences revealed that all of *Hemerodromia* species were monophyletic form clades. This basic research data will be useful for applying in further study in other organisms.

Keywords: Genetic diversity, DNA Barcode, Empididae, *Hemerodromia* and Loei Province

* Corresponding author: E-mail: san.na@ksu.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์สูง แมลงเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนและความหลากหลายมากที่สุดในอาณาจักรสัตว์ แมลงสกุล *Hemerodromia* เป็นสกุลที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุดในวงศ์ย่อย Hemerodromiinae ของวงศ์ Empididae ทั่วโลกมีรายงานการพบ 150 สปีชีส์ (Plant, 2015) ระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้พบในแหล่งน้ำไหลเป็นส่วนใหญ่และเป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบนิเวศน้ำจืด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งต้นน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสภาพนิเวศวิทยา แมลงสกุล *Hemerodromia* ระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้มักจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนสูง (Plant, 2011) บางสปีชีส์ของ *Hemerodromia* เป็นผู้ล่าตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหลายๆ ชนิด ตัวอ่อนของ *Hemerodromia* บางสปีชีส์กินตัวอ่อนของแมลงริ้นดำที่เป็นพาหะของโรค Onchocerciasis ในมนุษย์และปลาคาร์พ (Knutson and Steyskal, 1981) ดังนั้นแมลงสกุล *Hemerodromia* จึงมีความสำคัญในหลากหลายด้าน ได้แก่ การช่วยหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล การเป็นศัตรูตามธรรมชาติของแมลงพาหะนำโรค เช่น แมลงริ้นดำ เป็นต้น นอกจากนี้แมลงสกุล *Hemerodromia* ยังเป็นดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของสภาพแวดล้อมเนื่องจากหลายสปีชีส์มีความจำเพาะกับสภาพนิเวศวิทยา (Plant, 2015)

ในประเทศไทยมีรายงานการศึกษาความหลากหลายและอนุกรมวิธานของแมลงสกุล *Hemerodromia* พบทั้งหมด 25 สปีชีส์ หลายสปีชีส์มีการกระจายทางภูมิศาสตร์ที่จำเพาะกับสภาพนิเวศวิทยาของแหล่งอาศัย

ขณะที่บางสปีชีส์มีการกระจายทางภูมิศาสตร์ที่กว้างขวางพบได้ทั่วประเทศ จากความแตกต่างของสภาพนิเวศวิทยาของแหล่งอาศัยรวมถึงการกระจายทางภูมิศาสตร์ จึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในแมลงสกุล *Hemerodromia* โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาโดยใช้เครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA Barcode) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อระบุสปีชีส์ รวมถึงการตรวจสอบความหลากหลายซ่อนเร้น (cryptic diversity) ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิคด้านสัณฐานวิทยา (Pramual *et al.*, 2011; Pramual and Adler, 2014) เทคนิคดีเอ็นเอบาร์โค้ดที่ศึกษาในสัตว์ใช้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน cytochrome c oxidase subunit I (COI) ในไมโทคอนเดรีย ความยาวประมาณ 500-600 bp การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ด ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) สำหรับการระบุสปีชีส์ของแมลงสกุล *Hemerodromia* ในประเทศไทย ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบประสิทธิภาพของเครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ดสำหรับการระบุสปีชีส์ของแมลงสกุล *Hemerodromia* ซึ่งยังมีการศึกษาในด้านนี้น้อยมาก นอกจากนี้ผลการศึกษความหลากหลายทางพันธุกรรมในแมลงสกุล *Hemerodromia* ในประเทศไทยจะทำให้ทราบถึงแบบแผนของความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งอาศัยที่มีระบบนิเวศสมบูรณ์ เช่น ป่าต้นน้ำ เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรชีวภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างและการระบุปีชีส์

เก็บตัวอย่าง *Hemerodromia* ตัวเต็มวัยโดยใช้สวิงจับแมลงบริเวณน้ำตกหรือลำน้ำที่สะอาดปราศจากการรบกวนของมนุษย์ ตัวอย่างที่เก็บได้จะดองใน 80% เอทานอล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C ระบุปีชีส์โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามคำอธิบายลักษณะของแต่ละปีชีส์และเกณฑ์ที่สำคัญสำหรับระบุปีชีส์ของ *Hemerodromia* ในประเทศไทย (Plant, 2015)

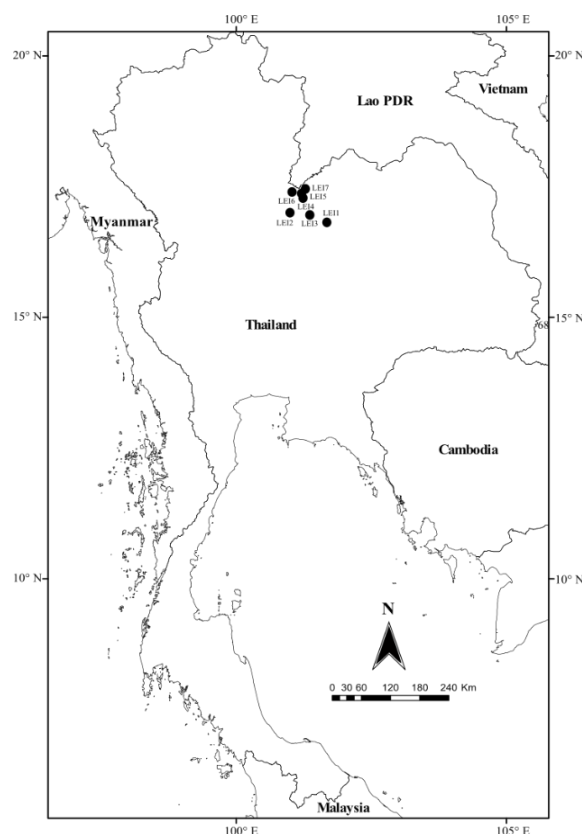
การสกัดดีเอ็นเอ การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยปฏิกิริยา ลูกโซ่และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

สกัดดีเอ็นเอจากตัวเต็มวัยโดยใช้ชุดสกัดสำเร็จรูป GF-1 Tissue DNA Extraction Kit (Vivantis) เพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ (Polymerase chain reaction; PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ LCO1490 (5'-GGTCAACAAAT CAT AAAGATATTGG-3') และ HCO 2198 (5'-TAAACTTCAGG GTGACCAAAAAATCA-3') (Hebert et al., 2003) ดีเอ็นเอที่เพิ่มจำนวนโดย PCR แล้วนำมาตรวจสอบด้วย 1% agarose gel electrophoresis ทำผลผลิตจาก PCR ให้บริสุทธิ์ดีเอ็นเอโดยใช้ HiYield Gel/PCR DNA Extraction Kit (RBC Bioscience, Taiwan) วิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์โดยใช้บริการ DNA sequencing service ของบริษัท Macrogen ประเทศเกาหลีใต้

การวิเคราะห์ข้อมูลความแปรผันทางพันธุกรรม

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์มาทำตัดแต่งให้เป็นเส้นตรงโดยใช้ CLUSTAL X (Thompson et al., 1997) วิเคราะห์หาแฮพโลไทป์ (h) โดยการใช้โปรแกรม

Arlequin version 3.5.1.2 (Excoffier and Lischer, 2010) หาค่าความหลากหลายทั้งภายในและระหว่างสายลำดับนิวคลีโอไทด์เฉพาะของยีน cytochrome c oxidase subunit 1 (COI) ด้วยวิธี Kimura-2 parameter ของโปรแกรม MEGA X (Tamura et al., 2016) ใช้โมเดล Kimura's 2-parameter (K2P) คำนวณหาค่า neighbor-joining (NJ) tree



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่การเก็บตัวอย่างของ *Hemerodromia* 7 สปีชีส์ในจังหวัดเลย รายละเอียดพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างแสดงใน Table 1 (คำย่อ LEI = จังหวัดเลย)

Table 1 แสดงรายละเอียดพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง *Hemerodromia* ในจังหวัดเลย

สปีชีส์	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รหัส	ละติจูด / ลองจิจูด	ระดับความสูง (เมตร)	วันเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง
<i>H. anomala</i> Plant, 2015	น้ำตกสวนหอม อำเภอหนองหิน	LEI1	17°02'49"N 101°45'42"E	579	16/09/2016, 23/03/2017
<i>H. conspecta</i> Plant, 2015	น้ำตกสวนหอม อำเภอหนองหิน	LEI1	17°02'49"N 101°45'42"E	579	23/03/2017
<i>H. furcata</i> Grootaert, Yang & Saigusa, 2000	น้ำตกสองคอน อำเภอภูเรือ	LEI2	17°21'31"N 101°24'23"E	733	22/03/2017
<i>H. fusca</i> Yang & Yang, 1986	น้ำตกสวนหอม อำเภอหนองหิน	LEI1	17°02'49"N 101°45'42"E	579	29/11/2013
	น้ำตกสวนสวรรค์ อำเภอหนองหิน	LEI3	17°03'58"N 101°44'53"E	627	26/11/2013
	ลำห้วยข้างสวนยางพาราบ้านน้ำตกทางขึ้นไปน้ำตกสองคอน	LEI4	17°22'03"N 101°23'07"E	667	17/09/2016, 22/03/2017
	น้ำตกสองคอน อำเภอภูเรือ	LEI2	17°21'31"N 101°24'23"E	733	22/03/2017
<i>H. namtokhinpoon</i> Plant, 2015	น้ำตกสวนหอม อำเภอหนองหิน	LEI1	17°02'49"N 101°45'42"E	579	23/03/2017, 27/05/2017
<i>H. yunnanensis</i> Yang & Yang, 1988	น้ำตกปลาบ่อ อำเภอภูเรือ	LEI5	17°23'51"N 101°22'02"E	279	20/09/2015, 18/09/2016
	ห้วยทับกอสอด อุทยานแห่งชาติภูสวนทราย อำเภอนาแห้ว	LEI6	17°30'55"N 100°56'19"E	915	19/09/2015
	ลำห้วยข้างสวนยางพาราบ้านน้ำตกทางขึ้นไปน้ำตกสองคอน	LEI4	17°22'03"N 101°23'07"E	667	22/03/2017
	น้ำตกเลิศพบ อำเภอภูเรือ	LEI7	17°29'53"N 101°20'07"E	1,122	12/01/2018
	น้ำตกสวนหอม อำเภอหนองหิน	LEI1	17°02'49"N 101°45'42"E	579	23/03/2017
<i>H. anisoserata</i> Plant, 2015	น้ำตกสองคอน อำเภอภูเรือ	LEI2	17°21'31"N 101°24'23"E	733	22/03/2017

ผลการวิจัย

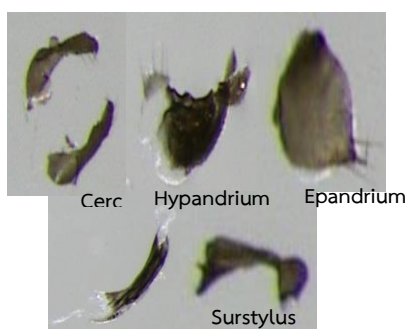
1. การระบุสปีชีส์ของ *Hemerodromia* ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา

1.1 *Hemerodromia anisoserata* Plant, 2015

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. anisoserata* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci ยาว มองดูรูปร่างของ epandrium จะเห็นเป็นลักษณะเกือบเป็นสี่เหลี่ยม hypandrium มีลักษณะคล้ายท้องเรือ surstylus มีลักษณะเรียวยาวแคบส่วนปลายเกือบจะกลม และมีติดยหรือเส้นขนเล็กๆ กระจุกรวมอยู่อย่างหนาแน่นต่อจากส่วนปลายของ epandrium แสดงดัง Fig. 2



(ก)



(ข)

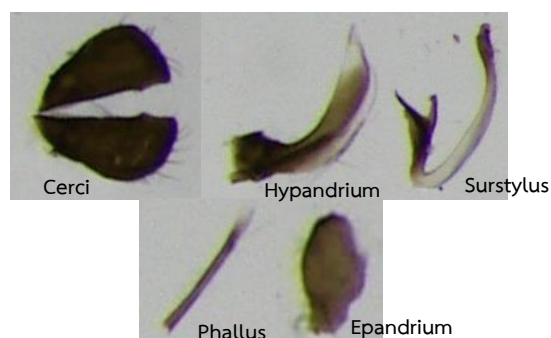
Fig. 2 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. anisoserata* Plant, 2015
(ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.2 *Hemerodromia anomala* Plant, 2015

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. anomala* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci ยาวและกว้าง epandrium จะมีสีดำและมีติดยลักษณะคล้ายขนเล็กๆ สีเข้ม hypandrium มีสีขาว ลักษณะแคบและยาว surstylus ยาว ชิดและโค้งขึ้น สปีชีส์นี้มีลักษณะที่เห็นเด่นชัด คือ ที่ปีกจะมีลักษณะสีดำเข้มมองเห็นเป็นก้อนอยู่ตรงตำแหน่ง R 4 แสดงดัง Fig. 3



(ก)



(ข)

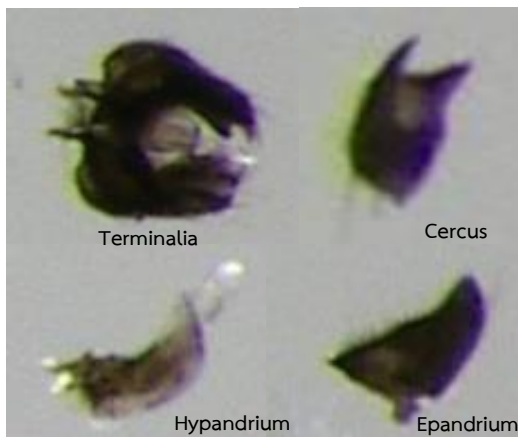
Fig. 3 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. anomala* Plant, 2015
(ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.3 *Hemerodromia conspecta* Plant, 2015

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. conspecta* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci ลักษณะอ้วนแน่น ขนาดเล็ก สั้นและกว้าง epandrium กว้างและมองจากด้านบนจะมีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม แสดงดัง Fig. 4



(ก)



(ข)

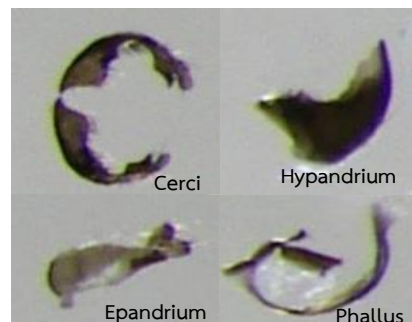
Fig 4 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. conspecta* Plant, 2015
(ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.4 *Hemerodromia namtokhinpoon* Plant, 2015

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. namtokhinpoon* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci สีดำ และขนาดเล็กมองดูซับซ้อน epandrium มีลักษณะยาวและแคบมาก hypandrium มีลักษณะมองดูคล้ายวงรี surstylus ยาว ชิดและโค้งขึ้น สปีชีส์นี้มีลักษณะที่เห็นเด่นชัด คือ ที่ปีกจะมีลักษณะสีดำเข้มมองเห็นเป็นก้อนอยู่ตรงตำแหน่ง R4 แสดงดัง Fig. 5



(ก)



(ข)

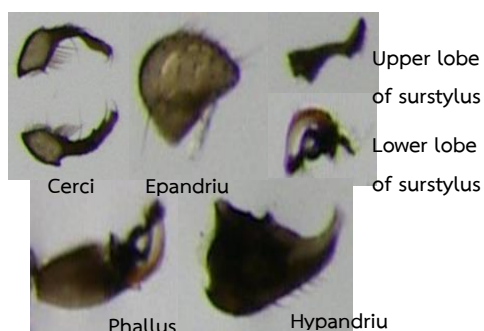
Fig 5 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. namtokhinpoon* Plant, 2015
(ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.5 *Hemerodromia furcata* Grootaert, Yang & Saigusa, 2000

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. furcata* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci สีดำและยาว ส่วนปลายจะแยกเป็นสองแฉก (bifurcate) epandrium ยาวและรูปร่างเกือบเป็นวงรี จะมีสีดำและมีเดือยลักษณะคล้ายขนเล็กๆ สีเข้ม hypandrium ลักษณะคล้ายท่อเรียว surstylus ประกอบด้วยส่วนพู่ด้านบนและด้านล่าง พู่ด้านบนมองดูเกือบจะเป็นรูปปลอกเท้า แสดงดัง Fig. 6



(ก)



(ข)

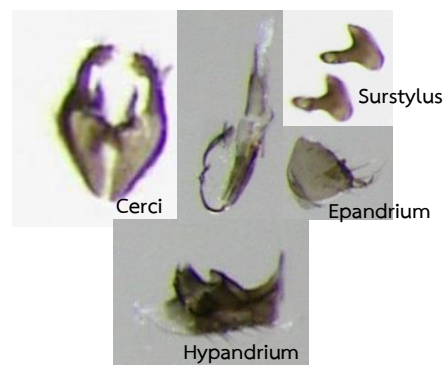
Fig. 6 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. furcata* Grootaert, Yang & Saigusa, 2000 (ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.6 *Hemerodromia fusca* Yang & Yang, 1986

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. fusca* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci สีดำและยาว ที่ประกอบด้วยเดือยหรือขนเล็กๆ epandrium มีปลายแหลมตรงรูปร่างเป็นแบบวงรี hypandrium ลักษณะคล้ายท่อเรียว surstylus สังเกตได้ง่ายโดยมีรูปร่างแบบตัว T (T-shape) ส่วนปลายแบนและกว้าง แสดงดัง Fig. 7



(ก)



(ข)

Fig. 7 (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. fusca* Yang & Yang, 1986 (ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

1.7 *Hemerodromia yunnanensis* Yang & Yang, 1988

ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. yunnanensis* จะสังเกตจากลักษณะของ terminalia โดยจะมี cerci สีดำและยาว ที่ประกอบด้วยเดือยหรือขนเล็กๆ epandrium มีปลายแหลม ตรงรูปร่างเป็นแบบวงรี hypandrium ลักษณะคล้ายท่อหรือ surstylus สังเกตได้ง่ายโดยมีรูปร่างแบบตัวแอล (L-shape) ส่วนปลายแบนและกว้าง แสดงดัง Fig 8

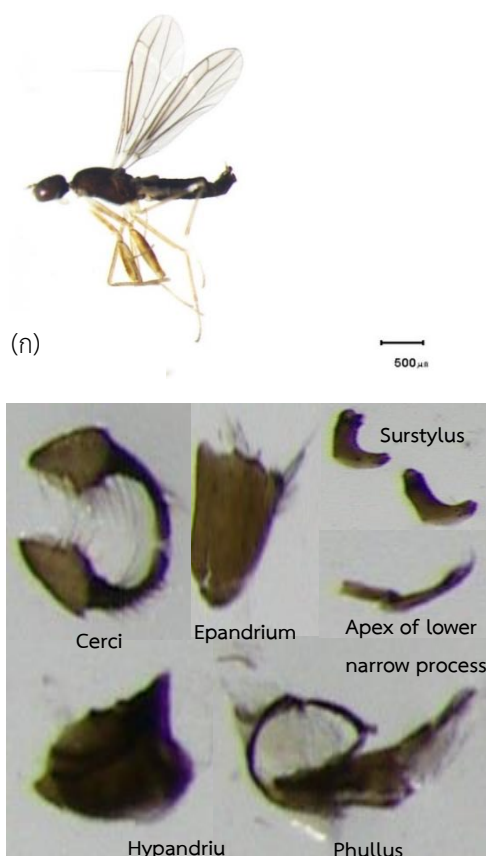


Fig 8. (ก) ตัวเต็มวัยเพศผู้ของ *H. yunnanensis* Yang & Yang, 1988 (ข) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Terminalia

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และข้อมูลการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของ *Hemerodromia* ทั้ง 7 สปีชีส์ ได้แก่ *H. anisoseerrata*, *H. anomala*, *H. conspecta*, *H. namtokhinpoon*, *H. fusca*, *H. furcata* และ *H. yunnanensis* โดยวิธี Neighbor-Joining (NJ) พบว่า สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Fig 9, Table 2) แยกออกเป็น clade ย่อยๆ 7 clade โดยมีค่า ร้อยละของค่า bootstrap สนับสนุนมากกว่า ร้อยละ 98 โดย สปีชีส์ที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันมาก ได้แก่ *H. fusca* และ *H. yunnanensis* ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองสปีชีส์นี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาใกล้เคียงกันมาก และอาจเป็นกลุ่มสปีชีส์พี่น้องกัน (sister group species)

จากการศึกษานี้สามารถระบุสปีชีส์ด้วยดีเอ็นเอบาร์โค้ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาในอนาคตจะสามารถใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดในปัจจุบันได้ ทั้งนี้มีการประยุกต์ใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุสปีชีส์ของตัวอ่อนแมลงที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตสำเร็จโดย Thajjarern et al. (2017) จึงคาดว่าในอนาคตจะสามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการศึกษาระยะตัวอ่อนของ *Hemerodromia* ได้เช่นเดียวกัน

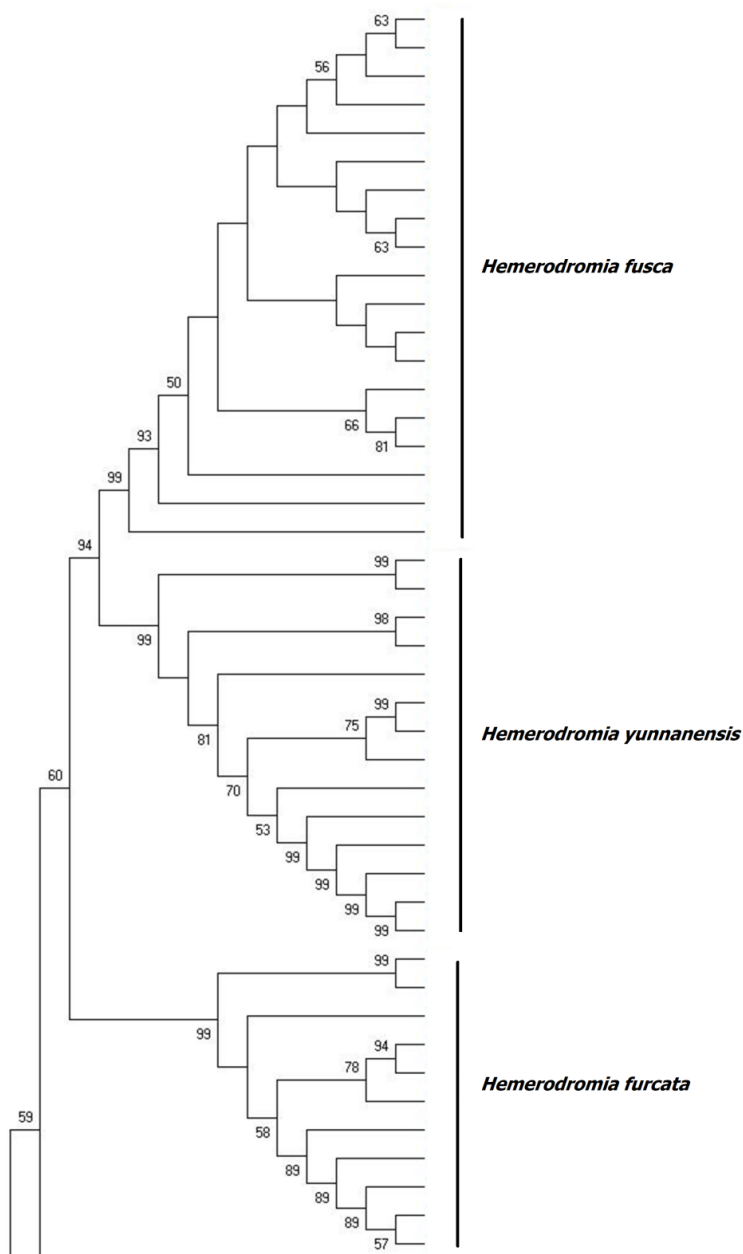


Fig. 9 สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยวิธี Neighbor-Joining สำหรับ 63 แสพโพลีไทป์ จากตัวอย่างทั้งหมด 90 ตัวอย่างของ *Hemerodromia* 7 สปีชีส์ ในจังหวัดเลย โดยมีค่าสถิติ bootstrap จำนวน 1,000 ซ้ำ แสดงเป็นค่าร้อยละ และสเกลบาร์ต่อต้านตำแหน่งนิวคลีโอไทด์มีค่าเท่ากับ 0.05

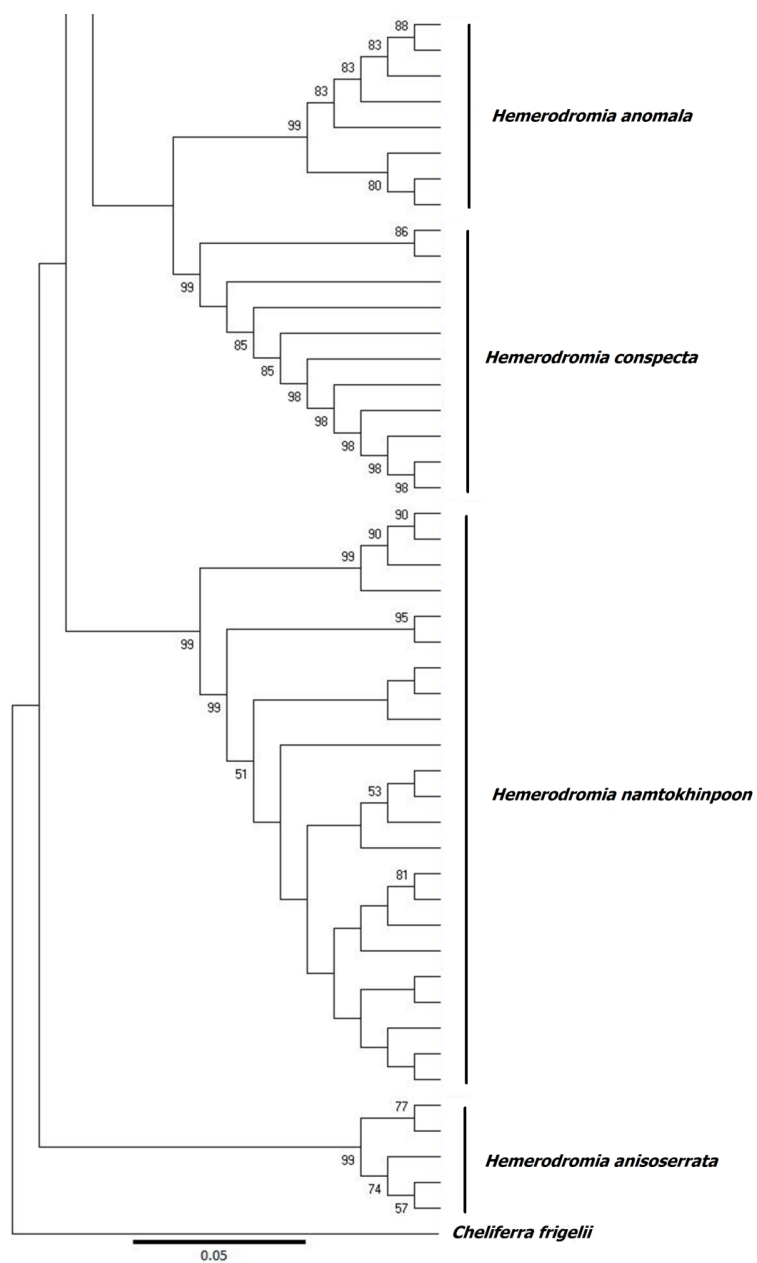


Fig. 9 สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยวิธี Neighbor-Joining สำหรับ 63 แสฟโพลีไทป์ จากตัวอย่างทั้งหมด 90 ตัวอย่างของ *Hemerodromia* 7 สปีชีส์ ในจังหวัดเลย โดยมีค่าสถิติ bootstrap จำนวน 1,000 ซ้ำ แสดงเป็นค่าร้อยละ และสเกลบาร์ต่อต้านตำแหน่งนิวคลีโอไทด์มีค่าเท่ากับ 0.05 (ต่อ)

Table 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการระบุสปีชีส์ของ *Hemerodromia* 7 สปีชีส์ในจังหวัดเลย โดยวิธี best close match ในโปรแกรม TaxonDNA (Meier *et al.*, 2006)

สปีชีส์	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน แฮพโลไทป์	เปอร์เซ็นต์ความ ถูกต้องของการระบุ สปีชีส์	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาดของการระบุ สปีชีส์
<i>H. anomala</i>	8	3	100	0
<i>H. conspecta</i>	11	3	100	0
<i>H. furcata</i>	11	8	100	0
<i>H. fusca</i>	18	17	100	0
<i>H. namtokhinpoon</i>	23	18	100	0
<i>H. yunnanensis</i>	13	9	100	0
<i>H. anisoseerrata</i>	5	5	100	0
Total	90	63		

สรุปผลการวิจัย

1. พบแมลงสกุล *Hemerodromia* ในจังหวัดเลยที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันทั้งหมด 7 สปีชีส์

2. ประสิทธิภาพของเครื่องหมายพันธุกรรมดีเอ็นเอบาร์โค้ด จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม TaxonDNA พบว่าดีเอ็นเอบาร์โค้ดของสายลำดับนิวคลีโอไทด์ของแมลงสกุล *Hemerodromia* ทั้ง 7 สปีชีส์ มีความสามารถในการระบุ สปีชีส์ได้ร้อยละ 100

3. สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของ *Hemerodromia* ในจังหวัดเลยจะมีลักษณะเป็น monophyletic clade โดยจะแยกออกเป็น clade ย่อยๆ 7 clade และสปีชีส์ที่มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันมาก ก็จะแสดงลักษณะของกลุ่มสปีชีส์พี่น้องกัน

ข้อเสนอแนะ

เทคนิคดีเอ็นเอบาร์โค้ดสามารถใช้ในการระบุสปีชีส์ของ *Hemerodromia* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สายลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอบาร์โค้ดที่รายงานในผลการวิจัยในครั้งนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการระบุสปีชีส์สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่ยังไม่ทราบระยะตัวอ่อนได้ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปสู่การศึกษาเชื่อมโยงในอนาคตเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับแหล่งที่อยู่อาศัยในระบบนิเวศของแต่ละสปีชีส์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและ อำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการชีววิทยาวิวัฒนาการและเซลล์ พันธุศาสตร์แมลง SC2 407/4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เป็นสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ประมวล และ Dr. Roderick R. Plant ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษางานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- Excoffier, L., and Lischer, H. E. L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol. Ecol. Resour.* 10(3): 564–567. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x>
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. and deWaard J.R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. Biol. Sci.* 270(1512): 313-321. doi:10.1098/rspb.2002.2218.
- Knutson, L. V. and Steyskal, G. C. 1981. Empididae. In: McAlpine J.F., Peterson G.E., Shewell, G.E., Teskey H.J., Vockeroth J.R. and Wood D.M. (Coords.). *Manual of Nearctic Diptera*, Volume 1, Agriculture Canada Monograph, 27, Research Branch Agriculture Canada, Ottawa, 607-624.
- Meier, R., Shiyang, K., Vaidya, G., and Ng, P. K. L. 2006. DNA Barcoding and Taxonomy in Diptera: A Tale of High Intraspecific Variability and Low Identification Success. *Syst. Biol.* 55(5): 715–728. <https://doi.org/10.1080/10635150600969864>
- Plant, A. R. 2011. Hemerodromiinae (Diptera: Empididae), a tentative phylogeny and biogeographical discussion. *Syst. Entomol.* 36: 83-103.
- Plant, A. R. 2015. Diversity of Hemerodromia Meigen, 1822 (Diptera: Empididae) in Thailand, the tip of a tropical iceberg? *Zootaxa.* 4039 (1): 001-056.
- Pramual, P., Wongpakam, K. and Adler, P. H. 2011. Cryptic biodiversity and phylogenetic relationships revealed by DNA barcoding of Oriental black flies in the subgenus Gomphostilbia (Diptera: Simuliidae). *NRC Research Press Genome.* 54: 1-9. doi:10.1139/G10-100.

- Pramual, P. and Adler, P. H. 2014. DNA barcoding of tropical black flies (Diptera: Simuliidae) of Thailand. *Molecular Ecology Resources*. 14: 262-271 doi: 10.1111/1755-0998.12174.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., and Kumar, S. 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33(7): 1870–1874. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>
- Thaijarern, J., Pramual, P., and Adler, P. H. 2017. Life-stage association of black flies, using a fast-evolving nuclear gene sequence, and description of the larva of *Simulium lampangense* Takaoka & Choochote (Diptera: Simuliidae) from Thailand. *Zootaxa*, 4299(2): 263–270. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4299.2.6>
- Thompson, J. D., Gibson, T. J., Plewniak, F., Jeanmougin, F., and Higgins, D. G. 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Res.* 25(24): 4876-4882.

การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ในแป้งขนมขอม่วง

ปภากร ศรีสอน*, พัทณี บุญธกานนท์ อนุชฌานา, โสภณางกูร และ ญาธิปกร อีระภัทรพลชัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตฉะเชิงเทรา ชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

ขนมขอม่วงทำจากแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งท้าวยาย่มและแป้งมันสำปะหลัง และแต่งสีม่วงธรรมชาติจากน้ำดอกอัญชัน ปัญหาของขนมชนิดนี้คือเนื้อแป้งกลับมีสัมผัสกระด้าง ไม่มีความนุ่มเมื่อตักทิ้งไว้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ เพื่อจะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของแป้งขนมขอม่วง เนื่องจากแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ ประกอบด้วยรงควัตถุสีม่วง หรือแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidation) และกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ยังช่วยให้แป้งมีคุณสมบัติคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มหลังจากเย็นตัวลงได้อีกด้วย จากการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขอม่วงโดยการเปรียบเทียบคุณภาพของแป้งขนมจากทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม สูตรแป้งข้าวเจ้า สูตรทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าปริมาณแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้แป้งขนมมีสีม่วงเข้มมากขึ้น มีค่าความสว่างที่ลดลง และค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น ด้านเนื้อสัมผัสของแป้งขนมพบว่าสูตรทดแทนแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 5, 10 และ 15 มีลักษณะอ่อนนุ่มเพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จากค่าความแข็งที่ลดลงตามลำดับ และจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขอม่วงทั้ง 5 สูตรด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ พบว่าการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ส่งผลให้ความชอบด้านสีลดลง แต่ช่วยเพิ่มคะแนนความชอบด้านความนุ่ม และความยืดหยุ่นของแป้ง รวมไปถึงความชอบโดยรวมให้แก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแป้งขนมขอม่วงสูตรทดแทนแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 10 เปรียบเทียบก่อนและหลังนึ่ง พบว่าการนึ่งส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงโดย DPPH ของแป้งขนมลดลงหลังผ่านการนึ่งลดลงจาก 1.84 เหลือ 1.32 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม เช่นเดียวกันกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของแป้งลดลงจาก 2.63 เหลือ 1.40 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม

คำสำคัญ: การทดแทน แป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ และ ขนมขอม่วง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: paphakorn_sr@rmutto.ac.th

Substitution of Rice Flour with Pregelatinized Hom Nin Rice Flour in Batter of Kanom Chomuang

Paphakorn Srisorn* Patchanee Boontaganon Anongnat Sopanangkul and
Yatipakorn Terapatponchai

*Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Siracha, Chonburi,
20110, Thailand*

Abstract

Kanom Chomuang made from flour mixed included rice flour, Thao Yai Mom flour and tapioca flour, as well as decorate purple color from butterfly pea flower. The texture of dough when leave it for a moment was a problem of this dessert. This research aims to study the substitution of rice flour with pregelatinized Hom Nin rice flour for improving the texture also increasing the nutritional value of the Kanom Chomuang as well. The Hom Nin rice flour has purple pigment are anthocyanin which had antioxidant activity and pre-gelatinization process exert to quality of batter, it also retains softness texture after cooling down. The development of Kanom Chomuang based on production and quality of batter from 5 formulas consisted of control, rice flour (RF), replacing the rice flour with 5, 10 and 15% of pregelatinized Hom Nin rice flour (5, 10 and 15%PHF) were investigated. Addition of pregelatinized Hom Nin rice flour affect dark purple color of batter was confirmed by the lightness was decreased while redness and yellow were increased. Kanom Chomuang was substituted by pregelatinized Hom Nin rice flour at 5, 10 and 15% had more softness texture, it observes by decreasing of hardness. Sensory evaluation of Kanom Chomuang was determined by 9-point hedonic scales. From the result, substitution of rice flour with pregelatinized Hom Nin rice flour was decreased the liking score of color. However, it increased to the liking score of texture and overall like. Moreover, antioxidant activity of uncooked and cooked Kanom Chomuang batter (10 % substitution of pregelatinized Hom Nin rice flour) was determined. The result indicated that the inhibition of DPPH was decreased by cooking from 1.84 to 1.32 mg ATE/g) also the inhibition of ABTS was decreased from 2.63 and 1.40 mg ATE/g.

Keywords: Substitution Pregelatinized Hom Nin rice flour and Kanom Chomuang

* Corresponding author: E-mail: paphakorn_sr@rmutto.ac.th

บทนำ

ข้าวหอมนิล เป็นข้าวที่มีสีม่วงเข้ม มีกลิ่นหอม และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนร้อยละ 12.5 และสามารถออกฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ถึงร้อยละ 50 ที่ความเข้มข้น 293 ไมโครโมลต่อกรัม (Sumczynski, *et al.* 2016) เนื่องจากในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีม่วงดำนั้น ประกอบด้วยสารกลุ่มแอนโทไซยานินที่เป็นสีม่วงเข้ม (cyanidin) และสารสีชมพูอ่อน (peonidin) รวมถึงสารโปรแอนโทไซยานิน (Sutharut and Sudarat, 2012) ซึ่งแอนโทไซยานินและโปรแอนโทไซยานินที่พบในข้าวหอมนิลจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี และมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย โดยสารโปรแอนโทไซยานินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเซลล์มะเร็งได้ (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009; Rui *et al.*, 2011) นอกจากการบริโภคในรูปแบบผลิตภัณฑ์ข้าวแล้ว ยังได้มีศึกษาการใช้ข้าวสีนิลในรูปแบบผลิตภัณฑ์แปรรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปัง คุกกี้ และมัฟฟิน (Rodmui and Jitwaropas, 2007; Phuphechr *et al.*, 2009; Sangkaeo and Chomkhuntod, 2015)

แป้งพรีเจลลาติไนซ์ เป็นแป้งที่ผ่านกระบวนการดัดแปรทางกายภาพ (physical modification) โดยการให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจนผ่านขั้นตอนของการเกิดเจลลาติไนเซชัน (gelatinization) แล้วทำให้แห้งทันที เป็นการดัดแปรสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแป้ง ทำให้แป้งมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยาต่างๆ ได้ดีมากขึ้น (Srirod and Piyajomkhawn, 2000) แป้งพรีเจลลาติไนซ์มีความสามารถดูดน้ำกลับได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อได้รับความร้อนอีกครั้ง

จะมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถนำไปใช้เป็นสารให้ความหนืดในผลิตภัณฑ์อาหาร และปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Aphichachan and Jiamyangyuen, 2006; Narklaor *et al.*, 2011; Purintraphiban, 2020)

ขนมขอม่วงทำจากแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้า แป้งท้าว ยายม่อม และแป้งมันสำปะหลัง แป้งที่ได้นำไปห่อหุ้มไส้ที่ประกอบด้วยเนื้อสัตว์เป็นหลัก มีการปรุงรสชาติให้เค็มนำ ตามด้วยรสหวาน และมีรสเผ็ดเล็กน้อยจากพริกไทย นอกจากนี้แป้งที่หุ้มจะมีการจับกลีบคล้ายกลีบดอกไม้มาก่อนเพื่อความสวยงามแล้วจึงนำไปนึ่งให้สุก (Obtom, 2012) ในส่วนของแป้งขนมขอม่วงมีแป้งข้าวเจ้าเป็นองค์ประกอบหลักประมาณ ร้อยละ 80 โดยมีการผสมแป้งมันและแป้งท้าว ยายม่อม ร้อยละ 10 เพื่อให้แป้งมีความเหนียวสามารถปั้นเป็นรูปได้ง่าย เมื่อนำขนมขอม่วงที่ปั้นและขลิบเรียบร้อยแล้วไปนึ่งให้สุก เมื่อยกออกจากเตาใหม่ๆ เนื้อแป้งที่ได้จะมีลักษณะเนื้อเหนียวนุ่ม แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 ชั่วโมง จะพบว่าตัวแป้งขนมแห้ง และมีเนื้อสัมผัสกระด้าง ไม่มีความนุ่มเหมือนตอนนึ่งเสร็จใหม่ๆ (Siripong, 2011)

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแป้งขนมขอม่วง โดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้า ด้วยแป้งหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์ เพื่อให้แป้งขนมขอม่วงยังคงมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มน่ารับประทานหลังจากนึ่งและเย็นตัวลง รวมถึงผู้บริโภคยังได้รับคุณประโยชน์จากสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการใช้แป้งข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

(Ultra-centrifugal mill, Retsch ZM 200) นำแป้งที่ได้ ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานความละเอียดขนาด 100 เมช

1. การเตรียมแป้งหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์

นำเมล็ดข้าวหอมนิลที่ได้มาทำการโม่ด้วยเครื่องโม่ แป้งแบบแห้ง นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า

Table 1 Formulation of Kanom Chom consist of control, 100% rice flour (RF), replacing the rice flour with 5, 10, and 15% of pregelatinized Hom Nin rice flour (PHF)

Ingredients	Control	RF	PHF:5	PHF:10	PHF:15
Rice flour (g)	30	32	33	31	30
Thao Yai Mom flour (g)	1	-	-	-	-
Tapioca flour (g)	1	-	-	-	-
Pregelatinized Hom Nin rice flour (g)	-	-	2	4	5
Water (g)	50	50	57	57	57
Coconut milk (g)	8	8	8	8	8
Butterfly pea flowers water (g)	10	10	-	-	-

จากนั้นนำแป้งที่ได้ไปผ่านกระบวนการพรีเจลลาติไนซ์ ตามวิธีของ Narklaor *et. al.* (2011) โดยผสมแป้ง หอมนิลต่อน้ำที่อัตราส่วน 50:100 กรัมต่อมิลลิลิตร แล้ว ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ โดยใช้อุณหภูมิที่ ผิวหน้าลูกกลิ้ง 130 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบของ ลูกกลิ้งเป็น 12 รอบต่อนาที จากนั้นนำแผ่นแป้งที่ได้มา บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานความละเอียด ขนาด 100 เมช ได้เป็นแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์

2. การเตรียมขนมขม่อม่วง

ทำการเตรียมแป้งขนมตามวิธีของ Obtom (2012) ทำการชั่งแป้ง และส่วนผสมตามสูตร (Table 1) ทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ ขนมขม่อม่วงสูตรควบคุม (Control) สูตร แป้งข้าวเจ้า (RF) สูตรทดแทนแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์ร้อยละ 5 (PHF:5) สูตรทดแทนแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์ร้อยละ 10 (PHF:10) และสูตรทดแทนแป้ง ข้าวหอมนิลพรีเจลลาติไนซ์ร้อยละ 15 (PHF:15) จากนั้น เติมน้ำที่ละน้อยลงไปนวดกับแป้งเป็นเวลา 10 นาที จนแป้งเป็นก้อนและเหนียว เติมน้ำส่วนที่เหลือ ได้แก่

น้ำดอกอัญชัน และกะทิ คนให้เข้ากัน เทส่วนผสมลงในกระทะนำไปตั้งไฟอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กวนจนแป้งร้อนจากกระทะ นำมานวดด้วยมือให้เนื้อแป้งเนียน นำแป้งมาปั้นเป็นก้อนขนาด 8 กรัม แผ่แป้งเป็นแผ่นกลม ห่อไส้ขนมให้มิด ใช้แทนขนมขม่อม่วง จับจีบโดยรอบเป็นดอกกุหลาบ ตั้งลังถึงให้น้ำร้อนเดือด รองลงด้วยใบตองฉีก นำขนมขม่อม่วงหนึ่งเป็นเวลา 5 นาที ยกออกจากเตา แผ่แป้งเป็นแผ่นกลม ห่อไส้ขนมให้มิด ใช้แทนขนมขม่อม่วงจับจีบโดยรอบเป็นดอกกุหลาบ

3. การวิเคราะห์ค่าสีของแป้งขนมขม่อม่วง

นำตัวอย่างแป้งขนมขม่อม่วงก่อนและหลังนึ่ง มาทำการวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่องวิเคราะห์สี Spectrophotometer (ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-3500d)

4. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของแป้งขนมขม่อม่วง

ชั่งตัวอย่างแป้งขนมขม่อม่วงก่อนและหลังนึ่ง 8 กรัม นำมาปั้นให้เป็นก้อนกลม ทำการวิเคราะห์ค่า Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA.XT. Plus) และหัววัดชนิด Cylinder probe (P/35) กดลงไปบนขนมขม่อม่วงร้อยละ 50 ของชิ้น โดยกำหนดอัตราเร็วก่อนวัด (Pre-Test Speed) 1.5 mm/s อัตราเร็วขณะวัด (Test Speed) 1.0 mm/s อัตราหลังวัด (Post-Test Speed) 10.0 mm/s ขนาด

5. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขม่อม่วง

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขม่อม่วงทั้ง 5 สูตรด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scaling (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบที่มีต่อ

ขนมขม่อม่วงในคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สี กลิ่นรส ความนุ่ม ความยืดหยุ่น และความชอบรวม

6. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแป้งขนมขม่อม่วง

นำตัวอย่างแป้งขนมขม่อม่วงก่อน และหลังนึ่งของสูตรแป้ง 10%PHF มาทำการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ โดยนำแป้งที่บดละเอียด 10 กรัม ผสมกับสารละลายผสม 250 มิลลิลิตร (95% Ethanol 70: 30 Distilled water) กวนเป็นเวลา 44 นาที จากนั้นนำไปกรองแยกกากด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 300 กรัม เป็นเวลา 15 นาที นำสารสกัดที่ได้ใส่ในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ก่อนใช้เจือจางเจือจางตัวอย่างสารสกัดจากแป้ง 20 เท่าจากตัวอย่างเข้มข้น โดยปิเปตน้ำกลั่นปราศจากไอออน 950 ไมโครลิตร ลงในหลอดไมโครเซนทริฟิวก์ และเติมสารสกัดจากแป้ง 50 ไมโครลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และ ABTS assay โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Sutharut & Sudarat (2012) ดังนี้

วิเคราะห์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) ของสารสกัดที่ได้จากแป้งขนมขม่อม่วง โดยเริ่มจากเตรียมสารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 ไมโครโมลต่อลิตร ในสารละลายเอทานอล ปิเปตสารละลาย DPPH ปริมาตร 950 ไมโครลิตร ลงในหลอดไมโครเซนทริฟิวก์ เติมเอทานอล สารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ (0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) หรือตัวอย่างสารสกัดแป้งเจือจาง ปริมาตร 50 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณร้อยละการยับยั้งดังสมการต่อไป

$$\%Scavenging = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100$$

โดยที่ A1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลาย DPPH ผสมเอทานอล

A2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลาย DPPH ผสมสารละลายกรดแอสคอร์บิก หรือ สารสกัดแบ่งเจือจาง

ทำการเปรียบเทียบระดับการยับยั้งของสารสกัดตัวอย่าง กับกราฟการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งเมื่อนำค่าดูดกลืนแสงไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานผลการยับยั้งที่ได้จะแสดงในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมของตัวอย่าง

วิเคราะห์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS assay) ของสารสกัดที่ได้จากแป้งขนมขม่อม โดยเริ่มจากเตรียมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลต่อลิตร ผสมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K2S2O8) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลต่อลิตร ในสัดส่วน 2:3 เก็บไว้ที่มีดเป็นเวลา 16 - 18 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 729 นาโนเมตร ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0.9-1.0 จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยเปิดสารทดสอบ ABTS ปริมาตร 950 ไมโครลิตร ลงในหลอดไมโครเซนทริฟิวก์ เติมน้ำกลั่นสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ (0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) หรือตัวอย่างสารสกัดแบ่งเจือจาง ปริมาตร 50 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 729 นาโนเมตร คำนวณร้อยละการยับยั้งดังสมการต่อไปนี้

$$\%Scavenging = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100$$

โดยที่ A1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารทดสอบ ABTS ผสมเอทานอล

A2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารทดสอบ ABTS ผสมสารละลายกรดแอสคอร์บิก หรือ สารสกัดแบ่งเจือจาง

ทำการเปรียบเทียบระดับการยับยั้งของสารสกัดตัวอย่าง กับกราฟการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งเมื่อนำค่าดูดกลืนแสงไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานผลการยับยั้งที่ได้จะแสดงในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมของตัวอย่าง

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพกายภาพ และเคมี ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ส่วนการประเมินด้านประสาทสัมผัส ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD)

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Rank Test)

ผลการวิจัย

การศึกษาพัฒนาแป้งขนมขอม่วงโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและสูตรแป้งข้าวเจ้า ด้วยการเปรียบเทียบคุณภาพของแป้งขนมทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

1. คุณภาพทางด้านสีของแป้งขนมขอม่วง

ส่วนผสมแป้งที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สีแป้งของขนมขอม่วงที่ได้มีความแตกต่างกันตามสีของวัตถุดิบหลักที่มีหน้าที่ให้สีแก่ผลิตภัณฑ์ โดยที่ขนมขอม่วงสิ่งทดลองควบคุม Control จะมีสีน้ำตาลเงินที่มาจากน้ำดอกอัญชัน ส่วนสิ่งทดลอง RF มีสีขาวตามแป้งข้าวเจ้า และสูตรที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์มีสีน้ำตาลแดงตามสีของแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ (Fig. 1)

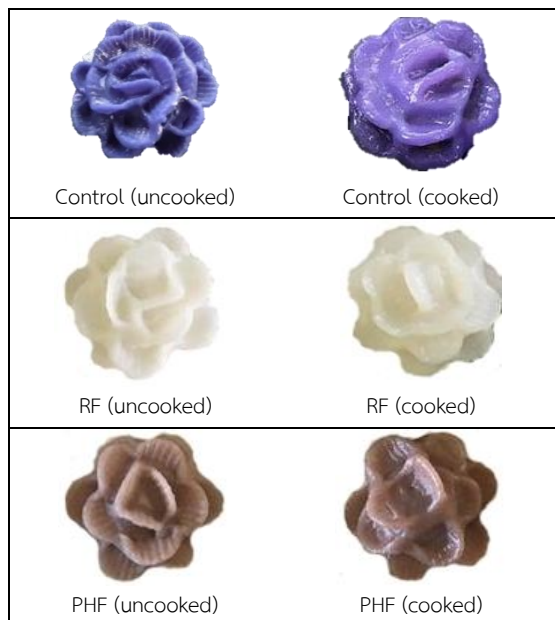


Fig.1 Kanom Chomuang with different mixed flour

โดยความร้อนจากการนึ่ง ส่งผลให้สีผิวแป้งขนมขอม่วงเปลี่ยนเป็นเจลใส และมันวาวมากขึ้น ต่างจากแป้งก่อนนึ่งที่มีลักษณะขุ่น และด้าน เนื่องจากแป้งที่ผสมกับน้ำเกิดทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว และมีลักษณะขุ่นเมื่อสัมผัสกับไอน้ำขณะทำการนึ่งความร้อนจากไอน้ำทำให้เม็ดแป้งที่พองแตกเปลี่ยนเป็นเจลใส (Srirod and Pijajomkhawn, 2000) จากการวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness: 0-100) ค่าความเป็นสีเขียว – แดง (Redness: -a,+a) และค่าความเป็นสีน้ำตาลเงิน – เหลือง (Yellowness: -b,+b) ของแป้งขนมขอม่วงทั้งแบบก่อน และหลังนึ่ง 5 ตัวอย่าง (Table 2) พบว่าหลังการนึ่งทำให้แป้งขนมขอม่วงทั้ง 5 สูตรมีค่า Lightness ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อ Redness และค่า Yellowness อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และจากส่วนผสมให้สีหลักที่แตกต่างกันส่งผลให้ขนมขอม่วง control ซึ่งมีสีฟ้า และตัวอย่าง RF ซึ่งมีสีขาว มีค่า Redness (-a) และค่า Yellowness (-b) ติดลบอยู่ในช่วงสีเขียว และน้ำตาลเงิน ส่วนขนมขอม่วง PHF:5 PHF:10 และ PHF:15 ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง มีค่า Redness (+a) และค่า Yellowness (+b) เป็นบวกอยู่ในช่วงสีแดง และเหลือง โดยเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน PHF ส่งผลให้ค่า Redness สูงขึ้นตามลำดับ

Table 2 Lightness, redness, and yellowness of uncooked and cooked Kanom Chomuang

Samples	Lightness	Redness	Yellowness
Uncooked			
Control	61.06±0.73 ^a	-5.22±0.19 ^e	-15.40±0.68 ^b
RF	59.59±0.53 ^{ab}	-4.50±0.05 ^d	-19.60±0.12 ^c
PHF:5	56.55±0.81 ^b	2.41±0.05 ^c	1.60±0.22 ^a
PHF:10	51.12±1.35 ^c	3.40±0.30 ^b	0.77±0.58 ^a
PHF:15	46.69±0.43 ^d	3.80±0.22 ^a	0.90±0.18 ^a
Cooked			
Control	58.19±1.01 ^A	-5.65±0.11 ^E	-16.41±0.32 ^B
RF	56.64±0.95 ^{AB}	-4.99±0.05 ^D	-20.03±0.33 ^C
PHF:5	54.59±0.10 ^B	2.34±0.04 ^C	0.84±0.11 ^A
PHF:10	47.83±2.24 ^C	3.40±0.48 ^B	0.79±0.53 ^A
PHF:15	44.46±0.56 ^D	4.00±0.37 ^A	1.11±0.30 ^A

Note: ^{a-e} Means difference in the same column of uncooked ($p < 0.05$)

^{A-E} Means difference in the same column of cooked ($p < 0.05$)

2. คุณภาพทางค่าเนื้อสัมผัสของแป้งขนมขอม่วง

การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสตัวอย่างแป้งขนมขอม่วงทั้งหมด 5 สูตร ทั้งแบบก่อนและหลังนึ่ง ด้วยการทดสอบ Texture profile analysis ได้ค่า ความแข็ง (Hardness) ค่าความเหนียวยึดติด (Adhesiveness) ค่าความตึง (Springiness) ค่าการเกาะตัว (Cohesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าการเคี้ยว (Chewiness) (Sirilert, 2007) การนึ่งส่งผลให้ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว ค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยวของแป้งผสมทั้ง 5 สูตรสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากการนึ่งทำให้แป้งเกิดเจลลาตินเซชันและหลังจากแป้งเย็นตัวลง โมเลกุลของ

แป้งจะคืนตัวกลายเป็นเจล โดยองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อลักษณะการเชื่อมต่อนของโครงข่าย และความแข็งแรงของเจล (Rattanapanon, 2014) แป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบหลักของขนมขอม่วงทั้ง 5 ตัวอย่าง โดยตัวอย่าง Control เป็นแป้งผสมแป้งข้าวเจ้ากับแป้งท้าวยายม่อม RF เป็นแป้งข้าวเจ้าล้วนและ PHF:5 PHF:10 PHF:15 คือตัวอย่างแป้งขนมขอม่วงที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลฟรีเจลาตินในร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ พบว่า ตัวอย่างแป้ง Control RF และ PHF:10 ในแป้งสุกหลังนึ่งแล้วมีค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว ค่าความเหนียว และค่าการเคี้ยวไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) โดยที่แป้งขนมขอม่วงที่มีค่าความแข็งน้อยที่สุดทั้งก่อน และหลังนึ่ง ซึ่งทำให้ค่าความเหนียว และค่าการเคี้ยวน้อยที่สุดเช่นกัน คือ PHF:15 แต่ตัวอย่างนี้ได้แสดงค่าค่าความเหนียวยึดติดมากที่สุด อาจกล่าวได้ว่าแป้งขนมขอม่วง PHF:15 หลังนึ่งจะมีเนื้อแป้งนุ่มที่สุด แต่อาจติดฟัน ขนระกัด หรือเคี้ยว ขณะที่ แป้ง แป้งขนมขอม่วง Control RF และ PHF:10 มีเนื้อที่แข็งต้องใช้แรงในการกัด หรือเคี้ยวมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ

3. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขอม่วง

การศึกษาระดับการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลฟรีเจลาตินซีได้ทำประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อขนมขอม่วง 5 ตัวอย่าง ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี (color) กลิ่น รส (flavor) ความนุ่ม (Softness) ความยืดหยุ่น (Elastic) และความชอบรวม (Overall liking) (Table 4) พบว่าขนมขอม่วง Control และ RF ได้คะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด รองลงมาคือ PHF:10 และ PHF:15 ส่วนด้านกลิ่นรสทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) ที่ระดับคะแนน 7.0 – 6.5

Table 4 Liking score of Kanom Chom with 5 formulas

Samples	Color	Flavor ^{ns}	Softness	Elastic	Overall liking
Control	7.07±1.05 ^{ab}	6.67±1.21	5.97±1.38 ^c	5.80±1.27 ^b	6.20±1.06 ^b
RF	7.34±0.84 ^a	7.03±1.00	6.40±1.04 ^b	6.30±1.09 ^a	6.87±1.04 ^a
PHF:5	6.10±1.35 ^c	6.53±0.97	6.70±1.06 ^a	6.53±1.17 ^a	6.73±0.98 ^a
PHF:10	6.63±1.16 ^b	6.90±1.21	6.77±0.68 ^a	6.60±0.90 ^a	6.90±0.96 ^a
PHF:15	6.67±0.98 ^b	6.60±1.35	6.93±0.98 ^a	6.77±1.01 ^a	6.80±1.06 ^a

Note: ^{a-c} Means difference in the same column (p<0.05)

^{ns} Means not difference in the same column (p<0.05)

และเมื่อทำการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลฟรีเจลาติโนซ์ในแป้งขนมขม่อม่วง PHF:5 PHF:10 และ PHF:15 พบว่าทั้ง 3 ตัวอย่างมีคะแนนความชอบสูงที่สุดในคุณลักษณะ ความนุ่ม และความยืดหยุ่นของแป้งรวมไปถึงความชอบโดยรวมไม่ต่างกัน (p>0.05)

4. ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และความสามารถต้านสารอนุมูลอิสระ

ถึงแม้ว่าขนมขม่อม่วง PHF:5 PHF:10 และ PHF:15 จะมีคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะไม่ต่างกัน แต่เนื่องด้วยแป้งขนมขม่อม่วง PHF:5 และ PHF:15 เวลาขึ้นรูป และจับจับค่อนข้างทำได้ยากกว่าจาก PHF:10 จึงได้เลือกทำการทดสอบหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน และความสามารถต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS กับตัวอย่างแป้งขนมขม่อม่วง PHF:10 ทั้งแบบก่อน และ หลังนี้ จากตารางที่ 5 พบว่าตัวอย่างแป้งขนมขม่อม่วง ก่อนนี้มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งหลังนี้ 11.03 และ 8.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับความสามารถต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของแป้งขนมขม่อม่วงก่อนนี้ ซึ่งมี

ความสามารถต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งหลังนี้ เนื่องจากสารในกลุ่มแอนโทไซยานินที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในแป้งข้าวหอมนิล ถูกทำลายด้วยความร้อนสูงจากไอน้ำที่ใช้ในการนึ่งแป้งขนม (Patras *et al.*, 2010)

Table 5 Anthocyanidin content and antioxidant properties of uncooked and cooked Kanom Chomuang PHF:10.

Samples	Anthocyanidin (mg/ml)	DPPH (mg ATC/g)	ABTS (mg ATC/g)
Uncooked	11.03±3.45 ^a	1.84±0.03 ^a	2.63±0.26 ^a
Cooked	8.04±0.35 ^b	1.32±0.04 ^b	1.40±0.02 ^b

Note: ^{a-b} Means difference in the same column (p<0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ขนมขอม่วงมีแป้งขนม และไส้ขนมเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งดำรับในการทำตัวแป้งมีการใช้แป้งหลายชนิดเพื่อให้ได้แป้งขนมที่มีสีสวยใส มันทวนำรับประทาน รวมถึงยังคงเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มเมื่อตักทิ้งไว้ในโดยสัมผัสกับอากาศจากการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขอม่วงโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งหอมนิลพรีเจลาตินไนซ์ พบว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาตินไนซ์เป็นส่วนผสมทดแทนแป้งข้าวเจ้าสามารถช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้แป้งขนมมีความอ่อนนุ่ม ไม่แห้งแข็ง โดยที่คะแนนความชอบรวมของแป้งขนมขอม่วงที่ทำการทดแทนด้วยแป้งหอมนิลพรีเจลาตินไนซ์ที่ร้อยละ 5 10 และ 15 ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความชอบเล็กน้อย และได้เลือกแป้งขนมขอม่วงที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 มาทำการศึกษา

ผลของการนี้ต่อความสามารถด้านสารอนุมูลอิสระ โดยพบว่าความร้อนส่งผลความสามารถด้านสารอนุมูลอิสระของแป้งลดลง อย่างไรก็ตาม การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งหอมนิลพรีเจลาตินไนซ์สามารถแก้ไขปัญหาเนื้อสัมผัสแห้งแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขอม่วง และช่วยลดปริมาณการใช้แป้งชนิดอื่นๆ อย่างเช่นแป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งท้าว ยายม่อม รวมทั้งเป็นการเพิ่มคุณค่าประโยชน์ทางอาหารอย่างสารแอนโทไซยานินที่มีความสามารถด้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขนมขอม่วง เนื่องจากสารที่มีความสามารถด้านอนุมูลอิสระ มักจะมีความสามารถต่อต้าน หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การศึกษาการใช้แป้งหอมนิลพรีเจลาตินไนซ์ในขนมขอม่วงเพื่อติดตามปริมาณจุลินทรีย์ อาจเป็นแนวทางในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารโดยการทดแทนด้วยวัตถุดิบจากธรรมชาติเพื่อช่วยลดการใช้สารวัตถุเจือปนเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียในอาหารอีกทางหนึ่ง

References

- Aphichachan, U. and Jiamyangyuen, S. 2006. Production and utilization of pregelatinized rice flour and its application in reduced fat donut cake. University of The Thai Chamber of Commerce J. 26(3): 32 – 45.
- Castaneda-Ovando, A., Pacheco-Hernandez, M., Paez-Hernandez, M. E., Rodriguez, J. A. and Galan-Vidal, C. A. 2009. Chemical studies of anthocyanins. A review. Food Chem. 113: 895-871.
- Narklaor, D., Sangnark, A., and Limroongreungrat, K. 2011 Improvement in quality of jackfruit seed flour by pregelatinization. Burapha Science J. 161: 12 – 21. (in Thai)
- Obtom, T. 2012. Kanom wan Thai. Ammarin printing and publishing: Bangkok. (in Thai)

- Phuphechr, P. Suwonsichon, S., and Limanond, B. 2009. Chemical and physical characteristics of sinin rice flour and qualities of sinin rice flour. In: The 47th Kasetsart University Annual Conference (pp. 20-27). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Purintraphiban, S. 2020. Improved properties of fresh Kanom-Jeen by using pregelatinized purple corn flour substitute rice flour. Prawarun Agr J. 17(1): 75-87. (in Thai)
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell C., and Tiwari, B.K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. Trend. Food. Sci. Tech. 21(1): 3 – 11.
- Rodmui, A., and Jitwaropas, O. 2007. Production of cookies using wheat flour partial substituted with Hom Nin rice flour. J. Food Tech. Siam University. 3(1): 37–43. (in Thai)
- Rui L., Wang, P., Guo, Q.Q. and Wang, Y.Z. 2011. Anthocyanin composition and content of the *Vaccinium uliginosum* berry. Food Chem. 125: 116–120.
- Rattanapanon, N. 2014. Food chem. Oadian store: Bangkok. (in Thai)
- Sangkaeo, W. and Chomkhuntod, J. 2015. Substitution wheat flour with black jasmine rice flour in healthy muffin products. Agri. Sci. J. 46(36): 705–708.
- Sirilert, T. 2007. J. Food texture analysis. Food Tech. Siam University. 3(1): 6–13. (in Thai)
- Siripong, K. 2011. Kanom Thai red rod. Ammarin printing and publishing: Bangkok. (In Thai)
- Srirod, K. and Piyajomkhawn, K. 2000. Technology of starch. Department of Biotechnology. Kasetsart University Printing House: Bangkok. (in Thai)
- Sumczynski, D., Kotásková, E., Družbiková, H. and Mlcek, J. 2016. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and in vitro digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Food Chem. 211: 239-246.
- Sutharut, J. and Sudarat, J. 2012. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. Inter. Food Res. J. 19(1): 215 - 221.

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เพียรพรรณ สุทะโคตร*, ศิวพร แซ่เล่า และ อรรรรณ ใบศิลา

สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและแปรรูป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปังร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และอายุการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ลักษณะทางกายภาพ คือ ค่าสีแดง (a^*) ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และ ค่าต้านทานการเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) สำหรับปริมาตรจำเพาะ, ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง การประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าค่าคะแนนโดยรวมที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง มีค่าคะแนนความชอบโดยรวม 7.89, 7.94, 7.97 และ 7.86 ตามลำดับ ($p > 0.05$) ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งเป็นสูตรที่ดีที่สุด เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมดสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) การประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่าขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน ขนมปังพบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มากกว่า 1×10^4 CFU/ และ 10^2 CFU/ ตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง ขนมปัง และ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: pianpan.sp@bru.ac.th

Replacement of Wheat Flour with Red Jasmine Brown Rice Flour in Bread Product

Pianpan Supakot^{*}, Siwaporn Saelao and Orlawan Bisila

*Food Innovation and Processing, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University,
Muang District, Buriram Province 31000, Thailand*

Abstract

This research aimed to study the substitution of wheat flour with red jasmine brown rice flour on bread. The red jasmine brown rice flour was supplemented at 0, 5, 10, 15 and 20% of flour weight. The physical, chemical properties and shelf-life were analyzed. The experimental results showed that the moisture, antioxidant activity, total phenolic content and total anthocyanin content were increased with increasing in the content of red jasmine brown rice flour. Physical properties in terms of redness (a^*), hardness, gumminess and chewiness were increased as increasing of the red jasmine brown rice flour content ($p \leq 0.05$). However, the volume, specific volume, brightness (L^*), yellowness (b^*) and springiness were decreased. Sensory evaluation of the bread by the 9-point hedonic scale, the overall liking score replacement at 0, 5, 10 and 15% of flour weight were 7.89, 7.94, 7.97 and 7.86, respectively ($p \leq 0.05$). Therefore, replacing the red jasmine rice flour at 5% of the flour weight provided the best formula for the bread production, reflected by the similarity of physical characteristics compared to the controlled bread and, furthermore, with higher total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity than the controlled ($p \leq 0.05$). The evaluation shelf-life of the bread was less than 4 days, this was because of fact that the bread contained total bacterial count, yeasts and mold count higher than 1×10^4 CFU/g sample and 10^2 CFU/g sample, respectively.

Keywords: Brown Jasmin Rice Flour, Bread and Bioactive compound

*

Corresponding author: E-mail: pianpan.sp@bru.ac.th

บทนำ

ขนมปังเป็นหนึ่งในอาหารที่แพร่หลายมากที่สุด และเป็นอาหารพื้นฐานในหลายประเทศ ขนมปังเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ทำมาจากแป้งสาลี (Ibidapo *et al.*, 2020) ผู้บริโภคเลือกรับประทานเป็นอาหารว่าง เนื่องจากขนมปังมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับนม กาแฟ เนย แยม ได้อย่างหลากหลาย ขนมปังมีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลี, เนยขาว, นมข้นจืด, ไข่ไก่, น้ำตาล, ยีสต์, น้ำ และเกลือ (Ibidapo *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตามขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีมีคุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระต่ำจึงมีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังด้วยการเสริมและการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่นเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลีที่มีราคาแพง และสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพให้กับผลิตภัณฑ์ขนมปังได้ (Dziki *et al.*, 2014; Ibidapo *et al.*, 2020)

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ โดยจะมีดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยในการป้องกันและบรรเทาโรคเบาหวานได้ดี ข้าวหอมมะลิแดงน่าจะเป็นข้าวพื้นเมืองที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะสมกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในภาวะปกติ หรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 รับประทาน เพราะเมื่อรับประทานข้าวชนิดนี้เข้าไปแล้วร่างกายจะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป ที่สำคัญในข้าวกล้องทุกชนิดจะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ ทองแดง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินอี ลูทีน สูง ในข้าวกล้องหอมมะลิแดง มีสารทองแดง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินอี และลูทีนสูง (Sies, 1997) ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จะช่วยลด

อัตราการเกิดโรคมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคความจำเสื่อม โรคไขข้ออักเสบ แก้วเร็ว มีสารอาหารจำพวกแป้ง ไขมันไม่อิ่มตัว ไม่มีคลอเรสเตอรอล โปรตีน ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ฟอสฟอรัส ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน แคลเซียมช่วยลดอาการเป็นตะคริว วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก ทองแดงช่วยในการสร้างเม็ดเลือด ใบอาหารป้องกันอาหารท้องผูก (Sukhonthara *et al.*, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าข้าวกล้องหอมมะลิแดง และลดการนำเข้าแป้งสาลีที่เป็นวัตถุดิบหลักในการทำขนมปังจากต่างประเทศ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมปัง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงด้วยการนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง ยี่ห้อ Grinder รุ่น WF-10B) จากนั้นนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน (ความชื้น 12.05 ± 0.03 % dry basis) และบรรจุแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในถุงซิปล็อคและเก็บในโถสุญญากาศความชื้นจนกว่าจะทำการทดลองภายใน 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 1 องศาเซลเซียส)

การผลิตขนมปังด้วยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง 5 ระดับคือร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง มีส่วนประกอบคือแป้งสาลี, แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง, เนยขาว, นมข้นจืด, ยีสต์แห้ง,

น้ำตาล, ไข่ไก่, น้ำ และเกลือ ผสมแป้งสาลีกับแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงและส่วนผสมอื่นๆ ในเครื่องนวดผสมยี่ห้อ KitchenAid รุ่น Artisan CA นวดส่วนผสมโดยใช้หัวตีแบบตะขอเป็นเวลาประมาณ 15 นาที จนได้ก้อนโดที่เรียบเนียน ยืดหยุ่น ไม่เหนียวติดมือ และสามารถแผ่เป็นแผ่นบางได้โดยไม่ขาดง่าย นำโดออกจากเครื่องพักไว้ 10 นาที แบ่งโดเป็นก้อนน้ำหนักก้อนละ 105 กรัม คลึงเป็นก้อนกลมพักไว้ 10 นาที จากนั้นคลึงโดด้วยไม้คลึงแป้งให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแล้วม้วนเป็นท่อนกลม ความยาวเท่าขนาดของพิมพ์ กดด้านริมก้อนโดให้ตะเข็บปิดสนิทวางในพิมพ์อลูมิเนียมขนาด $10 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ โดยให้ตะเข็บอยู่ด้านล่าง บ่มให้ขึ้นฟูที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 50 นาที แล้วนำไปอบด้วยตู้อบยี่ห้อ Semon รุ่น MX-D024E ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำขนมปังออกจากเตาอบ พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีนเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC, (2000) ซึ่งตัวอย่างแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง และขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดง ประมาณ 3 ± 0.05 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกดังสมการที่ (1)

$$\text{ความชื้น (\% wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนัก ตย.ก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก ตย.หลังอบ}}{\text{น้ำหนัก ตย.ก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงจากวิธีของ Amarowicz *et al.* (2004) ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% และเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที นาน 2 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำตัวอย่างที่สกัดได้ 77 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 6×10^{-5} โมลาร์ ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS และนำค่าที่วัดได้คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามสมการที่ (2)

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A_{Control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH-differential ดัดแปลงจากวิธีของ Abdel-Aal and Hucl (1999) ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยเมทานอลความเข้มข้น 70% และกรดไฮโดรคลอริก 1.5 โมล/ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารสกัดที่ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดที่เตรียมไว้มา 2 มิลลิลิตร

ผสมกับบัฟเฟอร์ pH 1.0 (0.025 โมล/ลิตร) ปริมาณ 8 มิลลิลิตร และปิเปตสารสกัด 2 มิลลิลิตร ผสมกับบัฟเฟอร์ pH 4.5 (0.400 โมล/ลิตร) ปริมาณ 8 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank และนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด แสดงในรูปของ cyanin-3-glucoside แสดงในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามสมการที่ (3)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน} = \frac{(A \times MW \times DF \times 10^3)}{\epsilon \times l} \quad (3)$$

เมื่อ

A = (A₅₁₀-A₇₀₀) pH1.0- (A₅₁₀-A₇₀₀) pH 4.5

MW = 449.2 g/mol (น้ำหนักโมเลกุลของ cyanin-3-glucoside)

ϵ = 26900 L/mol/cm (Molar absorptivity)

L = 1 cm (ความกว้างของ cuvette)

DF = Dilution Factor ของสารละลายตัวอย่าง

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดดัดแปลงจากวิธีของ Singleton *et al.* (1999) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80% เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ นาน 2 ชั่วโมง และนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-ciocalteu's reagent ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และ

เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% ปริมาณ 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena AG รุ่น SPECORD® 200 PLUS ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปแทนค่าเพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลกช่วงความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ 100 ppm แสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลกต่อกรัมของตัวอย่าง (mg GAE/100 g sample) ดังสมการที่ (4)

$$y = 0.0117x + 0.0591 \quad (4)$$

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

x คือ ความเข้มข้นของ gallic acid (mg GAE/g)

วิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีดัดแปลงจากวิธีของ Ghoshal *et al.* (2013) นำตัวอย่างมาวัดค่าสี L*, a*, b* ด้วยระบบ CIE Lab ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab รุ่น Color Flex EZ นำค่าเฉลี่ยของค่า L*, a* และ b* มาคำนวณหา ค่า Hue angle, Chroma และความแตกต่างของสี (ΔE) เทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม ตามสมการ (5), (6) และ (7)

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1} [b^*/a^*] \quad (5)$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (6)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (7)$$

เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง

a* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว

b* คือ ค่าสีเหลืองและน้ำเงิน

การวิเคราะห์ปริมาณจำเพาะ และความหนาแน่นของขนมปัง

การวิเคราะห์ปริมาณจำเพาะของขนมปัง (Hathorn *et al.*, 2008) ด้วยวิธีการแทนที่ก้อนขนมปังด้วยน้ำ โดยการชั่งน้ำหนักของขนมปังที่เย็นแล้วจذبน้ำที่วัดปริมาตรเริ่มต้นของงาขาวโดยการนำงาขาวใส่ลงไปในแก้วกับภาชนะที่มีความสูง และความกว้างมากกว่าขนาดของขนมปังที่ตรวจสอบ แล้ววัดปริมาตรของงาขาวด้วยกระบอกตวง จดบันทึกค่า จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่นของขนมปัง ดังสมการที่ (8), (9) และ (10) ตามลำดับ

$$\text{ปริมาตรของขนมปัง} = \text{ปริมาตรภาชนะ} - \text{ปริมาตรเมล็ดงาที่เติมในภาชนะ} \quad (8)$$

$$(\text{cm}^3)$$

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมปัง}}{\text{น้ำหนักของขนมปัง}} \quad (9)$$

$$(\text{cm}^3/\text{g})$$

$$\text{ความหนาแน่นโดยรวม} = \frac{\text{น้ำหนักของขนมปัง}}{\text{ปริมาตรของขนมปัง}} \quad (10)$$

$$(\text{g}/\text{cm}^3)$$

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดแปลงจากวิธีของ AACC. (2000) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Brookfield รุ่น TA.XT2 โดยใช้หัววัดแบบ cylindrical probe (TA4/1000) นำตัวอย่างขนมปังตัดเป็นชิ้นหนา 2.5 เซนติเมตร วางตรงกลางฐานรองตัวอย่าง ด้วยการตั้งสภาวะของเครื่องดังนี้ Tigger load 20 g, Test speed 2 mm/s, Pre-test speed 2 mm/s, Post-test speed 2 mm/s และ Distance target 8.0 mm (40% ของความสูงขนมปัง) โดยวัดค่า Firmness, Springiness,

Gumminess และ Chewiness ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง

การประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 35 คน ทั้งเพศชายและหญิงที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrained panel) ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนจะทำการทดสอบชิมตัวอย่างขนมปัง 5 ตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบชิมประเมินความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม

การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของตัวอย่างขนมปัง โดยการนำขนมปังใส่ถุงโพลีโพรพิลีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 วัน และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในวันที่ 0 และ วันที่ 4 ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC, (2000)

การวางแผนการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี การประเมินทางประสาทสัมผัส และการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ได้ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Complete Block Design: CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 17

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 นำตัวอย่างขนมปังไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา พบว่าขนมปังที่มีการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้ปริมาณความชื้นในขนมปังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 1) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้สัดส่วนของโปรตีนกลูเตนในส่วนผสมลดลงเป็นผลให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยลงเมื่อปริมาณกลูเตนลดลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในแป้งข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานินสูงกว่าแป้งสาลี ส่งผลทำให้เมื่อทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging activity พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 2) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

และองค์ประกอบอื่นๆ เช่นสารต้านอนุมูลอิสระ (Adom and Liu, 2002)

จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) (Table 2) ความหนาแน่นของขนมปังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาตรและปริมาตรจำเพาะกล่าวคือเมื่อปริมาตรและปริมาตรจำเพาะลดลงความหนาแน่นของขนมปังจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 ปริมาตร และปริมาตรจำเพาะน้อยที่สุด แต่มีความหนาแน่นมากที่สุด (Table 2)

จากการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ของขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น (Table 3) โดยมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีรงควัตถุสีแดง ตามธรรมชาติ คือ สารแอนโทไซยานิน ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นในการผลิตขนมปังทำให้ขนมปังที่ได้มีค่า L^* และ b^* ลดลง แต่มีค่า a^* และ ค่าความต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม สำหรับค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 1 Total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity of bread product with replacement of wheat flour by Jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Moisture content (%dry basis)	Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	Total anthocyanin content (mg/100 g sample)	DDPH radical scavenging activity
0	28.79 ^e ±0.83	42.04 ^d ±4.38	ND	20.96 ^e ±0.61
5	31.08 ^d ±0.53	51.91 ^c ±1.16	10.52 ^c ±0.65	28.35 ^d ±0.41
10	33.17 ^c ±0.77	55.67 ^b ±1.02	14.33 ^b ±3.24	33.99 ^c ±0.85
15	34.64 ^b ±0.91	56.87 ^b ±1.92	18.78 ^a ±0.44	37.00 ^b ±0.78
20	36.06 ^a ±0.55	61.98 ^a ±2.80	19.39 ^a ±0.78	42.14 ^a ±1.41

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

^{a-e} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Specific volume and density of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Specific volume (cm ³)	Density (g/cm ³)
0	5.29 ^a ±0.02	0.18 ^c ±0.02
5	5.01 ^a ±0.04	0.20 ^c ±0.01
10	4.57 ^b ±0.92	0.22 ^b ±0.02
15	4.20 ^c ±0.13	0.24 ^b ±0.01
20	3.32 ^d ±0.18	0.30 ^a ±0.02

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 3 Color value of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Color					
	L*	a*	b*	Chroma ^{ns}	Hue angle	ΔE^*
0	72.00 ^a ±1.73	3.45 ^c ±0.64	21.04 ^a ±1.95	21.08±1.78	80.71 ^a ±1.22	-
5	70.44 ^b ±0.38	4.84 ^c ±1.77	19.19 ^a ±1.14	20.39±0.55	76.05 ^b ±4.36	4.07 ^c ±1.14
10	67.82 ^c ±1.34	6.56 ^{bc} ±0.48	18.58 ^a ±0.39	19.69±0.45	70.55 ^c ±1.28	6.10 ^c ±1.52
15	64.57 ^d ±0.36	7.65 ^{ab} ±0.48	18.02 ^{ab} ±0.43	19.57±0.54	67.00 ^d ±1.01	9.24 ^b ±1.21
20	60.63 ^e ±0.28	8.52 ^a ±0.32	17.99 ^b ±0.13	19.93±0.20	64.66 ^d ±0.71	12.93 ^a ±1.21

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) สูงขึ้น และค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลงตามลำดับ ($p < 0.05$) (Table 4)

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน เพื่อประเมินลักษณะของขนมปังด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้ 9 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้ง

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นทำให้ค่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในส่วนของค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมในระดับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ได้รับการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน และการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับร้อยละ 5 เนื่องจากขนมปังมีค่าความแข็ง ค่าความนุ่ม และค่าความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่น และค่าคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงสูตรควบคุม และมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรควบคุม

Table 4 Texture properties of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Texture Properties			
	Hardness (g)	Springiness (mm)	Gumminess (g)	Chewiness (mJ)
0	234.00 ^d ±14.26	7.16 ^a ±0.08	170.53 ^d ±17.65	12.05 ^d ±1.38
5	274.67 ^c ±17.08	7.07 ^{ab} ±0.06	207.73 ^c ±3.95	14.29 ^c ±0.22
10	316.00 ^b ±22.52	6.87 ^b ±0.19	241.27 ^b ±8.47	16.22 ^b ±0.59
15	409.33 ^a ±20.04	6.86 ^b ±0.19	279.80 ^a ±3.28	18.02 ^a ±0.46
20	442.17 ^a ±20.04	6.57 ^c ±0.17	288.03 ^a ±17.19	19.47 ^a ±1.28

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments.

^{a,b,c,d} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$).

ns = not significantly different

Table 5 sensory evaluation of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall acceptance
0	6.57 ^b ±1.52	7.29 ^a ±0.99	6.69 ^b ±1.47	7.20 ^a ±0.833	7.89 ^a ±1.28
5	7.63 ^a ±1.29	7.57 ^a ±1.22	7.54 ^a ±1.52	7.77 ^a ±1.35	7.94 ^a ±1.16
10	7.54 ^a ±1.01	7.71 ^a ±0.96	7.81 ^a ±1.14	7.77 ^a ±1.35	7.97 ^a ±1.04
15	7.34 ^a ±1.33	7.20 ^a ±1.30	7.54 ^a ±0.78	7.74 ^a ±0.98	7.86 ^a ±0.73
20	6.29 ^b ±2.26	6.54 ^b ±2.06	6.51 ^b ±1.88	6.31 ^b ±2.12	5.97 ^c ±2.13

Data are presented as mean value ± standard deviation from triplicate experiments

^{a,b,c} Mean value listed in columns with different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของขนมปังที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกซิปล็อก พบว่าอายุการเก็บรักษาของขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของขนมปังสูตรมาตรฐาน และสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 5 พบว่าวันที่ 0 ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ วันที่ 4 พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.2×10^4 CFU/g และ 6.28×10^4 CFU/g ตามลำดับ (Table 6)

ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังที่กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะต้องน้อยกว่า 1×10^4 CFU/g (มผช.747/2555) และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ในวันที่ 0 ไม่พบจำนวนยีสต์และรา วันที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ราเท่ากับ 6.28×10^5 CFU/g และ 8.28×10^5 ตามลำดับ ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังที่กำหนดไว้ว่าปริมาณยีสต์ราต้องน้อยกว่า 1×10^2 CFU/g (มผช. 747/2555)

Table 6 Total plate count and yeast mold of bread product with replacement of wheat flour by red jasmine rice flour at different levels

Red jasmine brown rice flour (%)	Day	Total plate count (CFU/g)	Yeast & Mold (CFU/g)
0	0	ND	ND
5		ND	ND
0	4	$8.20 \times 10^4 \pm 0.36$	$2.00 \times 10^4 \pm 0.40$
5		$6.28 \times 10^5 \pm 0.27$	$8.28 \times 10^5 \pm 0.33$

ND: Not detect

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทำให้สัดส่วนของโปรตีนกลูเตนในส่วนผสมลดลง ซึ่งปริมาณแป้งสาลิลดลงเป็นผลให้ขนม

ปังมีปริมาณน้ำเฉพาะลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำในส่วนผสมของขนมปังระเหยออกจากโครงสร้างของขนมปังได้น้อยลง (Chutamas and Woralak., 2017) นอกจากนี้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีความชื้นมากกว่าแป้งสาลีเมื่อทดแทนในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้ขนมปังมีความชื้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีปริมาณ 220.23 ± 3.45 mg GAE/100 g sample และ 51.24 ± 1.27 mg/100 g sample ตามลำดับ เมื่อมีการ

ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ยังไม่ผ่านการผสมในขนมปัง เพราะในการทำขนมปังมีการอบที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้สารสำคัญดังกล่าวเกิดการออกซิเดชันด้วยความร้อนสูง แต่อย่างไรก็ตามสารสำคัญดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สอดคล้องงานวิจัยของ Thitipramote *et al.* (2016) พบว่าข้าวพันธุ์สีแดง (ข้าวหอมมะลิแดง) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tian *et al.* (2004) และ Zhou *et al.* (2004) ที่พบว่าในเมล็ดข้าวสีน้ำตาล และสีแดงมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นหลักจึงทำให้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นส่งผลให้ขนมปังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากในแป้งข้าวหอมมะลิแดงมีรงควัตถุสีแดง ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานินแต่ในแป้งสาลีไม่พบปริมาณสารแอนโทไซยานินเนื่องจากแป้งสาลีมีสีขาวนวล สอดคล้องกับการศึกษาของ Ryu *et al.* (1998) และ Zhang *et al.* (2006) พบว่าข้าวที่มีสีดำและสีแดงมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงถ้าเปรียบเทียบกับข้าวสีขาว ดังนั้นจึงทำให้เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นจึงทำให้ขนมปังมีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิก

ทั้งหมดเพิ่มขึ้น จึงทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สำหรับสมบัติทางกายภาพพบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลง สำหรับความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากแป้งปริมาณแป้งสาลีในส่วนผสมลดลงส่งผลต่อปริมาณกลูเตนจึงทำให้คุณสมบัติในการยืดหยุ่นของโดและมีความแข็งแรงน้อยลง (Mandala *et al.*, 2009) เมื่อมีความแข็งแรงน้อยลงทำให้โดมีความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มและการอบได้น้อยลงตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chutamas and Woralak (2017) ได้ทดลองทดแทนแป้งสาลีด้วยเนื้อตาลสุกในการผลิตขนมปัง พบว่าเมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยเนื้อตาลสุกเพิ่มขึ้นปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีแนวโน้มลดลง และความหนาแน่นของขนมปังเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ค่าสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ พบว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างให้ค่า (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ของขนมปังมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมีรงควัตถุสีแดงตามธรรมชาติ คือแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pornpimon *et al.* (2017) ที่พัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งชูบทอดจากข้าวเจ้าพันธุ์หลากหลาย พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสังข์หยดมากขึ้นทำให้แครอทชูบแป้งสังข์หยดทอดค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าว

กล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมีค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) สูงขึ้น และค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกลูเตนลดลง จึงมีผลต่อการขึ้นโดทำให้โดมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง ความสามารถในการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในโครงสร้างของขนมปังลดลง ทำให้ขนมปังสูญเสียความยืดหยุ่น (Rubel *et al.*, 2015) โดยในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในระดับร้อยละ 20 มีค่าความแข็ง, ค่าความเคี้ยวได้มากที่สุด และมีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poronvinas *et al.* (2002) ที่พัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิเพิ่มขึ้นขนมปังจะมีค่าความแข็งของเนื้อในเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณแป้งสาลิลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงด้วยจึงทำให้คุณสมบัติการยืดหยุ่นและความเหนียวของโดลดน้อยลง และพบว่าขนมปังมีอายุการเก็บรักษาต่ำกว่า 4 วัน เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ราสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมปังกำหนด

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในการผลิตขนมปังที่ระดับต่างๆ

พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังมี ค่าความชื้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังส่งผลให้ขนมปังมีสีเข้มขึ้น ปริมาตร และความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแข็ง (hardness) ค่าความเหนียว (gumminess) และความยากต่อการเคี้ยว (chewiness) มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความยืดหยุ่น (springiness) ลดลง จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด แต่การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงระดับร้อยละ 5 มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุมมากที่สุด และมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ชาววัดกรรมอาหารและแปรรูปที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ

References

- Abdel-Aal, E. S. M. and Hucl, P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanin in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chem.* 76: 350-354.
- AACC. 2000. Approved methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul.
- Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6182-6187.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland, USA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.
- Amarowicz. R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., and Weil, J.A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chem.* 84(4): 551-562.
- Chutamas, P. and Woralak, P. 2017. Utilization of palmyra palm (*Borassus flabellifer* L.) of Phetchaburi community in bread making. *RMUTP Res. J.* 10(1): 168-178. (in Thai)
- Dziki, D., Rozylo, R. Gawlik-Dziki, U. Swieca, M. 2014. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends Food Sci. Technol.* 40: 48-61.
- Ghoshal, G., Shivhare, U.S. and Banerjee, U.C. 2013. Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread. *J. Food Qual.* 36:172-180.
- Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gicchuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural and microbial properties of breads supplemented with sweet potato flour and high-gluten dough enhancers. *Food Sci. Technol.* 41:803-815.
- Ibidapo, O.P., Henshaw, F.O., Shittu, T.A. and Afolabi, W.A. 2020. Quality evaluation of functional bread developed from wheat, malted millet (*Pennisetum Glaucum*) and 'Okara' flour blends. *Sci. Afr.* 10: e00622.
- Mandala, A. P. and Yanniotis, S. 2009. Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. *J. Food Eng.* 92(2): 137-145.
- Pornpimon, M., Nudcharee, K. and Ratchadaporn, T. 2017. Development of coating batter from colored rice flour. *Thaksin J.* 20(3): 124-132. (In Thai)

- Poronvinas, P., Penkwan, C., Vichai, H. and Chuleeporn, P. 2002. Development of bread from wheat-fragrance rice composite flour. Proceedings of the 40th Kasetsart University.527: 382-390. (In Thai)
- Rubel, I.A., Perez, E.E., Manrique,G.D., and Genovese, D.B. 2015. Fiber enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. Food Struct. 3: 21-29.
- Ryu, S.N., Park, S.Z. and Ho, C. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J. Food Drug Anal. 6(4): 729-736.
- Sies, H. 1997. Oxidative stress: Oxidant and antioxidants. Exp Physiol. 82: 291-295.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 299: 152-178.
- Sukhonthara, S., Theerakulkait, C. Miyazzawa, M. 2009. Characterization of volatile aroma compounds form red and black rice bran. J. Oleo Sci. 58(3): 155-161.
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P. and Thitilerdecha, N. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. Int. Food Res. J. 23(1): 410-414.
- Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. J. Agric. Food Chem. 52: 4808-4813.
- Zhang, M.W., Guo, B.J., Zhang, R.F., Chi, J.W., Wei, Z.C., Xu, Z.H., Zhang, Y. and Tang, X.J. 2006. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. Agric. Sci. China 5(6): 431-440.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., and Blanchard, C. 2004. The distribution of phenolic acids in rice. Food Chem. 87: 401-406.

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัพฟินไรซ์เบอร์รี่โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์

ศันธร พิชัย* และ ญานิศา โพธิ์รัตนโส

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
รหัสไปรษณีย์ 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ที่มีการแปรรูปปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ CMC (Carboxy Methyl Cellulose) และคาราจีแนน โดยได้นำสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ คือ สูตรที่มีการเติม CMC 2 กรัม และคาราจีแนน 1 กรัม มาเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และทำการเก็บรักษาในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นาน 6 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการเติม CMC 2 กรัม และคาราจีแนน 1 กรัม มีความแตกต่างด้านลักษณะปรากฏ ยีสต์และราทั้งหมด ส่วนค่าความแข็ง และ a_w (Water Activity) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: สารไฮโดรคอลลอยด์ มัพฟิน และ ข้าวไรซ์เบอร์รี่

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sananthorn.p@gmail.com

A Study on Shelf-life Storage of Riceberry Muffin Product by Using Hydrocolloid

Sananthorn Pichai* and Yanisa Poratso

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,
Maha Sarakham, 44000, Thailand

Abstract

The objective of this research is to study the shelf life of the variable CMC (Carboxy Methyl Cellulose) and carrageenan in rice berry muffin. Using the formula that is accepted by consumers, the formula added with 2 grams of CMC and 1 grams of carrageenan is compared to the formula, without the addition of hydrocolloids. After keeping in room temperature the products for 6 days, it was found that the muffin rice berry formulas without the addition of hydrocolloid compared with the formulas added with 2 grams of CMC and 1 grams of carrageenan were different in appearance, total yeast and mold. The hardness and Water Activity (a_w) were significantly different ($p < 0.05$).

Keywords: Hydrocolloids, Muffin and Rice berry.

*Corresponding author: E-mail: sananthorn.p@gmail.com

บทนำ

ผลิตภัณฑ์มัฟฟินนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารเช้าหรือเสริมพร้อมน้ำชา และจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ขึ้นฟูจากสารเคมี ได้แก่ ผงฟูและเบคกิ้งโซดา มีลักษณะเนื้อค่อนข้างแน่นแต่นุ่มและมีกลิ่นหอมและนิยมทำเป็นถ้วยขนาดเล็ก ในมัฟฟินมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ คือ แป้งสาลี ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากปลูกในประเทศไทยคุณภาพยังไม่มีควมสม่ำเสมอและปริมาณการผลิตไม่เพียงพอ จึงได้มีการศึกษาถึงการนำเข้าแป้งชนิดอื่นๆ ที่สามารถผลิตได้ในประเทศมาทดลองเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลี

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ วิตามินอี เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล แทนนิน สังกะสี โฟเลตและมีดัชนีน้ำตาลต่ำ สามารถรับประทานเพื่อบำรุงสุขภาพและทดแทนข้าวขาวหรือข้าวกล้องปกติได้ และมีสารสำคัญ คือ แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง

สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติโดยอาจมาจากพืช สัตว์หรือเชื้อจุลินทรีย์ มีสมบัติในการละลายน้ำและทำให้เกิดสารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์หรือเจล มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อจุดประสงค์ต่างๆ เช่น การเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารดูดซับน้ำ การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น รวมทั้งยังเป็นสารเพิ่มความเสถียรให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน ทำให้ไม่เกิดการแยกตัวของ

ไขมัน ซึ่งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมเบเกอรี่

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาราจีแนน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) เสริมลงไป ในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ โดยมีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน และ CMC

Table 1 The standard formula for the riceberry muffin product with different carrageenan and CMC

Ingredient	Formula (Percent)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CMC	0	2	0	2	1	0	1	1	2
Carrageenan	0	0	2	2	0	1	1	2	1

Adapted from: Mayomthong (2003)

มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่สูตรต่างๆ ถูกนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยทำการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (Meilgaard *et al.*, 1999) โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน และหาสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัพฟินไรซ์เบอร์รี่ โดยมีการแปรรูปปริมาณคาราจีแนน และ CMC

โดยทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 วัน

2.1 ความแข็ง ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2

2.2 Water Activity (a_w) ด้วยเครื่องวัด water activity ยี่ห้อ aqua lab

2.3 ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด โดยวิธี Aerobic plate count

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 11 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมัพฟินไรซ์เบอร์รี่ โดยมีการแปรรูปปริมาณคาราจีแนนและ CMC

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 9 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ 9 - Point Hedonic Scale จากผลการทดลอง พบว่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวม ทั้ง 9 สูตร ที่มี

การแปรรูปปริมาณคาราจีแนนและ CMC ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผู้บริโภครับการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็งและความชอบโดยรวม ของสูตรที่ 9 มากที่สุด คือ 6.40 ± 1.24 , 6.46 ± 1.52 , 6.94 ± 1.28 , 6.58 ± 1.23 และ 6.66 ± 1.17 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rangsi *et al.* (2017) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ปลอดกลูเตนโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ พบว่า การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความแข็ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมลงไปส่งผลต่อสี ความร่วนกรอบ และกลิ่นรสค่อนข้างชัดเจน ส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างของคุณสมบัติดังกล่าวได้

2. ผลศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัพฟินไรซ์เบอร์รี่ โดยมีการแปรรูปปริมาณคาราจีแนน และ CMC

การศึกษาระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ และการเก็บรักษาในสภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) โดยทำการเก็บผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งในการทดลองนี้ได้มีการเลือกสูตรที่ผู้บริโภครับการยอมรับ คือ สูตรที่ 9 ซึ่งสูตรที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีการแปรรูปปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม เปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อศึกษาลักษณะปรากฏ ความแข็ง Water Activity (a_w) และ จุลินทรีย์ (ยีสต์และราทั้งหมด)

2.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏที่ประเมินได้ด้วยสายตา บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ที่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 พบว่า ลักษณะของเนื้อมัฟฟินของสูตรที่ 1 ด้านบนจะยุบไม่ขึ้นฟู ต่างจากสูตรที่ 9 ที่ยังคงตัว เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น ด้านบนของสูตรที่ 1 จะยุบตัวลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแต่สูตรที่ 9 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 วัน ลักษณะที่ปรากฏยังคงตัว

2.2 ความแข็ง

การวัดค่าความแข็ง (Hardness) คือการวัดแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) การทดสอบแรงกดด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2 โดยการใช้หัว Cylinder Probes SMS P/35 โดยกำหนดสภาวะของเครื่อง ดังนี้ ความเร็วในการกด 15.005 mm/sec ระยะในการกดตัวอย่าง 15 mm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2

Table 2 Hardness of 6 days riceberry muffin product

Day	Hardness (N)	
	Formula 1	Formula 9
0	12.03 ± 0.77 ^b	17.26 ± 0.79 ^b
1	12.66 ± 0.40 ^b	20.76 ± 1.98 ^{ab}
2	13.49 ± 1.09 ^{ab}	22.98 ± 0.29 ^{ab}
3	18.17 ± 2.29 ^{ab}	24.94 ± 0.43 ^{ab}
4	18.95 ± 5.50 ^a	26.79 ± 9.53 ^a
5	19.62 ± 5.15 ^a	28.01 ± 2.03 ^a

Note: Means with different letters are statistically different ($p < 0.05$) according to Duncan's New Multiple Range test

จาก Table 2 ทำการศึกษาความแข็งของผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 6 วัน คือ วันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ของสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงในผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่และสูตรที่ 9 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยได้มีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัมลงในผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ เมื่อเปรียบเทียบด้านความแตกต่าง พบว่า ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่มีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 2 สูตร แต่สูตรที่ 1 มีค่าความแข็งจะน้อยกว่าสูตรที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ทั้งนี้เนื่องจากมัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ สารที่ตัวช่วยในการรักษาโครงสร้างเพิ่มความหนืดและการเกิดเจล ซึ่งสูตรที่ 9 มีค่า ความแข็งมากกว่าสูตรที่ 1 เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่เติมเข้าไปมีคุณสมบัติเพิ่มความหนืดและความคงตัว ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่จับตัวกันได้ดีมากยิ่งขึ้น ลดการ

เคลื่อนตัวของน้ำในอาหารระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohammadi *et al.* (2014) ที่มีการพัฒนาขนมปังปลอดกลูเตนโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์แทนแทนกันและ CMC พบว่า ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีความแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นผลมาจากการขยายตัวลดลงของสตาร์ช และมีการจับตัวในโครงร่าง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีความแข็งมากกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonwittaya *et al.* (2016) คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของซ็อกโกแลตชิพมัฟฟินสูตรเสริมไข่ขาวร้อยละ 20 พบว่า ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และ Oumaree and Kwanyao (2014) พบว่า สารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อความแข็งของขนมขบเคี้ยวจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงหัก อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่เติม CMC จะมีการจัดเรียงโครงสร้างของร่างแหที่แข็งแรง ส่งผลให้มีความสามารถในการขวางกั้นการระเหยของไอน้ำได้มาก เกิดรูพรุนบนผิวอาหารได้น้อย และ Rattanapanone (2006) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมคาราจีแนน จะละเอียด แข็งตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีรูปร่าง เนื่องจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์ภายในเจลเกาะตัวกันแน่นเป็นตาข่ายเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเจลจึงแข็งตัวเพิ่มมากขึ้นและเมื่อเก็บไว้นานจะมีลักษณะแข็งคล้ายยาง ใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน

2.3 Water Activity (a_w)

การวัดปริมาณ Water Activity (a_w) โดยใช้เครื่อง Water Activity Meter ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ได้ผลการทดลอง ดัง Table 3

Table 3 Water Activity (a_w) of 6 days riceberry muffin product

Day	Hardness (N)	
	Formula 1	Formula 9
0	0.76 ± 0.01 ^b	0.85 ± 0.01 ^{ns}
1	0.79 ± 0.01 ^{ab}	0.84 ± 0.00 ^{ns}
2	0.80 ± 0.03 ^a	0.83 ± 0.07 ^{ns}
3	0.80 ± 0.01 ^a	0.81 ± 0.01 ^{ns}
4	0.82 ± 0.01 ^a	0.79 ± 0.02 ^{ns}
5	0.82 ± 0.00 ^a	0.79 ± 0.01 ^{ns}

Note: Means with different letters are statistically different ($p < 0.05$) according to Duncan's New Multiple Range test

จาก Table 3 ทำการศึกษา Water Activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 6 วัน คือ วันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ของสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และสูตรที่ 9 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยได้มีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม ลงในผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี่มาเปรียบเทียบถึงความแตกต่าง พบว่า สูตรที่ 1 มีค่า Water Activity (a_w) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อผ่านวันที่ 1, 2, 3, 4, 5 ทั้งนี้เนื่องจากมัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ไม่มีตัวช่วยในการลดการเคลื่อนตัวของน้ำภายในอาหาร จึงทำให้มีค่า Water Activity (a_w) สูงขึ้นเรื่อยๆ และสูตรที่ 9 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ มีค่า Water Activity (a_w) ลดลงเรื่อยๆ เมื่อผ่านวันที่ 1, 2, 3, 4, 5 ทั้งนี้เนื่องจากมัฟฟินไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์อย่าง CMC ที่มีคุณสมบัติลดการเคลื่อนตัวของน้ำในอาหารและคาราจีแนน ที่มี

คุณสมบัติช่วยในการเกาะตัวภายในเจลซึ่งสอดคล้องกับค่าของความแข็ง (Table 2) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohammadi *et al.* (2014) ที่มีการพัฒนาขนมปังปลอดกลูเตนโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์แทนและ CMC พบว่า a_w ค่อยลงๆ ในช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษา ความชื้นจะเคลื่อนย้าย ระหว่างกลูเตนและสตาร์ชซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งมีคุณสมบัติในการเกิดเจลและทำหน้าที่เป็นฟิล์มบางๆ ขวางกันความชื้นไม่ให้เป็นไอระเหยออกจากอาหารและช่วยลดขนาดรูพรุนที่ใหญ่ส่งผลทำให้เกิดการแทนที่ของน้ำได้น้อยลง

3. ยีสต์และราทั้งหมด

การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก มพช.459/2549 ต้องมียีสต์และราทั้งหมดไม่เกิน 10^2 CFU/g ซึ่งได้ทำการตรวจสอบยีสต์และราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รีทำการทดลอง 2 ซ้ำ ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 แสดงผลดัง Table 4

Table 4 Total yeast and mold in 6 days riceberry muffin product

Day	Total yeast and mold (CFU/g)	
	Formula	
	1	2
0	$1.05 \times 10^2 \pm 0.03$	$5 \times 10^1 \pm 0.01$
1	$9.20 \times 10^2 \pm 0.01$	$7.38 \times 10^2 \pm 0.01$
2	$28 \times 10^4 \pm 0.02$	$5.30 \times 10^3 \pm 0.03$
3	$4.94 \times 10^5 \pm 0.01$	$1.36 \times 10^5 \pm 0.01$
4	$2.82 \times 10^6 \pm 0.01$	$1.20 \times 10^6 \pm 0.01$
5	$3.18 \times 10^6 \pm 0.02$	$1.44 \times 10^6 \pm 0.01$

จาก Table 4 ทำการศึกษา ยีสต์และราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รี จำนวน 6 วัน คือ วันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 ของสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และสูตรที่ 9 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยได้มีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม ลงในผลิตภัณฑ์มัฟฟินไรซ์เบอร์รีเปรียบเทียบกับถึงความแตกต่าง พบว่า จำนวนยีสต์และราตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 มีปริมาณยีสต์และราที่เพิ่มขึ้นทั้ง 2 สูตร โดยสูตรที่ 1 (สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์) มีจำนวนยีสต์และราสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามที่ มพช. 459/2549 กำหนด และสูตรที่ 9 จำนวนยีสต์และรามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ มพช. 459/2549 คือวันที่ 0 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonwittaya *et al.* (2016) พบว่า ช็อกโกแลตชิพมัฟฟินมีอายุการเก็บรักษา 4 วัน ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 5 ช็อกโกแลตชิพมัฟฟินสูตรควบคุมและสูตรเสริมไข่น้ำร้อยละ 20 มีจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1.2×10^6 และ 1.4×10^6 (CFU/g) ตามลำดับ ส่วนยีสต์และรา

เท่ากับ 101 และ 112 (CFU/g) ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคอก มพช. 459/2549 ที่กำหนดให้ตัวอย่าง 1 กรัม มีจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนี มียีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนี และ Indira *et al.* (2013) ที่ประเมินศักยภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเห็ดต่อเชื้อราชนิดต่างๆ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternaria*, *Candida albicans*, *Epidermophyton* พบว่า สารสกัดจากเห็ดทุกชนิดที่สกัดได้จากสารสกัดจากเอธานอล เมทิลแอลกอฮอล์และคลอโรฟอร์ม มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการยับยั้งเชื้อรา

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ โดยการทดสอบคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ความชอบโดยรวมพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ สูตร 9 มากที่สุด โดยมีการแปรผันปริมาณของคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม

2. การศึกษาอายุการเก็บรักษา

ลักษณะปรากฏในระหว่างการเก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ของสูตรควบคุม ที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ มีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ร่วนและแตกง่าย และสูตร 9 ที่มีการแปรผันปริมาณของคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม เนื้อผลิตภัณฑ์จับตัวกันได้ดี เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นกว่าสูตรควบคุม

ความแข็งในระหว่างการเก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ของทั้ง 2 สูตร มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งค่าความแข็งของสูตร 9 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยได้มีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม มีค่าความแข็งมากกว่าสูตรควบคุม

ค่า Water Activity (a_w) ในระหว่างการเก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์มัพฟินไรซ์เบอร์รี่ของสูตรควบคุม ที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ มีค่า Water Activity (a_w) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และสูตร 9 ที่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยได้มีการแปรผันปริมาณคาราจีแนน 1 กรัมและ CMC 2 กรัม พบว่า Water Activity (a_w) ลดลงเรื่อยๆ

ด้านยีสต์และราทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 5 พบว่าสูตรที่ 1 (สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์) มีจำนวนยีสต์และราสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามที่ มพช. 459/2549 กำหนด และสูตรที่ 9 มีอายุการเก็บรักษา 1 วัน คือ วันที่ 0 มีจำนวนยีสต์และรา 50 CFU/g มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ มพช. 459/2549 กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วย การสนับสนุนเงินอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2560 ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูงมาในโอกาสนี้

References

- Boonwittaya, W., Tongcom, N. and Rittilert, P. 2016. Effects of added water meal added chocolate chip muffin quality. Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage. (in Thai)
- Indira K., Balakrishnan, S., Srinivasan, M., Bragadeeswaran, S., and Balasubramanian., T. 2013. Evaluation of *in vitro* antimicrobial property of seaweed (*Halimeda tuna*) from Tuticorin coast, Tamil Nadu, Southeast coast of India. Afr. J. Biotechnol. 12(3): 284-289.
- Mayomthong, W. 2003. The Use of Sweet Type Cassava Flour Substituted for Wheat Flour in Muffins Product. Master of Science (Home Economics). Kasetsart University. (in Thai)
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1999. Sensory evaluation techniques CRC Press, Florida.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., and Mortazavian, A. M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. J. Ind. Eng. Chem. 20(4): 1812-1818.
- Oumaree, K. and Kwanyao, S. 2014. Using of hydrocolloid in the production of snack from broken Red Jasmine rice. “Integration of Thai Research within the ASEAN Community Network”. Phranakhon Rajabhat University. (in Thai)
- Rangsi, K., Fufueng, W. and Rattanapitikom, P. 2017. Quality Improvement of Riceberry Cookie by Using Hydrocolloids. Food Science and Technology Program. Chiang Mai University. (in Thai)
- Rattanapanone, N. 2006. Food Chemistry. (2th ed.) Bangkok: OS Printing HouseWanida. (in Thai)

การพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

จารุกิตติ์ สายสิงห์*

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาระบบตามทฤษฎี SDLC กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพระบบ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร รวมจำนวน 5 คน เครื่องมือในการวิจัย คือ ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และแบบประเมินประสิทธิภาพระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 1) ระบบสินค้า 2) ระบบบัญชี 3) ระบบพนักงาน 4) ระบบตรวจสอบวันหมดอายุสินค้า 5) ระบบคืนสินค้า 6) ระบบวิเคราะห์การสั่งซื้อสินค้า 7) ระบบรายงาน ซึ่งทั้งหมดสามารถใช้งานได้จริง ผู้ใช้งานระบบ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลระบบได้ตรงตามความต้องการ ซึ่งระบบดังกล่าวได้ออกแบบให้ผู้ใช้งานเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานของระบบเป็นเชื่อมโยงในทุกฟอร์มส่งผลให้การใช้ง่ายและตอบสนองความต้องการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบ จากผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$)=4.69, S.D. = 0.29)

คำสำคัญ: ระบบ, บริหารจัดการ และ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: jarukitt.sai@neu.ac.th

The Development of Agriculture Products Support and Management System

Jarukitt Saiysing*

Bachelor of Education (Computer Education) Northeastern University

Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province 40000

Abstract

The objectives of this research were (1) to develop the supporting systems and agriculture products management; and (2) to evaluate the efficiency of the supporting systems and agriculture products management. The research developed the system based on SDLC Theory. The sample consisted of 5 computer experts and participants who involved with the products of agriculture. The research instrument was the supporting systems and agriculture products management and the assessment system. Statistics this research was average and standard deviation (S.D.).

Research findings were as follows:

1. The supporting systems and agriculture products management was able to work. System users and the others who related to the system were able to access to the information and the created system functions connected to every form of using therefore the working system was easy and effectively responsible in use.

2. The system assessment from the experts affected to overall assessment was in maximum: $(\bar{X}) = 4.69$, S.D. = 0.29.

Keywords: System, Management and Agriculture Products

* Corresponding author: E-mail: jarukitt.sai@neu.ac.th

บทนำ

โลกของการขายสินค้าในปัจจุบันก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัล ทำให้ธุรกิจค้าขายหลายประเภทจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้นทันตามความต้องการของผู้บริโภค ผู้ผลิตและผู้จำหน่าย การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการนั้น จึงถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น และเพื่อเพิ่มศักยภาพในการดำเนินกิจการหรือธุรกิจนั้นๆ ให้มีความคล่องตัว และสามารถเข้าถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันสินค้าและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีมากมายหลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นแบบบริโภค แบบเพาะปลูก แบบบำรุงผลผลิต หรือแม้แต่กำจัดวัชพืชทางการเกษตร และอื่นๆ เป็นต้น การจัดเก็บหรือจัดการกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นั้นสามารถดำเนินการได้ยาก และขาดความถูกต้องและแม่นยำ ห้างร้านหรือบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ จึงไม่สามารถรวบรวมข้อมูล หรือบริหารจัดการข้อมูลด้านต่างๆ ได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว การตรวจเช็คปริมาณผลิตภัณฑ์คงคลังไม่แม่นยำ สาเหตุเพราะหมวดหมู่มีจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์มีจำนวนมาก การจดจำหรือการจัดเก็บข้อมูลไม่ไปในทางที่ถูกต้อง หากมีการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในการจัดการ และบริหารจัดการข้อมูล อาจส่งผลให้การดำเนินการด้านข้อมูล หรือเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น สามารถวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทได้ว่าประเภทไหน สินค้าอะไรมีปริมาณมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ผลต้นทุน หรือกำไรของการดำเนินธุรกิจด้านผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้

จากปัญหาดังกล่าว จึงได้พัฒนาระบบสนับสนุน และบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรขึ้นเพื่อให้การดำเนินงานในการบริหารจัดการข้อมูล ข้อมูลบัญชีการขายสินค้าและสั่งซื้อสินค้า ข้อมูลตรวจสอบการบันทึกเดือน ข้อมูลสินค้า ข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า ข้อมูลด้านรายงานต่างๆ

เว็บแอปพลิเคชัน คือ Web Application (เว็บแอปพลิเคชัน) คือ Application (แอปพลิเคชัน) ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็น Browser (เบราว์เซอร์) สำหรับการใช้งาน Webpage (เว็บเพจ) ต่างๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผลของตัวเครื่องสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่าน Internet (อินเทอร์เน็ต) และ Intranet (อินทราเน็ต) ในความเร็วต่ำได้ ข้อดีของ Web Application (เว็บแอปพลิเคชัน) นั้น คือ ในส่วนของการใช้งานที่สามารถใช้งานได้สะดวกทุกที่ทุกเวลา ถ้าหากไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ต้องการใช้ Web browser (เว็บเบราว์เซอร์) ก็สามารถใช้อุปกรณ์ประเภทนี้ได้ รวมถึงมีการอัปเดตแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ อยู่ตลอดเวลา และใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม (Web-application, 2019)

ภาษา PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษาซี ภาษาจาวาและภาษาเพิร์ล ซึ่งภาษาพีเอชพีนั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้ คือให้

นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียนเว็บเพจที่มีการตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว (PHP., 2019)

ฐานข้อมูล PHP My Admin คือโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการ ฐานข้อมูล MySQL แทนการคีย์คำสั่ง เนื่องจากถ้าเราจะใช้ฐานข้อมูลที่เป็น MySQL บางครั้งจะมีความลำบากและยุ่งยากในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ขึ้นมาเพื่อให้สามารถจัดการตัว DBMS ที่เป็น MySQL ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น โดย PHP My Admin ก็ถือเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในการจัดการนั่นเอง PHP My Admin เป็นส่วนต่อประสานที่สร้างโดยภาษา PHP ซึ่งใช้จัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถที่จะทำการสร้างฐานข้อมูลใหม่หรือทำการสร้าง TABLE ใหม่ ๆ และยังมี function ที่ใช้สำหรับการทดสอบการ query ข้อมูลด้วยภาษา SQL พร้อมกันนั้นยังสามารถทำการ insert delete update หรือแม้ใช้คำสั่งต่างๆ เหมือนกับกับการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูล PHP My Admin เป็นโปรแกรมประเภท MySQL Client ตัวหนึ่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูล MySQL ผ่าน web browser ได้โดยตรง PHP My Admin ตัวนี้จะทำงานบน Web Server เป็น PHP Application ที่ใช้ควบคุมจัดการ MySQL Server (Data Base of PHP MyAdmin, 2019)

วงจรการพัฒนาแบบ(System Development Life Cycle : SDLC) คือ วงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle : SDLC) คือ กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยระบบที่จะพัฒนาอาจเริ่มด้วยการพัฒนาระบบใหม่หรือนำระบบเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับเปลี่ยนให้ดียิ่งขึ้นภายในวงจรนี้

จะแบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็นระยะ ได้แก่ ขั้นตอนการสำรวจระบบ (System investigation) ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา ระบบสารสนเทศ (System design) ระยะการสร้างและพัฒนา (Implementation Phase) การทดลองใช้และติดตั้งระบบ (System implementation) และการบำรุงรักษา ระบบและการประเมินผล (System maintenance and review) โดยแต่ละระยะจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ แตกต่างกันไปตาม Methodology ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ ใช้วงจรการพัฒนาแบบระบบสารสนเทศ (System development life cycle : SDLC) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นตอนการวางแผนระบบ (Systems Planning) 2) ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ (Systems Analysis) 3) ขั้นตอนการออกแบบระบบ (Systems Design) 4) ขั้นตอนการพัฒนาแบบระบบ (Systems Development) 5) ขั้นตอนการติดตั้งและดำเนินการใช้ระบบ (Systems Implementation & Operation) (Pakdeewatthanakul. 2008. Chalee and Theprit, 2001 : 38 – 80)

วิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุโดยใช้ยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language : UML) ในปัจจุบันเป็นวิธีที่นิยมกันมากและมีแนวโน้มที่จะทดแทนการออกแบบระบบแบบเดิม กระบวนการพัฒนาระบบตามแบบวิธี Rational Unified Process หรือ Rational Objectory Process เป็นกระบวนการที่ครอบคลุมกระบวนการพัฒนาระบบทั้งหมด โดยการพิจารณาทั้งงานด้านการบริหารและงานด้านเทคนิค กระบวนการพัฒนาจะมีลักษณะการทำซ้ำ (Iterative) และการเพิ่มขึ้น (Incremental) ดังนั้นงานที่ทำจะไม่มีมากในคราวเดียวกันในตอนสุดท้ายของโครงการ แต่จะมีการแบ่งงานออกเป็นช่วงๆ (Phase) ในช่วงของการ

สร้างระบบ (Construction Phase) การทดสอบ และการรวบรวมส่วนย่อยเข้ากับระบบรวม จะมีการทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้โปรแกรมที่มีคุณภาพ และตรงตามความต้องการ ในการทำซ้ำแต่ละรอบจะประกอบด้วย การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างและการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Implement) และการทดสอบระบบ (Testing) (Danwiriyaikul. T., 2006)

Intue (2008) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการดำเนินการขายสินค้าของร้าน @ ไม่เอ็กมีวัตถุประสงค์ เพื่อการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถจัดการระบบการขายสินค้าและพัฒนาระบบฐานข้อมูลของร้าน @ ไม่เอ็ก เพื่อช่วยในการบริหารจัดการการดำเนินการขายสินค้า โดยมีขอบเขตการศึกษาทางด้านระบบฐานข้อมูลสินค้าคงคลัง ระบบการขายสินค้าให้กับผู้ขายสินค้า และระบบการผลิตเอกสารและ รายงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขายสินค้าและสินค้าคงคลัง ซึ่งระบบนี้ทำงานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยถูกพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กพี โพรเฟชันแนล โดยใช้ภาษาพี เอช พี ในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน และใช้โปรแกรมฐานข้อมูล ไมเคิล เอส คิว แอล เป็นเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูลผลการศึกษา พบว่า สามารถนำระบบดังกล่าวที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการจัดการการขายสินค้าของร้าน @ ไม่เอ็กแทนระบบการทำงานด้วยมือได้ผลเป็นความพึงพอใจในการใช้ระบบใน ระดับที่ดี

Ngam Som. (2010) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กพี โดยใช้

โปรแกรม(Delphi7) ในการพัฒนาระบบส่วนติดต่อประสานผ่านเครือข่าย และใช้ฐานข้อมูล ไมโครซอฟต์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ 2005 เป็นเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล ทำงานบน ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เซิร์ฟเวอร์ 2003 เป็นเครื่องมือช่วยระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ เป็นระบบที่ใช้ในการจัดการข้อมูลของร้านสะดวกซื้อ ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ ส่วนกำหนดผู้ใช้ ส่วนการซื้อ ส่วนสินค้าคงคลัง ส่วนการขาย และส่วนของบัญชี ซึ่งสามารถรองรับ การทำงานของผู้ใช้ 3 กลุ่มคือ ผู้ดูแลระบบ เจ้าของกิจการ และพนักงานขายหน้าร้าน จากการประเมินผลโดยการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้งานทุกคน สามารถสรุปผลการประเมินระดับ ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบฯ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี

Sila-ard (2008) ได้ทำสารนิพนธ์เรื่องการพัฒนา ระบบสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตเพื่อสนับสนุนงานด้านการขาย กรณีศึกษาบริษัท แปซิฟิค อินเตอร์เทค จำกัด เพื่อจัดทำแหล่งข้อมูลทั่วไปให้พนักงาน และยังเป็นแหล่งข้อมูลที่แสดงถึงการรายงานผลสถานะงานขายให้กับผู้บริหารโดยใช้การออกแบบระบบฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ในการจัดเก็บข้อมูลของสินค้าและลูกค้า เพื่อลดเวลาในการรายงานข้อมูลสถานะงานเข้าส่วนกลางของพนักงานขายผ่านทางระบบเว็บไซต์ ผลการทดลองพบว่าพนักงานขายสามารถส่งข้อมูลให้ลูกค้าได้ทันทีโดยไม่ต้องกลับมาค้นหาข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลักถึงแม้จะอยู่นอกสถานที่ซึ่งระบบเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 120 นาที แต่ระบบที่พัฒนาใช้เวลาเพียง 15 นาที ก็สามารถส่งข้อมูลเพิ่มเติมให้ลูกค้าได้ และเพิ่มประสิทธิภาพจากการรายงานผลการติดตามสถานะได้ทันที

สิ่งที่ได้จากการนำเทคโนโลยีนี้เข้ามาใช้ คือ ส่งผลให้ธุรกิจด้านผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถบริหารจัดการข้อมูลในภายในได้อย่างถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว ส่งผลให้การดำเนินธุรกิจสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์โอกาสความก้าวหน้าของธุรกิจได้

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คือผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบไปด้วย

1) ผู้มีความเชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ คุณวุฒิ ตั้งแต่ปริญญาโท จำนวน 3 คน

2) บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จำนวน 2 คน ที่มีประสบการณ์ด้านการ

บริหารจัดการผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างน้อย 3 ปี

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ผู้วิจัยได้ศึกษาดำเนินการวิจัยพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีวิธีการขั้นตอนการดำเนินการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาที่จะพัฒนาระบบ

ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีมากมายหลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นแบบบริโภค แบบเพาะปลูก แบบบำรุงผลผลิต หรือแม้แต่กำจัดวัชพืชทางการเกษตร และอื่นๆ เป็นต้น การจัดการหรือจัดการกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้สามารถดำเนินการได้ยากและขาดความถูกต้องและแม่นยำ ห้างร้านหรือบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จึงไม่สามารถรวบรวมข้อมูลหรือบริหารจัดการข้อมูลด้านต่างๆ ได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว การตรวจเช็คปริมาณผลิตภัณฑ์คงคลังไม่แม่นยำสาเหตุเพราะหมวดหมู่มีจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์มีจำนวนมาก การจดจำหรือการจัดเก็บข้อมูลไม่ไปในทางที่ถูกต้อง หากมีการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในการจัดการ และบริหารจัดการข้อมูล อาจส่งผลให้การดำเนินการด้านข้อมูล หรือเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น สามารถวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์แต่ประเภทได้ว่าประเภทไหน สินค้าอะไรมีปริมาณมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ผลต้นทุน หรือกำไรของการดำเนินธุรกิจด้านผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้

2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยวิเคราะห์

2.1 รวบรวมข้อมูลและความต้องการ ในการรวบรวมข้อมูลและความต้องการ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความต้องการและรายละเอียดของผู้ใช้งานของระบบ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสอบถามถึงความต้องการของผู้ใช้งาน การวิเคราะห์จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างของระบบและความสัมพันธ์ในการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ในระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบปฏิบัติงานจริงและลักษณะของระบบงานที่ควรจะมีเพิ่มเข้าไป ทำให้การออกแบบสามารถทำให้แม่นยำและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2.2 การกำหนดความต้องการใหม่ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะประมวลผลการดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว มีฟังก์ชันในการเรียกดูข้อมูลแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน เพื่อช่วยผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ตรงตามด้านที่ต้องการ จากการศึกษาค้นคว้าเป็นไปได้นั้น จึงทำการออกแบบโดยอาศัยหลักการทฤษฎี UML (Unified Modeling Language) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพระบบงานใหม่ โดยในการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram และ Class Diagram

หลังจากได้ดำเนินการศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ความต้องการของระบบจึงได้ทำการออกแบบความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบไว้ดัง Fig 1

3. ออกแบบระบบโดยทำการออกแบบ



Fig.1 Working relationship with agricultural product support and management system

4. พัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ตามขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงได้ทำการทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (Testing) ขั้นตอนการทดสอบการใช้งานแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

4.1 การทดสอบขั้นแอลฟา (Alpha Test) และ

4.2 การทดสอบขั้นเบต้า (Beta Test)

5. การติดตั้งใช้งานระบบและเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 นำระบบที่พัฒนาขึ้นไปนำเสนอและให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้

5.2 ทดสอบการใช้งานระบบ และประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์

5.3 รวบรวมข้อมูลคะแนนและข้อคิดเห็นที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์

5.4 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะตามความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบ

5. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติ

6. สรุปผลการทดลอง

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (Srisa-ard. B., 2002)

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรขึ้น และสามารถใช้งานได้ตามขอบเขตงานที่กำหนดไว้ ดังนี้ ผู้ใช้งานระบบสามารถทราบข้อมูลภาพรวมของผลิตภัณฑ์ หรือทราบข้อมูลจำนวนสินค้าต่างๆ ได้ดัง Fig 2 นอกจากนี้สามารถเพิ่มข้อมูลสินค้าใหม่ หรือเพิ่มจำนวนสินค้าในรายการสินค้า ได้ดัง Fig



Fig. 2 Main page form of agricultural

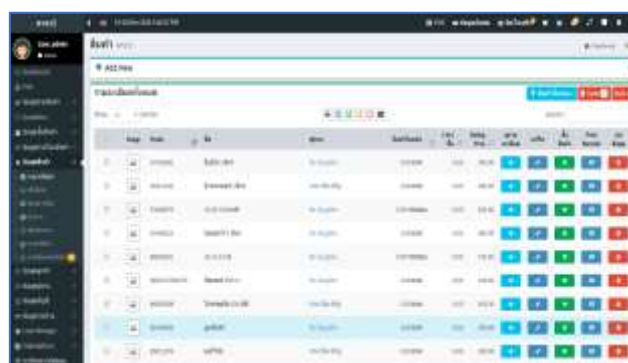


Fig.3 Agricultural product data form
product support and management system

นอกจากนี้ระบบสามารถแจ้งให้ผู้ใช้งานระบบทราบถึงขายการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ได้รับความนิยมในการซื้อขายในระบบ ดัง Fig 4 และระบบยังแสดงการแจ้งเตือนยอดจำนวนผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีจำนวน

ต่ำกว่าที่ตั้งแล้ว ให้ผู้ใช้งานได้รับทราบ เพื่อดำเนินการจัดหาหรือเพิ่มผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดนั้นเข้าสู่ระบบเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป ดัง Fig 5

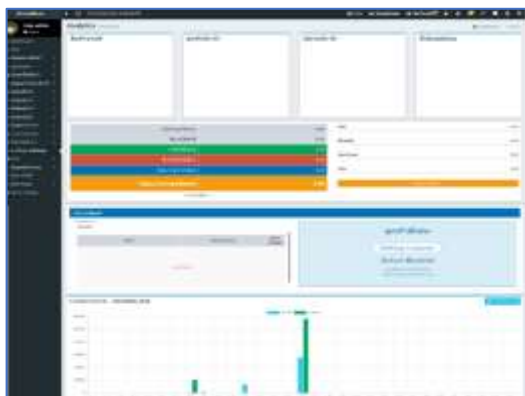


Fig.4 Adding form on each side

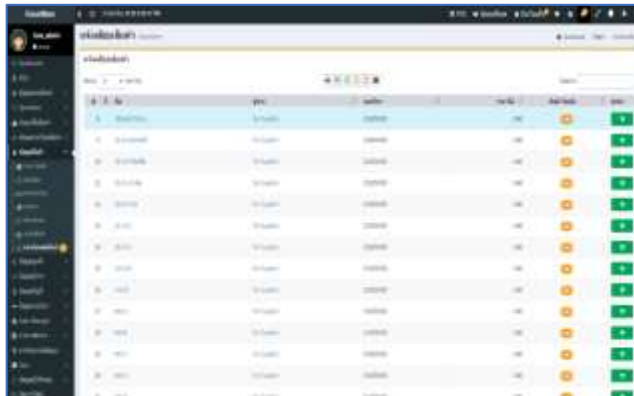


Fig.5 Stock list notification form

2. ผลการทดลองใช้ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ผู้วิจัยนำระบบสนับสนุนและบริหารจัดการ
ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่พัฒนาขึ้นนำเสนอต่อ

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน พิจารณาเพื่อประเมิน
ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสนับสนุนและบริหาร
จัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

Table 1 System performance assessment results

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับผลประเมิน
1	การประเมินด้านการทำงานของระบบ	4.70	0.41	มากที่สุด
2	ประเมินด้านความสามารถในการใช้งานของระบบ	4.77	0.25	มากที่สุด
3	การประเมินด้านผลลัพธ์ที่ได้รับจากระบบ	4.80	0.27	มากที่สุด
4	การประเมินด้านความปลอดภัย	4.50	0.50	มาก
Overall		4.69	0.29	มากที่สุด

จาก Table 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของ
ระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดย
รวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.69, S.D.=0.29) และ

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีผลการประเมิน
สูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุด คือด้านผลลัพธ์ที่ได้รับจาก
ระบบ ($\bar{X}$ = 4.80, S.D.=0.27)

วิจารณ์การวิจัย

1. การพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ผลการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สำเร็จสมบูรณ์ได้ทั้งนี้ เนื่องมาจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาของการทำงานในแต่ละขั้นตอนว่ามีปัญหาด้านใดบ้าง จากนั้นทำการพัฒนาระบบขึ้นตามกระบวนการโดยใช้ทฤษฎี SDLC และทฤษฎี UML ทุกขั้นตอนมีการตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขไปพร้อมๆ กับการเขียนโปรแกรม จากนั้นนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของการทำงานระบบในแต่ละด้าน และทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจึงส่งผลให้การพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสำเร็จสมบูรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัย Ngam Som. (2010) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี โดยใช้โปรแกรม (Delphi7) ในการพัฒนาระบบส่วนติดต่อประสานผ่านเครือข่าย และใช้ฐานข้อมูล ไมโครซอฟต์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ 2005 เป็นเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เซิร์ฟเวอร์ 2003 เป็นเครื่องแม่ข่ายระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสะดวกซื้อ เป็นระบบที่ใช้ในการจัดการข้อมูลของร้านสะดวกซื้อ ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ ส่วนกำหนดผู้ใช้ ส่วนการซื้อ ส่วนสินค้าคงคลัง ส่วนการขาย และส่วนของบัญชี ซึ่งสามารถรองรับ การทำงานของผู้ใช้ 3 กลุ่มคือ ผู้ดูแลระบบ เจ้าของกิจการ และ

พนักงานขายหน้าร้าน จากการประเมินผลโดยการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้งานทุกคน สามารถสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบฯ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี

2. การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ

ระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผลการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยได้นำกระบวนการ ทฤษฎี SDLC และทฤษฎี UML มาช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบงานตามขั้นตอนการทำงาน จากนั้นนำไปพัฒนาเมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วนำระบบที่พัฒนาขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทำการทดลองใช้งานระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในแต่ละด้าน พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$) = 4.69) ผลการวิจัย พบว่า สามารถนำระบบดังกล่าวที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในงานที่เกี่ยวกับการจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้ใช้งานระบบ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตรงตามความต้องการและสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งระบบดังกล่าวได้ออกแบบให้ผู้ใช้งานเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานของระบบเป็นเชื่อมโยงในทุกฟอร์มส่งผลให้การใช้งานง่ายและตอบสนองความต้องการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baochamchoi. (2011) วิจัยเรื่ององค์ประกอบของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อขายสินค้าของ

ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้งานเว็บไซต์ ด้านเว็บเพจ ด้านรายการแสดงสินค้าและบริการ

ด้านทางเลือกในการชำระค่าสินค้าและบริการ ด้านระบบรักษาความปลอดภัย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srinuanpan *et al.* (2018) วิจัยเรื่องการพัฒนาพีเจอาร์บนตลาดกลางออนไลน์ เพื่อส่งเสริมสินค้าชุมชนจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ความสำคัญของปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดออนไลน์ 6P ประกอบด้วยด้านสินค้าและบริการ ด้านราคา ด้านสถานที่ ด้านการส่งเสริมการขาย ด้านความเป็นส่วนตัว และด้านความปลอดภัย เป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในระดับมาก ในการพัฒนาตลาดออนไลน์จะสามารถตอบสนองต่อทุกปัจจัย นอกจากนี้ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบรายด้านมีดังนี้ การประเมินด้านผลลัพธ์ที่ได้รับจากระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D.=0.27) การประเมินด้านความสามารถในการใช้งานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, S.D.=0.25) การประเมินด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D.=0.41) และการประเมินด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D.=0.50) ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Chanthapassa. (2019) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศการบริหารงานบุคคลโรงเรียนบ้านดอนตูมดอนโต สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 1 ผลการวิจัย สภาพก่อนการพัฒนาสารสนเทศ บุคลากรขาดความรู้ความเข้าใจและขาดทักษะในการจัดระบบสารสนเทศ สารสนเทศงานบุคคลที่มีอยู่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน การ

ดำเนินงานยังจัดกระทำมือมีการดำเนินการล่าช้า ไม่ทันกับความต้องการและการเรียกใช้ ขาดวัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัยในการดำเนินการ และไม่มีผู้รับผิดชอบดูแลรักษา หลังการดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศการบริหารงานบุคคลตามขั้นตอนการพัฒนาสารสนเทศ โดยใช้กลยุทธ์ในการพัฒนา คือการประชุมปฏิบัติการและการนิเทศ มาใช้ในการบริหารงานบุคคล ทำให้บุคลากรมีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการใช้โปรแกรม มีวัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัยในการให้บริการ และมีผู้ดูแล บำรุงรักษาระบบ ทำให้ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้การพัฒนาระบบสารสนเทศบรรลุเป้าหมายที่วางไว้สามารถนำผลที่ได้ไปประกอบการบริหารงาน แต่ยังมีจุดที่จะต้องพัฒนาต่อไป คือต้องมีการนิเทศ และจัดประชุมเชิงปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอให้บุคลากร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของบุคลากร ตลอดจนต้องพัฒนาโปรแกรมให้ครอบคลุมทุกงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการภายในองค์กรให้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยทำให้เกิดความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- Baochamchoi.K. 2011. Components of E-Commerce Websites on Purchasing Behavior of People in Bangkok (Master of Business Administration). Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Faculty of Business Administration, Major in Information Systems.
- Chalee and Theprit. 2001. Unified Modeling Language: UML: Bangkok. Se-education. 38-80p. (in Thai)
- Chanthapassa N., 2019. Development of Personnel Management Information Systems, Ban Don Tum Don Do School, Maha Sarakham Primary Education Service Area Office 1. NEU Academic and Research J. 9(1). 82-89
- Data Base of PHP MyAdmin. 2019. Available from: URL:
<https://www.aosoft.co.th/article/310/phpMyAdmin>
- Danwiriyakul. T. 2006. System Service Booking in Case: Lolita Bungalows. Samui Island. King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Intue. N. 2008. Information System for selling products @ Mai Ek. Chiang Mai University. Javascript. 2019. Available from: URL: <https://th.wikipedia.org/wiki/javascript>
- Ngam Som. P. 2010. Information System for Convenience Store Management Chiang Mai University. PHP. 2019. Available from: URL: <https://th.wikipedia.org/wiki/php>
- Paapakang. M. 2001. Yasothon Municipality Data Management: Bangkok. A-morn Printing. (in Thai)
- Pakdeewatthanakul, K. 2008. Systems Analysis and Design: Bangkok. Com and Consult. (in Thai)

การศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้ของผู้บริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง (คอลอนศรีวิชัย)

จวีวรรณ จันทรัง^{1*}, ณปภัช ช่วยชูหนู¹ และ ศรัณญภัต รักศีล²

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

² คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่พื้นเมือง (คอลอนศรีวิชัย) โดย การให้ชิมเนื้อไก่ต้ม และใช้แบบสอบถามผู้บริโภค จำนวน 400 ราย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยสะดวก (Convenience sampling) ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อไก่คอลอนศรีวิชัย โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด (4.345) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ความรู้สึกเหนียวนุ่มขณะรับประทานเนื้อไก่ ได้รับความพึงพอใจสูงสุด (4.557) รองลงมาคือความพึงพอใจด้านกลิ่นของไก่ชนรับประทาน (4.447) และความพึงพอใจด้านรสชาติของไก่คอลอนศรี วิชัย (4.390) ส่วนการรับรู้เรื่องพันธุ์ไก่พื้นเมือง (คอลอนศรีวิชัย) พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 78.25 ไม่รู้จักไก่พันธุ์นี้ มี ผู้บริโภคที่รู้จักไก่พันธุ์นี้เพียง ร้อยละ 21.75 ทั้งนี้หากมีการสร้างการรับรู้ถึงพันธุ์ไก่พื้นเมืองจะเป็นทางเลือกที่ดีแก่ผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการผลิต ตลอดจนการส่งเสริมการตลาดไก่พื้นเมืองไทยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ไก่พื้นเมือง, ไก่คอลอนศรีวิชัย, รสชาติ และ การรับรู้

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: jareewan.rmutsv@gmail.com

Consumers Satisfaction and Perception of Thai Native Chicken (Srivijaya Naked-Neck) Meat

Jareewan Chankong ^{1*}, Napapach Chuaychu-noo¹, and Saranyaphat Rakseen²

¹ Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhonsrithammarat, 80110,
Thailand

² Faculty of Technology Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

Abstract

The objective of this research was to study consumer satisfaction and perception of Thai native chicken (Srivijaya Naked-Neck) meat by tasting boiled chicken. And using 400 consumer questionnaires by convenience sampling. The study found that consumer satisfaction with chicken (Srivijaya Naked-Neck) meat. The overall level is at the highest level (4.345) and when considered in each aspect, it was found that the firmness while eating chicken meat received the highest satisfaction (4.557), followed by the odor of chicken (Srivijaya Naked-Neck) meat (4.447) and the flavor satisfaction of the chicken (Srivijaya Naked-Neck) meat (4.390). The perception of Thai native chicken (Srivijaya Naked-Neck) found that most of the consumers (78.25%) don't know this breed of chickens. Only 21.75% of consumers know this breed. However, if creating perception of Thai native chicken breeds, it will be a good choice for consumers. It is also a way to improve the quality of production as well as promoting Thai native chicken market in the future.

Keywords: Thai native chicken, Srivijaya Naked-Neck chicken, flavor and perception

* Corresponding author: E-mail: jareewan.rmutsv@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันความสามารถในการแข่งขันเชิงยุทธศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ธุรกิจหรือผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีความสามารถในการแข่งขัน โดยการเพิ่มศักยภาพองค์ประกอบโดยรวมของปัจจัยการผลิต อันได้แก่ ทุน วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การตลาด การขนส่ง เป็นต้น และด้วยยุทธศาสตร์ของประเทศในการที่จะเป็นครัวของโลก จึงได้มุ่งเน้นเป้าหมายไปยังสินค้าเกษตรและเกษตรแปรรูป ปัจจุบันประเทศไทยมีการเลี้ยงปศุสัตว์ โดยเฉพาะไก่พื้นเมือง ซึ่งเป็นการเลี้ยงของเกษตรกรรายย่อย เพื่อเป็นอาชีพเสริมในเกือบทุกจังหวัดของประเทศ แต่ทั้งนี้การผลิตไก่พื้นเมืองยังคงประสบปัญหาในเรื่องการผลิต อัตราการเจริญเติบโตทำให้ผลผลิตต่ำจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ส่งผลให้ไก่พื้นเมืองมีราคาสูงกว่าไก่เนื้อโดยเฉลี่ยประมาณ 20 – 30% (Laopaiboon *et al.* 2010) ส่งผลกระทบต่อราคาไก่ภายในประเทศ ทั้งนี้ยังต้องมีการสนับสนุนเทคนิคทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกษตรกรผู้ผลิตไก่พื้นเมืองมีความสามารถในการผลิตเนื้อไก่ที่มีคุณภาพทัดเทียมกับต่างประเทศได้ หากพิจารณาในส่วนของไก่พื้นเมืองของประเทศไทยจะเห็นได้ว่าสามารถสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารให้กับประชากรได้ ปัจจุบันประเทศไทยมีประชากรกว่า 66.5 ล้านคน มีการบริโภคเนื้อไก่เฉลี่ย 15 กก./คน/ปี เมื่อเทียบกับปี 2540 ที่มีการบริโภคเนื้อไก่เพียง 5 กก./คน/ปี ซึ่งมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นสูงถึง 200 เปอร์เซ็นต์ (Sirimongkolksam, 2010) ด้านศักยภาพการผลิตประเทศไทยมีผลผลิตไก่เนื้อ 2.58 ล้านตัน/ปี บริโภคภายในประเทศ 1.23 ล้านตัน/ปี และ

ส่งออกต่างประเทศ 0.48 ล้านตัน/ปี (Centre for Agricultural Information, 2019)

สำหรับเนื้อไก่ที่วางจำหน่ายในตลาดของไทยมี 4 พันธุ์หลักได้แก่ ไก่เนื้อ ไก่ซี (ไก่ไข่อ้วน) ไก่ลูกผสมพื้นเมือง และไก่พื้นเมือง จากงานวิจัยของ Leotaragul *et al.* (2009) พบว่า เนื้อไก่ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด คือ ไก่พื้นเมือง รองลงมาคือไก่ลูกผสมพื้นเมือง ไก่โต้ง และไก่เนื้อตามลำดับ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกบริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง เพราะรสชาติดีและความเหนียวนุ่มของเนื้อ คล้ายคลึงกับประเทศในเอเชียที่นิยมบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองมากกว่าไก่พันธุ์อื่นๆ อาทิ ประเทศจีนพบว่า เหตุผลที่มีการนิยมบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองเพราะรสชาติ (flavor) และความแน่น (firmness) ของเนื้อ (Tang *et al.*, 2009) ส่วนข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ พบว่า ไก่พื้นเมืองมีปริมาณของไขมัน คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ที่ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับไก่เนื้อ (Jaturasitha *et al.* 2003) นอกจากนี้ Chaosap and Tuntivisoottikul (2006) รายงานว่า การตรวจชิมเนื้อไก่พบว่า เนื้อไก่พื้นเมืองมีความเหนียวมากที่สุด (5.26) รองลงมาคือ ไก่ตะนาวศรี (4.78) ไก่สีทอง (4.08) และไก่กระเทย (3.42) ตามลำดับ

ไก่คออ่อนศรีวิชัย ซึ่งเป็นไก่ที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์จากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครศรีธรรมราช สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ และได้รับการคัดเลือกจากปศุสัตว์จังหวัดนครศรีธรรมราชให้เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัด โดยมีลักษณะภายนอกประจำพันธุ์คือ ส่วนบริเวณลำคอ หน้าอกและแผ่นหลังไม่มีขน และมีลักษณะอื่นประกอบ ดังนี้ หงอนมีลักษณะเหมือนเม็ดถั่ว หน้าอกกลมแบนและไหล่กว้าง เกษตรกรในพื้นที่ชนบทนิยมเลี้ยง

ไก่พื้นเมือง เพราะมีข้อดีเรื่องการทนต่อโรค ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี หากินอาหารในธรรมชาติเก่ง โดยเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมและบริโภคในครัวเรือน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการรับรู้พันธุ์ไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย) และการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่พื้นเมืองคอล่อนศรีวิชัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพ ตลอดจนการส่งเสริมการตลาดไก่พื้นเมืองไทยต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยนำไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย) ที่มีอายุและน้ำหนักพร้อมจำหน่ายคือ อายุ 16 สัปดาห์ น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 1,500-1,800 กรัม/ตัว ไปปรุงเป็นไก่ต้ม แล้วนำไปสับให้เป็นชิ้นพอดีสำหรับการบริโภค โดยให้ผู้บริโภคชิมเนื้อไก่ต้ม และการใช้แบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค ความความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย) และการรับรู้พันธุ์ไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ประชากรกลุ่มผู้บริโภคเนื้อไก่ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากร และกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตรการหาขนาดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973) ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 ราย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ ผู้บริโภคเนื้อไก่ที่มาเดินในตลาดชุมทางทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัด

นครศรีธรรมราช จำนวน 200 ราย (วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ.2562) และงานทุ่งใหญ่เกษตรแฟร์ มทร.ศรีวิชัย วิชาการ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 200 ราย (วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563) รวม 400 ราย และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยสะดวก (Convenience sampling) เพื่อสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดเฉพาะเรื่องได้

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวัดความพึงพอใจของผู้บริโภค หลังจากการชิมเนื้อไก่ต้ม โดยข้อมูลความพึงพอใจของผู้บริโภค ใช้การประเมินคำตอบประยุกต์ตามแบบของ Likert scale Question (Pongvichai, 2008) แต่ละคำถามมีคำตอบให้เลือกโดยกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมิน ดังนี้

ระดับ 1 = พึงพอใจน้อยที่สุด

ระดับ 2 = พึงพอใจน้อย

ระดับ 3 = พึงพอใจ

ระดับ 4 = พึงพอใจมาก

ระดับ 5 = พึงพอใจมากที่สุด

การสอบถามถึงระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคในประเด็นต่างๆ ประกอบด้วย ลักษณะภายนอกที่ปรากฏของไก่ สีของเนื้อไก่ กลิ่นของเนื้อไก่ ความรู้สึกเหนียวนุ่มขณะรับประทานเนื้อไก่ ด้านรสชาติโดยรวมของเนื้อไก่ และด้านความรู้สึกปลอดภัยเมื่อได้บริโภคเนื้อไก่นี้ รวมถึงสอบถามการรับรู้ถึงไก่พื้นเมืองพันธุ์คอล่อนศรีวิชัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้ มาวิเคราะห์ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย

ค่าความพึงพอใจในการแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนจากมาตรฐานส่วนประเมินค่าชนิด 5 ระดับ และใช้การแบ่งช่วงการแปลผลตามหลักของการแบ่งอัตรภาคชั้น โดยใช้ค่าสูงสุดลบด้วยค่าต่ำสุด และหารด้วยจำนวนระดับที่ศึกษา ดังนั้นความห่างของแต่ละช่วงจึงเท่ากับ 0.8 สามารถแบ่งช่วงได้ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย

4.21-5.00 = พึงพอใจมากที่สุด

3.41-4.20 = พึงพอใจมาก

2.61-3.40 = พึงพอใจ

1.81-2.60 = พึงพอใจน้อย

1.00-1.80 = พึงพอใจน้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค ซึ่งประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา ศาสนา อาชีพ และรายได้เฉลี่ย/เดือน โดยหาค่าความถี่ และร้อยละ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Number and percentage of consumer's information

Information	Number (person)	Percentage
1. Gender		
- Male	121	30.20
- Female	279	69.80
2. Age		
- Less than 20 years	56	14.00
- 21-30 years	74	18.50
- 31-40 years	93	23.25
- 41-50 years	82	20.50
- 51-60 years	46	11.50
- More than 60 years	49	12.25
3. Status		
- Single	178	44.50
- Marriage	222	55.50
Total	400	100.00

Table 1 Number and percentage of consumer's information (continue)

Information	Number (person)	Percentage
4. Level of Education		
- Elementary school or lower	69	17.25
- High school	115	28.75
- Bachelor degree	165	41.25
- Over bachelor degree	51	12.75
5. Religion		
- Buddhists	392	98.00
- Christianity	6	1.50
- Islamism	2	0.50
6. Occupation		
- Government officers	75	18.75
- Business owners	166	41.50
- Agriculturist	20	5.00
- Company employees	28	7.00
- Students	69	17.25
- Other. ex. maids	42	10.50
7. Income per month		
- Less than 15,000 baht	112	28.00
- 15,001-30,000 baht	153	38.20
- 30,001-50,000 baht	103	25.80
- More than 50,000 baht	32	8.00
Total	400	100.00

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 69.80 และเพศชาย ร้อยละ 30.20 ตามลำดับ ด้านอายุ ผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุในช่วง 31-40 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.25 รองลงมา มีอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 20.50 มีอายุ 21-30 ปี ร้อยละ 18.50 มีอายุน้อยกว่า 20 ปี ร้อยละ 14.00 มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 12.25 และมีอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 11.50 ตามลำดับ ด้านสถานภาพ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 55.50 และมีสถานภาพโสด ร้อยละ 44.50 ตามลำดับ

ด้านการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 41.25 รองลงมา มีระดับการศึกษามัธยมศึกษา ร้อยละ 28.75 ระดับการศึกษาประถมศึกษาและต่ำกว่า ร้อยละ 17.25 และระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 12.75 ตามลำดับ ด้านศาสนา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามนับถือศาสนาพุทธมากที่สุด จำนวน 392 ราย คิดเป็นร้อยละ 98 ทั้งนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามที่นับถือศาสนาคริสต์และศาสนาอิสลาม เพียง 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 2

ด้านอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.50 รองลงมาประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 18.75 นักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 17.25

ประกอบอาชีพพนักงาน/ลูกจ้างบริษัท ร้อยละ 7.00 และประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 5.00 ตามลำดับ ส่วนรายได้เฉลี่ย/เดือน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมาก มีรายได้เฉลี่ย/เดือน 15,001-30,000 บาท ร้อยละ 38.20 รองลงมา มีรายได้เฉลี่ย/เดือนต่ำกว่า 15,000 บาท ร้อยละ 28.00 มีรายได้เฉลี่ย/เดือน 30,001-50,000 บาท ร้อยละ 25.80 และมีรายได้เฉลี่ย/เดือน 50,000 บาทขึ้นไป ร้อยละ 8.00 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2: ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อน้ำไก่คอลลอนศรีวิชัย

จากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภค จำนวน 400 ราย ถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของน้ำไก่คอลลอนศรีวิชัย พบว่า ด้านลักษณะภายนอกที่ปรากฏได้คะแนนเฉลี่ย 4.357 ด้านสีของน้ำไก่ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.277 ด้านกลิ่นของน้ำไก่ชวนรับประทาน ได้คะแนนเฉลี่ย 4.447 ความเหนียวนุ่มขณะเคี้ยว ได้คะแนนเฉลี่ย 4.557 ด้านรสชาติ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.390 และความรู้สึกปลอดภัยในการบริโภคน้ำไก่ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.042 ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Satisfaction for sensory properties of boiled Srivijaya Naked-Neck chicken meat (S-NN)

Sensory attribute (S-NN)	Scored		Meaning	Ranking
	($\bar{X}$)	(S.D.)		
Appearance	4.357	.592	Excellent	4
Color	4.277	.475	Excellent	5
Odor	4.447	.684	Excellent	2
Firmness	4.557	.654	Excellent	1
Flavor	4.390	.594	Excellent	3
Safety	4.042	.649	Very Good	6
Total	4.345	.379	Excellent	

จากตารางที่ 2 พบว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อน้ำไก่คอล่อนศรีวิชัย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.345) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ความรู้สึกเหนียวนุ่มขณะรับประทานเนื้อไก่ ได้รับความพึงพอใจสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.557) รองลงมาคือความพึงพอใจด้านกลิ่นของเนื้อไก่ ขวนรับประทาน ($\bar{x}$ = 4.447) และความพึงพอใจด้านรสชาติของไก่คอล่อนศรีวิชัย ($\bar{x}$ = 4.390) ส่วนความพึงพอใจด้านความรู้สึกปลอดภัยเมื่อได้บริโภคเนื้อไก่นี้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.042) โดยรวมแล้วผู้บริโภคมีความ

พึงพอใจต่อน้ำไก่คอล่อนศรีวิชัย อยู่ในระดับคะแนน 4.042 – 4.557

ส่วนที่ 3: การรับรู้พันธุ์ไก่คอล่อนศรีวิชัย

จากการสอบถามผู้บริโภคที่ชิมเนื้อไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย) ตาม Table 2 พบว่า ส่วนใหญ่ผู้บริโภคยังไม่รู้จักไก่คอล่อนศรีวิชัย จำนวน 313 ราย (ร้อยละ 78.25) ส่วนผู้บริโภคที่รู้จักไก่คอล่อนศรีวิชัยมีเพียงจำนวน 87 ราย (ร้อยละ 21.75)

Table 3 Evolution of perception in Srivijaya Naked-Neck chicken (S-NN)

Breed Perception	Numbers (person)	Percentage
Perception (S-NN)	87	21.75
Not Perception (S-NN)	313	78.25
Total	400	100.00

วิจารณ์ผลการวิจัย

ความพึงพอใจและการรับรู้พันธุ์ไก่คอล่อนศรีวิชัยของผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าใกล้เคียงกับการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่พื้นเมือง (ซีท่าพระ) ของ Prapasawat *et al.* (2013) ซึ่งได้นำเนื้อไก่พื้นเมือง พันธุ์ซีท่าพระ โดยทำเป็นเนื้อไก่ย่างและใช้แบบสอบถามในการประชุมสำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ ประจำปี 2555 จำนวน 98 ราย การประชุมองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นจังหวัดขอนแก่น จำนวน 72 ราย และการประชุมหัวหน้าส่วนราชการขอนแก่น จำนวน 92 ราย ผลการศึกษาพบว่าความพึงพอใจในด้านความแน่นนุ่ม กลิ่นหอมของไก่ขณะเคี้ยวและด้านรสชาติ อยู่ในระดับคะแนน 3.78 – 4.16 หมายถึงพึงพอใจมาก ส่วนความพึงพอใจโดยรวม ได้คะแนน 3.92 – 4.35 คือพึงพอใจมากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานของ Leotaragul *et al.* (2009) ซึ่งได้นำไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเชียงใหม่ไปสร้างการรับรู้และสอบถามผู้ที่มาร่วมงานนิทรรศการในงานประกวดผลงานประดิษฐ์คิดค้น ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักวิจัย นักเรียน นักศึกษา พบว่าการรู้จักไก่พันธุ์นี้เท่ากับ 32.70 เปอร์เซ็นต์

ไก่คอล่อนศรีวิชัย ซึ่งเป็นไก่พื้นเมืองพันธุ์หนึ่งที่สามารถนำไปปรุงอาหารได้หลากหลายชนิด อีกทั้งยังมีความเหนียวนุ่ม เนื้อแน่น จากการศึกษาความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับคะแนน 4.042 – 4.557 หมายถึงระดับความพึงพอใจมากถึงมากที่สุด ระดับความพึงพอใจมากที่สุดในการชิมไก่พื้นเมืองนี้ แสดงให้เห็นว่าหากไก่พื้นเมืองที่มีอายุและน้ำหนักตัวที่พอดีกับการบริโภคจะ

ส่งผลให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ดังนั้นหากมีการพัฒนาไก่พื้นเมืองอย่างจริงจังจะเป็นทางเลือกที่ดีแก่ผู้บริโภคต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับที่ Rattanavaha (1993) ได้รายงานไว้ว่า คนไทยนิยมบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองมากกว่าเนื้อไก่กระเทียม รวมทั้งจากการศึกษาของ Sopha. *et al.* (2013) ในส่วนของการนำไก่พื้นเมืองไปประกอบอาหารพบว่าข้อเด่นของอาหารที่ใช้ไก่พื้นเมือง เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยคือ เนื้อแน่น รสชาติดี และมีคุณค่าทางอาหาร ส่วนข้อด้อยของอาหารที่ใช้ไก่พื้นเมืองตามลำดับจากมากไปน้อยคือ ราคาแพง หาซื้อยาก และเนื้อเหนียว ทั้งนี้การพัฒนาการผลิตไก่พื้นเมืองเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เกษตรกรผู้ผลิตไก่พื้นเมืองควรพัฒนาระบบการเลี้ยงให้ได้มาตรฐานฟาร์มปลอดภัยและได้รับการรับรองจากหน่วยงานภาครัฐเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ควรมีการรณรงค์โฆษณา และประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆ เพื่อสร้างชื่อเสียงและความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคในด้านรสชาติเพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการตลาดไก่พื้นเมืองไทยต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริโภคทุกท่านที่สละเวลาในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ. ภาคใต้ตอนบน สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย และคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

References

- Centre for Agricultural Information. 2019. Thailand Foreign Agricultural Trade Statistics. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. (in Thai)
- Chaosap, C. and Tuntivisoottikul, K. 2006. Carcass quality and some muscle properties of broiler, native, Srithong and Tanawsri chicken. Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference: Animal, Veterinary Medicine. Bangkok. 230-239. (in Thai)
- Jaturasitha, S. Phongphaew, A. Saithong, S. Apichartsrungkoon, T and Leotaragul, A. 2003. Carcass and meat quality of native chicken and four-way crossbred. Full Paper. The Thailand Research Fund (TRF). Bangkok. (in Thai)
- Laopaiboon, B. Duangjinda, M. Vongpralab, T. Sanchaisuriya, P. Nantachai, K. and Boonkum, W. 2010. Testing of growth performances and meat tenderness in crossbred chicken from Thai indigenous sire and commercial dam. KHON KAEN AGR. J. 38: 373-384 (in Thai)
- Leotaragul, A., Prathum, C. and Morathop, S. 2009. Guidelines for creating the awareness of Pradu-Hangdum chicken of Consumers in Chiang Mai. Full Paper. The Thailand Research Fund (TRF). Bangkok. (in Thai)
- Pongvichai, S. 2008. Statistical data analysis by computer (19th edition). Chulalongkorn University Printing House. Bangkok. (in Thai)
- Prapasawat, C., Laothong, S., Leotaragul, A., Rattanachawanon, P., Prasert, C. and Sopha, D. 2013. Satisfaction of consumers with Thai native chicken (Chee-Thapra) meat. KHON KAEN AGR. J. 41 (SUPPL. 1): 415-419. (in Thai)
- Rattanavaha, A. 1993. Thai Native Chicken Farming and Thai Agricultural System. J. Anim. Sci. 3: 11-13. (in Thai)
- Sirimongkolkasam, A. 2010. The animal husbandry industry will flourish or wilt. Chicken and pig magazine. 8: 30-33. (in Thai)
- Sopha, D., Prapasawat, C., Laothong, S., Rattanachawanon, P., Prasert, C. and Leotaragul, A. 2013. Buying and consumption profile for chicken of customers of Khon Kaen, Mahasarakham and Loie province. KHON KAEN AGR. J. 41 (SUPPL1): 410-414. (in Thai)

Tang, H., Y. Z. Cong, C.X. Wu, J.Jiang, Y. Wang, and K.Li. 2009 Variation of meat Quality traits among five genotypes of chicken. Poul. Sci. 88: 2212-2218.

Yamane, T. 1973. Statistic: An Introductory Analysis (3rd edition). New York: Harper and Row. 1130 pp.

แนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว บ้านดงยาง อำเภोजังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด

มัตติกา สวางษ์นาม* และ ไกรเลิศ ทวีกุล

สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง 2) ศึกษาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง 3) ศึกษาแนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ วิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร รวมผู้ให้ข้อมูล 50 คน วิธีการเลือกแบบเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและข้อมูลภาคสนาม โดยวิธีการสัมภาษณ์และการสนทนาเชิงปฏิบัติการโดยใช้เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม Appreciation Influence Control (AIC)

ผลการวิจัยพบว่า การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าววิสาหกิจชุมชน ด้านการบริหารจัดการ มีโครงสร้างคณะกรรมการ แบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างชัดเจน มีการวางแผนการดำเนินงาน มีแผนการควบคุมคุณภาพการผลิต สมาชิกผ่านการตรวจประเมินแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ทุกแปลง มีการจัดหาปัจจัยการผลิตให้กับสมาชิก มีช่องทางการจำหน่าย ได้แก่ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน เครือข่ายแปลงใหญ่ และเกษตรกรทั่วไป ด้านการบริหารจัดการด้านการเงินและการบัญชี พบว่า แหล่งที่มาของเงินทุน จากการระดมทุน และ กู้เงินจากโครงการสินเชื่อชุมชนปรับเปลี่ยนการผลิตเพื่อพัฒนาอาชีพของผู้มีรายได้น้อยของธนาคารเพื่อการเกษตร (ธ.ก.ส.) มีการจดบันทึกรายรับ-รายจ่าย ของวิสาหกิจชุมชน และแนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว มี 3 แนวทาง คือ (1) ด้านการผลิต (Production) โดยจัดทำโครงการปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุนการผลิต (2) ด้านการจัดการคุณภาพผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังเก็บเกี่ยว (Post Harvest Quality Management) โดยจัดทำโครงการลานตากข้าวคอนกรีต (3) ด้านการตลาด (Marketing) โดยจัดทำโครงการซื้อรถกระบะเพื่อบริการขนส่งเมล็ดพันธุ์ให้กับเกษตรกรและใช้ในกิจกรรมต่างๆของวิสาหกิจชุมชน

คำสำคัญ : วิสาหกิจชุมชน, การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และ แนวทางพัฒนา

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: mattikasowong@gmail.com

Development Guidelines Of Ban Dong Yang Paddy Field Community Enterprise For Rice Extension Seed, Changan District, Roi Et Province

Mattika Sawongnam* and Krailert Taweekul

Agricultural Extension and Development Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

Abstract

The purposes of this research aim to study of development guideline for rice seed production of seed extension community enterprise. This research was a qualitative research and data provider group officers involved in agricultural promotion and development informant were 50 persons. The research instrument was an interview from Workshop by participatory planning technique, Appreciation Influence and Control (AIC) to investigate development guideline for improve the rice seed production of the community enterprise in the next 5 years

The results showed that production of rice seed that community management community found that there was a committee structure of 15 people, clearly dividing duties with operational planning for community enterprise and the entire member was pass inspection for seed extension and the production factors are procured for members. For marketing management has The Community Rice Seed Center and The Big conversion network for financial and accounting management, it was found that the financial from raise funds and from the Community Loan Program for member that have low income from the Bank for Agriculture (BAAC). In accounting, it was found that the income-expenses of the community enterprise were recorded. The guidelines for rice seed expansion development showed that there were 3 aspects as follows: 1) Production by establishing a cut-to-order fertilizer project to reduce production costs 2) Post Harvest Quality Management of rice seed quality management by creating a concrete rice drying terrace project and 3) Marketing project by buying a truck to transport the seeds to farmers and the activities of the community.

Keywords: Community Enterprise, Rice Extension Seed and Development

* Corresponding author: E-mail: mattikasowong@gmail.com

บทนำ

จากสถานการณ์ และแนวโน้มด้านเศรษฐกิจ (Economics) และระบบการเงินโลกยังมีความผันผวนซึ่งส่งผลให้ประเทศไทย ต้องเผชิญกับปัญหาเศรษฐกิจทั้งภาคการเงินและภาคธุรกิจของไทย การรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจที่มีความหลากหลาย รวมถึงการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC : ASEAN Economic Community) ส่งผลต่อการเปิดเสรีทางการค้าทำให้เกิดการแข่งขันที่รุนแรง มากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันเป็นโอกาสในการพัฒนาการผลิตสินค้าเกษตรให้ได้มาตรฐาน เพื่อให้สามารถแข่งขัน และขยายตลาดสินค้าเกษตรของไทยไปยังต่างประเทศมากขึ้น นอกจากนี้ ราคาสินค้าเกษตรมีความผันผวน ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ไม่แน่นอน ค่าแรงภาคการเกษตรน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงของภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ และด้านการเกษตรยังขาดประสิทธิภาพ ทำให้ต้นทุนสูงไม่สามารถแข่งขันได้ ภาคการเกษตรจึงต้องปรับตัว และเตรียมความพร้อมในการแก้ไขปัญหาด้านต้นทุนการผลิต พัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรให้สอดคล้อง กับความต้องการของตลาด รัฐบาลได้มีการปฏิรูปภาคการเกษตร และปรับปรุงกฎหมาย ปรับแนวทางการบริหารราชการแผ่นดิน ซึ่งจะเป็รากฐานสร้างความเข้มแข็งให้กับภาคการเกษตรของไทย ได้มีการออกพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้มีการบูรณาการหน่วยงานที่มีภารกิจเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชน ให้เข้ามาร่วมสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนอย่างเป็นระบบ ให้ชุมชนพึ่งตนเองได้มีเศรษฐกิจเข้มแข็ง มีความพร้อมสำหรับการแข่งขันทางการค้าในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ได้ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของภาคีการพัฒนาทุกภาคส่วนทั้งในระดับกลุ่ม อาชีพ ระดับภาค และระดับประเทศ เพื่อสร้างความเข้มแข็งด้านเศรษฐกิจและการแข่งขันอย่างยั่งยืน การประกอบการของชุมชนเป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยใช้กระบวนการวิสาหกิจชุมชน ภายใต้บทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นพระราชบัญญัติที่ส่งเสริมและสนับสนุนองค์กรชุมชนให้รวมตัวและจดทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชนของกลุ่มผู้ประกอบการต่างๆ ภายในชุมชนนั้นๆ พร้อมทั้งผลักดันให้มีบทบาทในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนให้เป็นกลไกสนับสนุน สามารถแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน (Board of Directors Develop the national economy and society, 2017)

ยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตรระยะ 20 ปี (2560-2579) กำหนดประเด็นยุทธศาสตร์ที่ต้องดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับวิสาหกิจชุมชน คือ การส่งเสริมความมั่นคงในอาชีพของเกษตรกรและองค์การเกษตรกร มีเป้าหมายคือกลุ่มเกษตรกรและวิสาหกิจชุมชน โดยส่งเสริมให้มีความเข้มแข็งพัฒนาความรู้และทักษะในการผลิต การแปรรูปผลผลิต การบริหารจัดการกลุ่มภาวะผู้นำ สนับสนุนให้สามารถดำเนินกิจการของกลุ่มได้ตามเป้าหมายที่กำหนดส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชน เสริมสร้างความเข้มแข็งของเครือข่าย และพัฒนาให้เป็น Smart Group สามารถบริหารจัดการกลุ่ม พัฒนาผลิตภัณฑ์ และก้าวสู่การเป็นผู้ประกอบการที่เข้มแข็งในอนาคตรวมทั้งเป็นกลไกสำคัญของการเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานราก เพื่อพัฒนาระดับองค์กรเกษตรกรขึ้นพื้นฐานสู่การเป็น

ผู้ประกอบการเชิงธุรกิจ เช่น OTOP วิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม เป็นต้น (Department of Agricultural Extension, 2017)

ด้วยแนวทางการพัฒนาประเทศดังกล่าวทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนหลายองค์กร เห็นความสำคัญและได้เข้ามามีบทบาทในการนำภูมิปัญญา และศักยภาพในท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถของวิสาหกิจชุมชนให้เกิดความเข้มแข็งสามารถพึ่งตนเองในบริบททางสังคม โดยไม่มุ่งแสวงหาผลกำไร แต่จะมุ่งตอบสนองการอยู่ร่วมกัน และมีคุณภาพชีวิตที่ดีของคนในชุมชน เพื่อให้การดำเนินงานการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นอย่างมาก ในการวิจัยแนวทางพัฒนาการจัดการการผลิต ทำให้ได้รูปแบบการจัดการการผลิตที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมของวิสาหกิจชุมชน

จังหวัดร้อยเอ็ดเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จำนวน 116 แห่ง โดยอำเภอจังหารมีการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชนทั้งหมด จำนวน 91 แห่ง เป็นวิสาหกิจชุมชนผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว 4 แห่ง (Changharn District Agricultural Office, 2019) มีพื้นที่รับน้ำฝนทั้งสิ้น ประมาณ 99,775 ไร่ เป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญ มีแหล่งน้ำที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำชี และ ฝายวังยาง ประชากรส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คือ ปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปีไม่ว่าจะเป็นข้าวนาปี และข้าวนาปรัง เพราะมีระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และระบบชลประทาน ทำให้มีความต้องการในการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวนมาก แต่เกษตรกรยังประสบปัญหาพันธุ์ปนในนา เนื่องจากปลูกข้าวสลับนาปีกับนาปรังปัญหาดังกล่าวนักกลุ่มเกษตรกรบ้านดงยาง ได้มองเห็น

โอกาสในการส่งเสริมอาชีพให้กับหมู่บ้าน จึงได้มีการจัดตั้งกลุ่มเป็นกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง โดยเริ่มจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 ได้จัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวขายให้กับศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวร้อยเอ็ด โดยสำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มผู้จัดทำแปลงขายพันธุ์ข้าว และ ปี พ.ศ. 2548 ได้ขอจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชน ในนามวิสาหกิจชุมชนแปลงขายพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง หมู่ 14 ตำบลดินดำ อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด แต่การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ยังประสบปัญหาในเรื่องของราคาที่ไม่แน่นอนตามภาวะทางเศรษฐกิจ ปัจจัยการผลิตมีราคาสูง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ทำให้ผลผลิตต่ำ และมีการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตของเกษตรกร (Changharn District Administrative Office, 2019)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการหาแนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด โดยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร สภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขายเมล็ดพันธุ์ข้าว แนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง รวมถึงปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะของเกษตรกร เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและนำไปสู่การหาแบบวิถีการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรให้เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดแก่เกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) รวบรวมข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลจากเอกสาร เก็บข้อมูลภาคสนาม และเก็บรวบรวมข้อมูล จากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) และการจัดสัมภาษณ์เชิงปฏิบัติการด้วยเทคนิค AIC จำนวน 50 คน เป็นคณะกรรมการ 15 คน เป็นสมาชิก 20 คน เกษตรกรใน บ้านดงยางที่ไม่ได้เป็นสมาชิกวิสาหกิจชุมชนและมีพื้นที่ การเกษตรใกล้เคียงสมาชิกวิสาหกิจชุมชนที่ทำแปลง ขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว จำนวน 5 คน นักวิชาการส่งเสริม การเกษตร สำนักงานเกษตรอำเภอจันทาร 2 คน นักพัฒนาชุมชน สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอจันทาร 2 คน นักวิชาการเกษตร ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวร้อยเอ็ด จำนวน 6 คน วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพ (qualitative method) โดยได้ทำการวิเคราะห์และการสรุปข้อมูลไป พร้อมๆ กับการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึก เรื่องราวต่างๆ ตามสภาพแวดล้อม ตามความเป็นจริงที่ เกิดขึ้น แล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ความเป็นเหตุเป็นผล จากการดำเนินงานโดยใช้การวิเคราะห์ตามการบริหาร จัดการด้านต่างๆ จากการหาแนวทางการพัฒนาวิสาหกิจ ชุมชนการจัดการการผลิต ใน 5 ปี ผลวิเคราะห์หาผลสรุป และรายงานผลการวิจัยในรูปของการบรรยายเชิง พรรณนา

ผลการการศึกษา

1. ข้อมูลพื้นฐานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปลงขยาย เมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ตำบลดินดำ อำเภोजันทาร จังหวัดร้อยเอ็ด

1.1 ลักษณะพื้นฐานด้านสังคม ของสมาชิกวิสาหกิจ ชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ม.14 ผล การศึกษาพบว่า มีสมาชิกทั้งหมด 35 คน เป็นชาย 22 คน เป็นหญิง 13 คน ส่วนใหญ่ อายุ 51-60 ปี ร้อยละ 42.86 รองลงมา คือ 41-50 ปี ร้อยละ 31.43 โดยมีอายุ เฉลี่ย 57 ปี ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่จบชั้นประถมศึกษา กว่า ร้อยละ 68.57 รองลงมา คือ ระดับมัธยมปลาย ร้อย ละ 17.14 จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 4 คน แต่ไป ทำงานต่างจังหวัด ที่เหลือมี 2 คน ที่ทำการเกษตร ส่วน ใหญ่เป็นสมาชิก ธ.ก.ส. ร้อยละ 85.71 การดำรงตำแหน่ง ทางสังคม ส่วนใหญ่ไม่ได้ดำรงตำแหน่งทางสังคม แต่มี สมาชิกวิสาหกิจชุมชนที่เป็นผู้ใหญ่บ้าน 1 คน และผู้ช่วย ผู้ใหญ่บ้าน 2 คน

1.2 ลักษณะพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ ของสมาชิก วิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ม.14 ผลการศึกษาพบว่า ประกอบอาชีพ ทำนา และรับจ้าง ทั่วไป มีรายได้ในการประกอบอาชีพครัวเรือน ส่วนใหญ่ 50,001-100,000 บาท รองลงมา 100,001-150,000 บาท พื้นที่นาส่วนใหญ่ จำนวน 11-15 ไร่ รองลงมา จำนวน 5-10 ไร่ มีการทำนาปี ร้อยละ 100 นาปรัง ร้อย ละ 34 การปลูกข้าวปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ร้อยละ 100 กข. 6 ร้อยละ 82 ข้าวไม่ไวแสง กข. 49 และ กข. 10 ร้อยละ 34 ภาระหนี้สินครัว ส่วนใหญ่ มากกว่า

150,001บาท คิดเป็นร้อยละ 66 รองลงมาคือ 50,001-100,000 บาท คิดเป็นร้อยละ14 แหล่งเงินทุนกู้ทั้งหมดกู้จาก ธ.ก.ส. ร้อยละ 100 รองลงมาคือ กองทุนหมู่บ้าน ร้อยละ 32

2.การจัดการการผลิตของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ตำบลดินดำ อำเภोजังหวัดร้อยเอ็ด มีทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน จากการศึกษาพบว่า มีการวางแผนนำเทคโนโลยีมาใช้ในการลดต้นทุนการผลิต คือใช้เทคโนโลยีเครื่องหยอดเมล็ดข้าว ใช้เมล็ดพันธุ์ 8 กิโลกรัมต่อไร่ แก้ไขปัญหาเรื่องดินขาดความอุดมสมบูรณ์ โดยการไถกลบตอซังและปลูกพืชปุ๋ยสด บูรณาการกับหน่วยงานภาครัฐ และภาคีเครือข่ายด้านการวางแผนการผลิต และการตลาด การปฏิบัติงานตามแผน และการประเมินผล การจัดการองค์กร มีสมาชิก ทั้งหมด 35 คน เป็น คณะกรรมการ 10 คน เป็นสมาชิก 25 คน มีโครงสร้างการบริหารงาน และแบ่งหน้าที่กัน อย่างชัดเจน มีการจัดการทรัพยากรบุคคล คัดเลือกคุณสมบัติบุคคลเข้ามาเป็นสมาชิก

2.2 การบริหารจัดการด้านการผลิต จากการศึกษาพบว่า วิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว ตั้งอยู่เลขที่ 122 บ้านดงยาง ม 14 ตำบลดินดำ อำเภोजังหวัดร้อยเอ็ด มีการจัดหาปัจจัยการผลิตให้กับสมาชิก เช่น เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย เป็นต้น ที่ทำการกลุ่ม ใช้บริเวณที่บ้านของรองประธานวิสาหกิจชุมชน โดยชั้นบน เป็นที่อยู่อาศัย ชั้นล่างเป็นที่ทำการกลุ่ม และเก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ มีแผนกำหนดและควบคุมการผลิต มีกระบวนการผลิต และการจัดการแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว มีการ

ควบคุมคุณภาพการผลิต เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีความบริสุทธิ์มากที่สุด และมาตรฐานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

2.3 การบริหารจัดการด้านการตลาด จากการศึกษาพบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ ได้รับการออกแบบ โลโก้ กระสอบ จากโครงการบริการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ได้รับสนับสนุนจากโครงการนาแปลงใหญ่ ด้านราคา และช่องทางการตลาด จากการประเมินราคาของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวร้อยเอ็ด ประเมินได้เกรด A ขายได้ในราคา 21.90 บาท จำนวน 97.68 ตัน เป็นเงิน 2,139,192 บาท และขายให้กับ โครงการนาแปลงใหญ่ ชื่อเมล็ดพันธุ์เพื่อมอบให้กับผู้ประสบภัยน้ำท่วม ปี 2562 จำนวน 40 ตัน ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท เป็นเงิน 400,000 บาท ที่เหลือบรรจุกระสอบขายให้กับเกษตรกรทั่วไป

2.4 การบริหารจัดการด้านการเงินและการบัญชีพบว่า วิสาหกิจชุมชน มีการระดมทุนจากสมาชิก คนละ 500 บาท และ กู้เงิน จาก ธ.ก.ส. เพื่อซื้อรถแทรกเตอร์มาบริการในราคาสมาชิก และรับจ้างเกษตรกรทั่วไป ด้านการบัญชี มีคณะกรรมการที่เป็นตำแหน่งற்றுญิกในการดูแลเรื่องการเงิน มีการจดบันทึก รายรับ – รายจ่าย การดำเนินกิจกรรมต่างๆของ วิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง

3. การค้นหาปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา การผลิตของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง

3.1 สมาชิกประสบปัญหาในตากเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญ หลังการเก็บเกี่ยว ต้องลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ให้ได้ความชื้นร้อยละ11-12 เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สมาชิกต้องนำเมล็ดพันธุ์

ไปตากบนถนน และลานดิน เกิดปัญหาต้องระวัง
สิ่งเจือปน และเมล็ดพันธุ์ข้าวอื่นปน

3.2 สมาชิกประสบปัญหาในเรื่องของต้นทุนการ
ผลิต เมล็ดพันธุ์ข้าว ปุ๋ย วัสดุปรับปรุงบำรุงดินที่มีราคาสูง

3.3 ปัญหาการเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวเนื่องจากสมาชิก
ส่วนใหญ่ไม่มียุ้งฉาง ต้องบรรจุใส่กระสอบและเก็บไว้ที่
ใต้ถุนบ้าน มีความเสี่ยงต่อการเกิดความชื้นและทำให้
เมล็ดพันธุ์ข้าวเสื่อมคุณภาพ

3.4 เนื่องจากสมาชิกส่วนใหญ่ มีอายุมาก และ
ต้องยกกระสอบป่านที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ให้กับศูนย์เมล็ด
พันธุ์ข้าวร้อยเอ็ดที่มีน้ำหนักสูงถึง 82 กิโลกรัม

3.5 มีปัญหาเรื่องไม้ที่จำหน่ายสินค้าเกษตรของ
ชุมชน ถ้ามีแหล่งรวบรวมสินค้าและวางจำหน่ายสินค้า
ของสมาชิกทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น

3.6 ปัญหาเรื่องการเก็บเกี่ยวข้าว เนื่องจาก
กระบวนการปฏิบัติของการทำแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ต้อง
มีความบริสุทธิ์ของพันธุ์สูงไม่มีพันธุ์ปนถ้าใช้แรงงานคน
เกี่ยวข้าว แปลงข้าวที่ร่อนเกี่ยวเพราะต้องรอแรงงานที่มี
อยู่น้อย จนข้าวแห้งกรอบ เพิ่มความลำบากในการจัดการ
เมล็ดพันธุ์ข้าวแห้งและร่วง ทำให้สูญเสียปริมาณเมล็ด
พันธุ์ข้าวบางส่วนไป

3.7 ในการทำแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อไม่ให้
มีวัชพืช ง่ายในการตัดพันธุ์พันธุ์ สมาชิกเลือกวิธีการดำนา
แต่ยังประสบปัญหาในเรื่องของแรงงาน ส่วนใหญ่สมาชิก
ก็เป็นผู้สูงอายุ

3.8 วิสาหกิจชุมชนมีการจัดตั้งเป็นกลุ่ม มาเกือบ
13 ปี มีความพยายามพัฒนาในด้านต่างๆ ทั้งในเรื่องการ
เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนให้กับสมาชิก จัดหาปัจจัยการผลิต
เพื่อบริการให้สมาชิก การขนส่งผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไปขาย

และสร้างเครือข่ายการตลาด แต่ประสบปัญหาเรื่องความ
ไม่สะดวกไม่มีรถขนส่ง ต้องเช่าเป็นครั้งคราว บางครั้ง
เจ้าของรถไม่สะดวกก็ต้องรอ ทำให้การดำเนินงานล่าช้า
ไม่ได้ตามเป้าที่กำหนด

**4. แนวทางพัฒนาการจัดการจัดการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว
วิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว หมู่ 14
ตำบลดินคำ อำเภोजังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด จากการจั
กระบวนการกลุ่มวิเคราะห์และวางแผนแบบมีส่วนร่วม
เทคนิค AIC มี 3 ด้าน คือ**

4.1 ด้านการผลิต โดยจัดทำโครงการใช้ปุ๋ยลด
ต้นทุนการผลิต (ปุ๋ยสั่งตัด) เพื่อให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีตาม
สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่และความ
ต้องการของพืช ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุน
การผลิตอันเนื่องจากปุ๋ยเคมี และเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุ
ให้แก่ดิน โดยให้มีการขับเคลื่อนการใช้ปุ๋ยเพื่อลดต้นทุน
การผลิตที่บริหารจัดการโดยวิสาหกิจชุมชน และทำหน้าที่
ให้บริการสมาชิกและชุมชนในการตรวจวิเคราะห์ดิน ให้
คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยเบื้องต้น และรวบรวม
ความต้องการใช้แม่ปุ๋ยของสมาชิกและสั่งซื้อจากแหล่งที่มี
คุณภาพดี ราคาถูก ให้สมาชิกได้ใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำได้
ถูกต้อง

4.2 ด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โดยจัดทำ
โครงการลานตากข้าวคอนกรีต เพื่อการจัดการคุณภาพ
ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งเมล็ดพันธุ์คุณภาพ
ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ไม่มีสิ่งเจือปน เช่น
เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กววด หิน ดิน ทราย สิ่งเหล่านี้จะ
ดูความชื้นทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความชื้นสูงขึ้นด้วย การ
ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลดความชื้นโดยการตาก

แตดบนลานตากคอนกรีต สามารถลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้เป็นอย่างดีป้องกันสิ่งเจือปน และทำความสะอาดได้ง่าย

4.3 ด้านการตลาด โดยจัดทำโครงการจัดซื้อรถกระบะเพื่อขนส่งเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นการเพิ่มโอกาสการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวของสมาชิก ให้มีความสามารถในการกระจายเมล็ดพันธุ์ดีที่มีคุณภาพสู่มือของเกษตรกรผู้ใช้เมล็ดพันธุ์ และผู้ประกอบการในพื้นที่ ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชน เสริมสร้างความเข้มแข็ง และพัฒนาให้เป็น Smart Group สามารถบริหารจัดการกลุ่ม พัฒนาผลิตภัณฑ์ และก้าวสู่การเป็นผู้ประกอบการที่เข้มแข็งในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับ Chaturongkul (1999) ได้ให้ความหมายของการบริหารการตลาดไว้ว่า การบริหารการตลาดเป็นกระบวนการการวางแผนและบริหาร การคิดค้น การวางราคา การส่งเสริมการตลาด และการจัดจำหน่าย ความคิดสินค้าและบริการ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเพื่อตอบสนองเป้าหมายของบุคคลและองค์การ และ Sethabut and Wattanapanich (1996) กล่าวว่า การบริหารการตลาด หมายถึง การวิเคราะห์การวางแผน การปฏิบัติงานและควบคุมโปรแกรมการตลาดที่จะนำมาซึ่งความพอใจจากการแลกเปลี่ยนกับตลาดเป้าหมาย เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ ซึ่งสอดคล้องกับ Rice Department (2017) ได้กล่าวว่า การวางแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ในแต่ละพันธุ์ข้าว จัดทำขึ้นจากการประชุมของผู้เกี่ยวข้องโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานหลายด้าน ได้แก่ ความต้องการทางตลาด ราคา สภาพพื้นที่ในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์พันธุ์ที่ดำเนินการผลิต การกำหนดช่วงเวลาและเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมกับช่วงเวลาความต้องการของลูกค้า สภาพอากาศที่เหมาะสมกับการผลิต แหล่งที่มาและปริมาณ

เมล็ดพันธุ์ที่ใช้จัดทำแปลงขยายพันธุ์ วัสดุอุปกรณ์และเงินทุน ตลอดจนบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญทำหน้าที่ในการให้คำแนะนำติดตามกำกับการจัดทำแปลงขยายพันธุ์ของเกษตรกรให้มีคุณภาพได้มาตรฐาน เน้นหนักในด้านสนองความต้องการของตลาดเป้าหมาย และต้องให้เกิดความพอใจด้วย โดยการกำหนดราคา การสื่อสาร และการจัดจำหน่ายอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อบอกกล่าว กระตุ้นและสนองความต้องการของตลาดนั้นๆ รวมทั้งเป็นกลไกสำคัญของการเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานราก เพื่อพัฒนาระดับองค์กรเกษตรกรขั้นพื้นฐานสู่การเป็นผู้ประกอบการเชิงธุรกิจวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมต่อไป

สรุปผลการศึกษา

สมาชิกวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านดงยาง ส่วนใหญ่ประสบปัญหาในตากเมล็ดพันธุ์ข้าว ต้นทุนการผลิตสูง ไม่มีโรงเก็บข้าว ในการรวบรวมผลผลิตสมาชิกมีอายุมากทำให้ยกกระสอบข้าวไม่ไหว ไม่มีแหล่งจำหน่ายสินค้าเกษตรของวิสาหกิจชุมชน ขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวข้าว ค่าแรงแพง และขาดรถขนส่งทางการเกษตร จึงมีการเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยการสร้างลานตากข้าว โรงเก็บผลิตเมล็ดพันธุ์ จัดอบรมให้ความรู้กระตุ้นให้มีการใช้ปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุน และจัดหาแม่ปุ๋ย เพื่อสนับสนุนกิจกรรมของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว ซื้อมอเตอร์รถกระบะ เป็นรถโฟล์คลิฟท์ เพื่อช่วยยกกระสอบข้าว ซื้อมอเตอร์รถบริการให้กับสมาชิก ซื้อมอเตอร์รถกระบะเพื่อใช้งานในกิจกรรมของวิสาหกิจชุมชน และสร้างศูนย์จำหน่ายสินค้าเกษตร

ให้กับสมาชิกและชุมชนได้มาใช้บริการ นำสินค้ามาขาย เพื่อให้เกิดรายได้ในชุมชนและยังเป็นการสร้างชื่อเสียงให้กับชุมชนอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึง การจัดการ การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งข้อมูลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งแนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว บ้านดงยาง โดยมีรายละเอียดข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ด้านการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน ควรมีการกำหนดภารกิจและวิสัยทัศน์ที่ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ และควรมีการปรับปรุงตั้งกฎระเบียบและข้อบังคับให้สอดคล้องกับสภาวะปัจจุบันและระบุไว้เป็นลายลักษณ์อักษร ในการทำงานควรมีการกระจายงานโดยให้สมาชิกได้รับการแต่งตั้งได้ทำหน้าที่ของแต่ละฝ่ายตามที่กำหนดไว้

2. ด้านการบริหารจัดการการผลิต ปัญหาที่พบคือ ต้นทุนการผลิตสูง ควรรณรงค์ให้สมาชิกมีการใช้ปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุน และการรวมกันซื้อปัจจัยการผลิตเนื่องจากการจัดซื้อวัสดุการเกษตรปริมาณมากสามารถซื้อได้ในราคาส่ง และเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยการตากข้าวเพื่อลดความชื้น เป็นการรักษาคูณภาพเมล็ดพันธุ์ และป้องกันการปนเปื้อนสิ่งเจือปน

3. ด้านการบริหารจัดการการตลาด เนื่องจากการขายเมล็ดพันธุ์ข้าวสมาชิกสามารถขายได้ในราคาที่สูงกว่า

ควรทำแผนการตลาดให้สมาชิกสามารถขายเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ทั้งหมดที่มีการผลิตในรอบฤดูกาลผลิต โดยมีการเชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่างกลุ่มเกษตรกร ในพื้นที่ใกล้เคียง ทั้งภาครัฐและเอกชน ให้สามารถกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ทันเวลาในแต่ละฤดูกาลผลิต และการบริการส่งเมล็ดพันธุ์ให้กับลูกค้า

4. การบริหารจัดการด้านการเงินและบัญชี ในการทำบัญชีของกลุ่มยังขาดความชัดเจนในเรื่องของระบบบัญชี ควรหาผู้ช่วยหรือที่ปรึกษาที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องของการเงินและการบัญชี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเนื่องจากวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ยังมีกิจกรรมภายในกลุ่มหลายกิจกรรม ควรมีการแยกบัญชีในการบริหารจัดการด้านการเงิน และการทำบัญชีลงทะเบียนคุมของแต่ละโครงการให้ชัดเจน

แนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว บ้านดงยาง จากการจัดกระบวนการแบบมีส่วนร่วม โดยใช้เทคนิค AIC มีแนวทางการพัฒนาที่สมาชิกต้องการแก้ไข ปัญหาเร่งด่วน ที่สมาชิกมีความต้องการมากที่สุด คือ การสร้างลานตากข้าวคอนกรีตควรมีการเร่งดำเนินการ โดยสามารถบูรณาการกับโครงการพัฒนาหมู่บ้านได้ เนื่องจาก สามารถปรับเปลี่ยนเป็นลานอเนกประสงค์ ออกกำลังกาย เล่นกีฬา ให้กับชุมชน และสามารถตากข้าวในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ รองลงมา คือ การลดต้นทุนการผลิตโดยการรณรงค์ให้หันมาใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกันทุกครัวเรือนที่เป็นเกษตรกร ช่อมแซมเครื่องผสมปุ๋ยให้พร้อมในการใช้งานเพื่อสะดวกในการผสมปุ๋ยของเกษตรกร และความต้องการอันดับสาม คือ ต้องการรถขนส่งผลผลิตทางการเกษตรและใช้บริการ

สมาชิกและลูกค้า เป็นการสร้างความเข้มแข็งในทาง
การตลาดในการขนส่งสินค้าได้อย่างรวดเร็วและได้ดี
ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ได้ด้วย
อนุเคราะห์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ
ทวีกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณ วิสาหกิจชุมชน
กลุ่มแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว บ้านดงยาง สำนักงานเกษตร
อำเภอจังหาร สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด ศูนย์เมล็ด
พันธุ์ข้าวร้อยเอ็ด ที่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
และอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์ได้ จึง
ใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

References

- Board of Directors Develop the National Economy and Society. 2017. The situation of community enterprises in Chang Han District in 2019 *In* The 12th National Economic and Social Development Plan, Chang Han District Agricultural Office. [Accessed April 30, 2019]
Available from: URL: http://smce.doe.go.th/smce1/report/report_doc_serv_prod.php. (in Thai)
- Changharn District Administrative Office. 2019. Changharn District Development Strategy 2019. Policy and Planning. Office of the Deputy District Chief Changharn (in Thai)
- Changharn District Agricultural Office 2019. Changharn District Agricultural Extension and Development Plan in 2019. Changharn District Agricultural Office. (in Thai)
- Chaturongkul, A. 1999. Marketing Management: Strategy and Tactics. Bangkok: Thammasat University Press. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. 2017. Department of Agricultural Extension Strategic Plan. Department of Agricultural Extension. [Accessed September 15, 2019] Available from: URL: <http://plan.doe.go.th/WebPlannig/Gp/6.pdf> (in Thai)
- Rice Department. 2017. Rice Seed Production. Bangkok. The Agriculture Co-operative Federation of Thailand. (in Thai)
- Sethabut, A., and Wattanapanich, S. 1996. Marketing Management. 9th ed. Bangkok: Thammasat University Press. (in Thai)

ลักษณะทางสังคมนิเวศที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา ในจังหวัดกาฬสินธุ์

จรรยา สัตตานุสรณ์¹ ไชยธีระ พันธุ์ภักดี^{2*} และ สุกัลยา เขียวขวัญ²

¹สถาบันพัฒนาที่ดินจังหวัดเลย ตำบลศรีสองรัก อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42100

²ภาควิชาส่งเสริมการเกษตรและเกษตรเชิงระบบ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อ.เมือง จ.ขอนแก่น 4002

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสังคมนิเวศ ได้แก่ ระดับการศึกษา, อายุ, จำนวนแรงงานในครัวเรือนและพื้นที่ปลูก ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกร 130 คนที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกพุทรากับเทศบาลตำบลโพน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัยตามวิธีการของ Taro Yamane เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม 2561 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) เพื่อคำนวณความถี่ ร้อยละ ค่าสูงสุด ต่ำสุด เฉลี่ย และคะแนนพฤติกรรม โดยนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายผลการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะทางสังคมนิเวศที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ประเด็นเกษตรกรที่จบการศึกษาสูงกว่าชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยการตรวจความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนใช้สารสูงกว่าเกษตรกรที่จบการศึกษาไม่เกินชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ขณะที่พฤติกรรมขณะใช้และหลังการใช้สารไม่แตกต่าง เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยคือข้อมูลเชิงประจักษ์ สำหรับวางแผนอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม เพื่อประโยชน์ทางสุขภาพของเกษตรกรและความยั่งยืนของการผลิตพุทราและสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: พุทรา, พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช, ลักษณะทางสังคมนิเวศ และ จังหวัดกาฬสินธุ์

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chaitpa@kku.ac.th

Social-Ecological Characteristics Influence the Pesticide Application Behaviors of Jujube Farmers in Kalasin Province

Janya Sattanusorn¹, Chaiteera Panpakdee^{2*} and Sukanlaya Choenkwan²

¹Land Development Station Officer 8 (Loei), Sri Song Rak Sub-district, Muang District, Loei 42100, Thailand

²Department of Agricultural Extension and System Approaches, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Muang District, Khon Kaen 40002, Thailand

Abstract

This research's objectives were aimed to investigate jujube farmers' social-ecological factors of age, educational level, availability of household labor, farming experience, and land used size for production that influence the pesticide application behavior. The informants were 130 jujube farmers, who had been registered jujube agriculturists with Pon Municipal District, Kammuang District, Kalasin Province. They were selected by a simple random sampling method of Taro Yamane. To gather data, the informants were interviewed with a questionnaire taken place from July to October 2018. Then, the data were statistically analyzed with the help of Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) to compute frequencies, distributions, and percentage, maximum and minimum values including the behavior score. According to the finding, the difference of the informants' social-ecological characteristics had significantly affected the way of pesticide application in various aspects. For example, the informants, who have graduated higher than the Elementary Grade 6, have a better score in checking the condition and readiness of their chemical sprayed instruments before using in comparison with others who were educational accomplishment lower than that. Therefore, the research's benefits are the empirical information available to design on how to train farmers applying agricultural chemicals appropriately based on knowledge. Consequently, not only jujube farmers' healthy physiques will be secured but also the sustainability of jujube production and Thai environments.

Keywords: jujube, pesticide application behaviors, social-ecological characteristics and Kalasin Province

* Corresponding author: E-mail: chaitpa@kku.ac.th

บทนำ

พุทราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญประเภทหนึ่งของประเทศไทย เพราะเป็นผลไม้ที่บริโภคได้ทั้งในรูปผลสดและผลแห้ง นอกจากนี้ความนิยมของพุทรายังเกิดจากการที่เป็นผลไม้ที่สามารถออกดอกติดผลได้เกือบตลอดปี ซึ่งมีศักยภาพในการสร้างรายได้แก่เกษตรกรโดยประมาณ 39,440.40 บาทต่อไร่ (Sukrung, 2013) สายพันธุ์ที่นิยมปลูกมี 2 สายพันธุ์ คือ พุทรากจีน (Chinese jujube) และพุทราอินเดีย (Indian jujube) โดยในปี พ.ศ.2559 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกพุทราทั้งสิ้น 11,306 ไร่ ใน 44 จังหวัด มีจำนวนเกษตรกรผู้ปลูก 1,938 ราย และจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 3 จังหวัดแรก ได้แก่ กาญจนบุรี กาฬสินธุ์ และสมุทรสาคร (Information Technology and Communication Center, Department of Agricultural Extension, 2016)

แม้พุทราจะเป็นไม้ผลที่สร้างรายได้และให้ผลผลิตตลอดทั้งปี แต่ในเวลาเดียวกันเกษตรกรก็ต้องประสบกับปัญหาการรบกวนจากสารพัดแมลงศัตรูพืชเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะแมลงวันผลไม้ หนอนแดงพุทราและราแป้ง ที่สร้างความเสียหายแก่พุทราในระยะออกดอกและติดผล (Paradornuwat, 2010) ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ ทั้งการหายใจและซึมผ่านทางผิวหนัง หากเกษตรกรคนใดสัมผัสกับสารเหล่านี้ต่อเนื่อง ก็จะทำให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบ และอาจเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ เพราะสารเมโทมิล (Methomyl) ในสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดมีผลให้ฮอร์โมนเพศชายเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ลดลง (Food and Drug Administration, 1998)

มีการเปิดเผยข้อมูลว่า เฉลี่ยแล้วเกษตรกรไทยป่วยจากพิษสารกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ ราว 1,800 คนต่อปี

ซึ่งมีทั้งพิษแบบเฉียบพลัน (Acute toxicity) เช่น คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะ และพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity) จำพวกมะเร็งและระบบประสาท ข้อมูลนี้ยังได้รับการยืนยันความน่าเชื่อถือจากผลการตรวจเลือดเกษตรกรไทยที่ผลบ่งชี้ว่ายังอยู่ในเกณฑ์น่าเป็นห่วง เพราะมีเกษตรกรมากกว่า 4 ล้านคน ที่มีความเสี่ยงจะป่วยจากโรคเรื้อรังดังกล่าว นอกจากนั้น ในรายงานฉบับเดียวกันยังระบุเพิ่มเติมด้วยว่า ผลผลิตการเกษตรที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดไทย พบการตกค้างของสารพิษอันตรายที่นานาชาติห้ามใช้ (Bureau of Quality and Safety of Food, 2018) จากข้อเท็จจริงนี้ ไม่เพียงแต่เกษตรกรซึ่งถือเป็นต้นน้ำของการผลิตที่เสี่ยงต่ออันตรายด้านสุขภาพเท่านั้น ผู้บริโภคที่อยู่ปลายน้ำของห่วงโซ่อุปทาน (supply chain) สินค้าเกษตรเองก็เสี่ยงด้วยเช่นเดียวกัน เพราะการล้างผักผลไม้ด้วยน้ำส้มสายชูหรือโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) ทำได้เพียงลดปริมาณสารพิษที่อยู่ข้างนอก แต่สำหรับสารที่ถูกดูดซึมเข้าไปภายในลำต้น ใบ ดอกและผลแล้ว การล้างด้วยสารข้างต้นไม่อาจจะล้างสารพิษได้ แต่ที่รับประทานเข้าไปแล้วไม่แสดงอาการก็เพราะระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย (Immune system) ที่ยังแข็งแรงช่วยต้านทานไว้ (Timprasert *et al.*, 2014)

ตำบลโพธิ์ อำเภอดำม่วง เป็นพื้นที่ปลูกพุทราที่สำคัญของจังหวัดกาฬสินธุ์ เพราะมีสภาพภูมิศาสตร์เอื้อต่อการทำสวน เช่น เป็นพื้นที่ราบลุ่มและมีลำห้วยเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาภูพานไหลลงมาทิศใต้มารวมกันที่เขื่อนลำปาว ข้อมูลจากสำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดกาฬสินธุ์ในปี พ.ศ. 2554 และสำนักงานเทศบาลตำบลโพธิ์ ปี พ.ศ. 2561 ระบุว่าตำบลโพธิ์มีเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา 342 คนบนเนื้อที่ 1,662 ไร่ สามารถส่งผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณ 5,600 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่า 80 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม วิธีปลูกพุทราของเกษตรกรตำบลโพธิ์ก็ไม่

ต่างจากผู้ปลูกพุทราในภูมิภาคอื่นๆ คือใช้สารกำจัดศัตรูพืชเข้มข้น ถึงขนาดที่ชาวบ้านมีคำพูดล้อเลียนว่า “พุทราภาพสินธุ์ซื้อฝากได้ แต่ซื้อกินไม่ได้” ก็เพราะการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในสวนพุทรานั้นเอง ที่สำคัญผลการตรวจหาสารพิษในเลือดเกษตรกรที่ปลูกพุทราในตำบลโพนเมื่อปี พ.ศ. 2557 ยังเป็นอีกหนึ่งข้อมูลที่เน้นให้เห็นถึงข้อกังวลข้างต้น เพราะผลการตรวจพบว่ามีเกษตรกรกว่า 57% ที่ระดับความเข้มข้นของสารพิษในร่างกายอยู่ในเกณฑ์อันตราย (Public Relations Office of Kalasin Province, 2011; Phon Subdistrict Municipality Office, 2018)

จากข้อมูลดังกล่าวมาทั้งหมด พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่ปลูกพุทราในตำบลโพน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จึงเป็นประเด็นการวิจัยที่น่าสนใจ เพราะผลลัพธ์ไม่เพียงแต่ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช แต่ยังได้คำแนะนำเพื่อกำหนดแนวทางการลด-ละ-เลิก และวิธีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมถูกต้องตามหลักวิชาการอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยได้ดำเนินการศึกษาที่ตำบลโพน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ เกษตรกรผู้ปลูกพุทราจำนวน 130 คนจาก 342 คนที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกพุทราในปี 2560-2561 กับเทศบาลตำบลโพนและมีพื้นที่ปลูกพุทราต่อรายมากกว่า 1 ไร่ โดยจำนวน 130 คนนั้น ได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัยตามวิธีการของ Yamane (1967) ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง (Error) ได้ 7% เพราะทั้งหมดเป็นประชากรที่มีลักษณะพื้นฐานทางสังคมนิเวศคล้ายกัน (Chantrasuwan and Buatuan, 1995)

ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยใช้แบบสอบถามที่ประกอบด้วยคำถามแบบปิด (Closed-ended question) และคำถามแบบเปิด (Open-ended question) เพื่อรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม และพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยแบบสอบถามนี้ได้ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงและคุณภาพกับประชากรที่มีลักษณะคล้ายจำนวน 30 คน แต่ไม่ใช่ประชากรกลุ่มเป้าหมาย (Target population) และได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาช (Cronbach co-efficiency alpha : α) ที่ระดับ 0.807 หมายถึงมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงได้ (Kanjanaawasee, 2001)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) เพื่อคำนวณค่าความถี่ (frequencies) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าเฉลี่ย (mean) รวมถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Scheffé test เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ด้วยการนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายพฤติกรรม (Srisa-ard, 1989) โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวนำไปวิเคราะห์ t-test และ F-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% เพื่อหาคำตอบว่าลักษณะทางสังคมนิเวศของเกษตรกรมีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารฯ ของเกษตรกรอย่างไร

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางสังคมนิเวศของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา

ลักษณะสังคมนิเวศของเกษตรกรผู้ปลูกพุทราตำบลโพนแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง (60.80%) และเป็นสังคมผู้สูงอายุ (aged society) แบบเดียวกับเกษตรกรในระบบการผลิตอื่นๆ ของไทย (Sukrung, 2013) เพราะ 54 คน

(41.50%) มีอายุสูงกว่า 50 ปี ขณะที่เหลือ 76 คน (58.50%) มีอายุต่ำกว่า 50 ปี ระดับการศึกษา เกษตรกรส่วนใหญ่ 96 คน (73.80%) จบการศึกษาต่ำกว่าประถมศึกษาปีที่ 6 มีเพียงแค่ 34 คน (26.20%) ที่จบการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษาปีที่ 6 จากข้อมูลยังระบุด้วยว่า เกษตรกรเหล่านี้มีการใช้แรงงานภายใน

ครัวเรือนทุกคน โดยที่ 76 คน (58.50%) มีแรงงานครัวเรือนไม่เกิน 2 คน 51 คน (39.20%) มีสมาชิกครอบครัวที่มาช่วยงานในสวนพุทราจำนวน 3-4 คน และมีเพียง 3 คน (2.30%) เท่านั้น ที่มีแรงงานในครัวเรือนมากกว่า 5 คน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Jujube farmers' social-ecological characteristics

Content	No. (n=130)	%
1. Sex		
- Male	51	39.20
- Female	79	60.80
2. Age (year old)		
- < 50	76	58.50
- > 50	54	41.50
3. Marital status		
- Single	1	0.80
- Married	126	96.90
- Divorced	3	2.30
4. Educational accomplishment		
- Lower primary school	96	73.80
- Higher than primary school	34	26.20
5. Household number (person)		
- < 4	28	21.60
- 4-5	64	49.20
- > 6	38	29.20
6. Household labor (person)		
- < 2	76	58.50
- 3-4	51	39.20
- > 5	3	2.30

2. พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูก

พุทรา

Table 2 แสดงพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตามอายุเกษตรกรที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) เกษตรกรที่อายุน้อยกว่า 50 ปี และ (2) เกษตรกรที่อายุมากกว่า 50 ปี

คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการใช้สารฯ ของเกษตรกรทั้ง 2 กลุ่ม ที่ได้จากการทดสอบ t-test พบว่า เกษตรกรที่อายุต่างกัน มีพฤติกรรมการใช้สารฯ ไม่เหมือนกัน โดยพฤติกรรมก่อนการใช้สารฯ พบว่าจาก 6 วิธีปฏิบัติ มี 1 วิธี

ที่เกษตรกรที่มีอายุไม่เกิน 50 ปี มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกษตรกรที่อายุมากกว่า 50 ปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นั่นคือ การเลือกชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชให้ตรงกับชนิดของศัตรูพืช สำหรับพฤติกรรมขณะใช้สารฯ ผลทางสถิติชี้ว่าใน 6 วิธีปฏิบัติ เกษตรกรทั้ง 2 ช่วงอายุไม่แตกต่างกัน ขณะที่พฤติกรรมหลังการใช้สารฯ ที่ประกอบด้วย 6 วิธีปฏิบัติ แตกต่างกัน 1 ประเด็น คือ เกษตรกรที่มีอายุมากกว่า 50 ปี จะมีค่าเฉลี่ยคะแนนการทำความสะอาดอุปกรณ์พ่นสารฯ สูงกว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อยกว่า

Table 2 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by age

Content	Age (years old)				t
	< 50 (n=76)		> 50 (n=54)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors before using pesticides					
1) To inspect the damage level done by insects and pests before deciding to use pesticides.	1.78	0.45	1.57	0.74	1.783
2) To determine the type of pesticide to appropriately suit the species of insects and pests.	1.92	0.27	1.74	0.59	2.098*
3) To use shelf-life pesticides only	1.82	0.56	1.85	0.49	0.381
4) To carefully read the pesticide label before using every time.	1.95	0.23	1.93	0.33	0.442
5) To mix the pesticides according to the instructions shown on the label.	1.71	0.56	1.76	0.51	0.506
6) To check the readiness of pesticide spraying equipment before using every time.	1.86	0.48	1.83	0.47	0.259

Table 2 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by age (continue)

Content	Age (years old)				t
	< 50 (n=76)		> 50 (n=54)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors while using pesticides					
1) To accouter protective equipment such as mask and glove while using pesticides	2.00	0.00	1.94	0.23	1.766
2) To accouter the protective shoes while using pesticides	2.00	0.00	1.96	0.27	1.000
3) Do not drink water while using pesticides	1.88	0.43	1.96	0.27	1.317
4) To always maintain the upwind position while using pesticides	1.86	0.35	1.83	0.42	0.321
5) To immediately cease using pesticides in case of allergic reactions emerged	1.83	0.55	1.70	0.72	1.077
6) To take away children and pets from the area where pesticides are being using	1.95	0.32	1.94	0.30	0.052
Behaviors after using pesticides					
1) To thoroughly clean every piece of equipment	1.53	0.76	1.78	0.57	2.157*
2) To dump residual pesticides into the soil pit	0.30	0.67	0.46	0.79	1.207
3) To thoroughly clean the body after using pesticides.	2.00	0.00	1.96	0.27	1.000
4) To leave the substances of pesticides at the field	0.86	0.98	0.96	0.95	0.627
5) To get rid of the substance with embedding into the soil	0.36	0.71	0.52	0.84	1.164
6) To separately retain pesticides and its associated equipment	1.93	0.30	1.93	0.32	0.139

Note: *statistically significant difference at the .05 level; ** Statistically significant difference at the .01 level;

*** Statistically significant difference at the .001 level.

ผลการทดสอบสมมติฐานว่า ระดับการศึกษาของเกษตรกรมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหรือไม่ จากผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมก่อนใช้สารกำจัดศัตรูพืชนั้น เกษตรกรที่จบการศึกษาสูงกว่าประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยด้านการตรวจความพร้อมของอุปกรณ์พ่นสารฯ สูงกว่า เกษตรกรที่จบ

การศึกษาไม่เกินประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ขณะที่พฤติกรรมขณะใช้และพฤติกรรมหลังใช้สารกำจัดศัตรูพืช พบว่าไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระดับการศึกษาของเกษตรกรไม่มีผลต่อการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรทั้ง 2 ช่วงเวลา ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by educational accomplishment

Content	Educational accomplishment				t
	Lower primary school		Higher than primary school		
	(n=96)		(n=34)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors before using pesticides					
1) To inspect the damage level done by insects and pests before deciding to use pesticides	1.65	0.63	1.82	0.46	1.747
2) To determine the type of pesticide to appropriately suit the species of insects and pests	1.83	0.45	1.88	0.41	0.557
3) To use shelf-life pesticides only	1.81	0.55	1.88	0.48	0.659
4) To carefully read the pesticide label before using every time	1.94	0.28	1.94	0.24	0.068
5) To mix the pesticides according to the instructions shown on the label	1.70	0.58	1.82	0.39	1.140
6) To check the readiness of pesticide spraying equipment before using every time	1.79	0.54	2.00	0.00	3.771**

Table 3 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by educational accomplishment (continue)

Content	Educational accomplishment				t
	Lower primary school (n=96)		Higher than primary school (n=34)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors while using pesticides					
1) To accouter protective equipment such as mask and glove while using pesticides	1.99	0.10	1.94	0.24	1.145
2) To accouter the protective shoes while using pesticides	1.98	0.20	2.00	0.00	0.594
3)Do not drink water while using pesticides	1.92	0.38	1.91	0.38	0.065
4) To always maintain the upwind position while using pesticides	1.84	0.39	1.85	0.36	0.120
5) To immediately cease using pesticides in case of allergic reactions emerged	1.78	0.57	1.79	0.59	0.113
6) To take away children and pets from the area where pesticides are being using	1.95	0.30	1.94	0.34	0.108
Behaviors after using pesticides					
1) To thoroughly clean every piece of equipment	1.64	0.70	1.62	0.70	0.128
2) To dump residual pesticides into the soil pit	0.36	0.73	0.38	0.74	0.122
3) To thoroughly clean the body after using pesticides.	1.98	0.20	2.00	0.00	0.594
4) To leave the substances of pesticides at the field	0.90	0.97	0.91	0.97	0.083
5) To get rid of the substance with embedding into the soil	0.49	0.81	0.24	0.61	1.917
6) To separately retain pesticides and its associated equipment	1.92	0.38	1.97	0.17	0.808

Note: *statistically significant difference at the .05 level; ** Statistically significant difference at the .01 level;

*** Statistically significant difference at the .001 level.

ผลการทดสอบสมมติฐานเรื่องอิทธิพลของจำนวนแรงงานครัวเรือนที่มีต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชพบว่า เกษตรกรที่มีแรงงานในครัวเรือน 1-2 คน และ 3-6 คน มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชไม่แตกต่างกัน ทั้งช่วงเวลาก่อนและขณะใช้สารกำจัดศัตรูพืช ขณะที่พฤติกรรมหลังการใช้สารกำจัดศัตรูพืช

ผลทดสอบ t-test ชี้ว่าพฤติกรรมของเกษตรกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยเกษตรกรที่มีแรงงานในครัวเรือน 1-2 คน มีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ เช่น การทิ้งภาชนะที่บรรจุสารกำจัดศัตรูพืชไว้ในแปลงสูงกว่าเกษตรกรที่มีแรงงานในครัวเรือน 3-6 คน ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by household labor

Content	Household labor (person)				t
	1-2		3-6		
	(n=76)		(n=54)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors before using pesticides					
1) To inspect the damage level done by insects and pests before deciding to use pesticides.	1.75	0.55	1.61	0.66	1.274
2) To determine the type of pesticide to appropriately suit the species of insects and pests.	1.82	0.51	1.89	0.32	1.007
3) To use shelf-life pesticides only	1.82	0.53	1.85	0.53	0.381
4) To carefully read the pesticide label before using every time.	1.92	0.32	1.96	0.19	0.867
5) To mix the pesticides according to the instructions shown on the label.	1.75	0.52	1.70	0.57	0.867
6) To check the readiness of pesticide spraying equipment before using every time.	1.84	0.52	1.85	0.41	0.115

Table 4 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by household labor (continue)

Content	Household labor (person)				t
	1-2		3-6		
	(n=76)		(n=54)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors while using pesticides					
1) To accouter protective equipment such as mask and glove while using pesticides	1.97	0.16	1.98	1.14	0.290
2) To accouter the protective shoes while using pesticides	1.97	0.23	2.00	0.00	0.842
3) Do not drink water while using pesticides	1.89	0.42	1.94	0.30	0.745
4) To always maintain the upwind position while using pesticides	1.82	0.42	1.89	0.32	1.126
5) To immediately cease using pesticides in case of allergic reactions emerged	1.78	0.62	1.78	0.63	1.014
6) To take away children and pets from the area where pesticides are being using	1.92	0.39	1.98	0.14	1.243
Behaviors after using pesticides					
1) To thoroughly clean every piece of equipment	1.58	0.74	1.70	0.63	0.842
2) To dump residual pesticides into the soil pit	0.36	0.73	0.39	0.74	0.259
3) To thoroughly clean the body after using pesticides	1.97	0.23	2.00	0.00	0.842
4) To leave the substances of pesticides at the field	1.05	0.98	0.69	0.91	2.202*
5) To get rid of the substance with embedding into the soil	0.42	0.77	0.43	0.77	0.036
6) To separately retain pesticides and its associated equipment	1.93	0.30	1.93	0.38	0.133

Note: *statistically significant difference at the .05 level; ** Statistically significant difference at the .01 level;

*** Statistically significant difference at the .001 level.

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Scheffé test เพื่อทดสอบว่าขนาดพื้นที่ปลูกพุทราที่แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกไม่เกิน 3 ไร่, พื้นที่ปลูก 3-5 ไร่ และพื้นที่ปลูกมากกว่า 5 ไร่ มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหรือไม่

ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า (Table 5) ขนาดพื้นที่ไม่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ในช่วงขณะใช้ แต่กับช่วงก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืช 1 วิธี และหลังการใช้สารกำจัดศัตรูพืช 2 วิธี มีผลแตกต่างกันได้แก่ ก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรที่ปลูกพุทราไม่เกิน 3 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมด้านการผสมสารตามอัตราคำแนะนำข้างฉลาก สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกพุทรา 3-4 ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ส่วนเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกพุทรา 5 ไร่ขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมก่อนการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ไม่ต่างจากเกษตรกรที่ปลูกไม่เกิน 3 ไร่ และเกษตรกรที่ปลูก 3-4 ไร่

สำหรับพฤติกรรมหลังการใช้สารกำจัดศัตรูพืช แตกต่างกัน 2 วิธีปฏิบัติประกอบด้วย (1) การทำลายภาชนะที่บรรจุสารโดยการฝัง เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมระหว่างคู่ พบว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกพุทรา มากกว่า 5 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมฯ สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกไม่เกิน 3 ไร่ และ 3-4 ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกพุทราไม่เกิน 3 ไร่ และ 3-4 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยฯ หลังการใช้สารฯ ไม่แตกต่างกัน สำหรับวิธีปฏิบัติที่ (2) การเก็บสารฯ ไม่ปะปนกับอุปกรณ์อื่น ๆ พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% เกษตรกรที่ปลูกพุทราไม่เกิน 3 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกพุทรา 4-5 ไร่ ขณะที่เกษตรกรที่ปลูกไม่เกิน 3 ไร่ และมากกว่า 5 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยฯ ในวิธีปฏิบัตินี้ไม่แตกต่างกัน

Table 5 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by size of planting area

Content	Planting area (rai)						F
	1-2		3-6		>5		
	(n=76)		(n=54)		(n=32)		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Behaviors before using pesticides							
1) To inspect the damage level done by insects and pests before deciding to use pesticides	1.72	0.65	1.63	0.61	1.78	0.49	0.745
2) To determine the type of pesticide to appropriately suit the species of insects and pests.	1.87	0.41	1.80	0.48	1.91	0.39	0.737
3) To use shelf-life pesticides only	1.97	0.16	1.73	0.69	1.84	0.45	2.592
4) To carefully read the pesticide label before using every time	1.95	0.22	1.93	0.25	1.94	0.35	0.043
5) To mix the pesticides according to the instructions shown on the label	19.2 ^a	0.27	1.58 ^b	0.62	1.78 ^{ab}	0.55	5.374**

Table 5 Jujube farmers' pesticide behaviors using sorted by size of planting area (continue)

Content	Planting area (rai)						F
	1-2		3-6		>5		
	(n=76)		(n=54)		(n=32)		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
6) To check the readiness of pesticide spraying equipment before using every time	1.92	0.35	1.76	0.57	1.91	0.39	1.707
Behaviors while using pesticides							
1) To accouter protective equipment such as mask and glove while using pesticides	1.97	0.16	1.97	0.18	2.00	0.00	0.529
2) To accouter the protective shoes while using pesticides	1.95	0.32	2.00	0.00	2.00	0.00	1.170
3) Do not drink water while using pesticides	2.00	0.00	1.92	0.39	1.81	0.54	2.249
4) To always maintain the upwind position while using pesticides	1.95	0.22	1.78	0.42	1.84	0.45	2.336
5) To immediately cease using pesticides in case of allergic reactions emerged	1.79	0.62	1.73	0.69	1.84	0.52	0.369
6) To take away children and pets from the area where pesticides are being using	1.87	0.47	1.97	0.26	2.00	0.00	1.715
Behaviors after using pesticides							
1)To thoroughly clean every piece of equipment	1.67	0.66	1.71	0.67	1.44	0.76	1.711
2) To dump residual pesticides into the soil pit	0.28	0.61	0.51	0.84	0.22	0.61	2.079
3) To thoroughly clean the body after using pesticides.	2.00	0.00	2.00	0.00	1.94	0.35	1.544
4)To leave the substances of pesticides at the field	0.97	0.96	0.92	0.97	0.78	0.98	0.363
5) To get rid of the substance with embedding into the soil	0.28 ^b	0.65	0.34 ^b	0.71	0.75 ^a	0.92	4.119*
6) To separately retain pesticides and its associated equipment	2.00 ^a	0.00	1.85 ^b	0.49	2.00 ^a	0.00	3.494*

Note: *statistically significant difference at the .05 level; ** Statistically significant difference at the .01 level;

*** Statistically significant difference at the .001 level.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ 4 ลักษณะทางสังคมนิเวศของเกษตรกร ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา, จำนวนแรงงานในครัวเรือนและขนาดพื้นที่ว่ามีอิทธิพลอย่างไรต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพุทราในตำบลโพธิ์ อำเภอดำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า ในส่วนของลักษณะทางอายุพบว่าเกษตรกรที่อายุต่างกัน มีพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชไม่แตกต่างกัน ยกเว้น 2 วิธีปฏิบัติ นั่นคือ การเลือกชนิดของสารฯ ให้ตรงกับชนิดของศัตรูพืช (ก่อนการใช้สารฯ) และการทำความสะอาดอุปกรณ์ให้เรียบร้อย (หลังการใช้สารฯ) ส่วนลักษณะด้านระดับการศึกษา ผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ ภาพรวมทั้งก่อนใช้สารฯ ขณะใช้สารฯ และหลังใช้สารฯ ระดับการศึกษาไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม ยกเว้น 1 ประเด็นที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยพบว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่า จะมีค่าเฉลี่ยการตรวจความพร้อมของอุปกรณ์ (ก่อนใช้สารฯ) สูงกว่าเกษตรกรที่จบการศึกษาต่ำกว่า

สำหรับลักษณะจำนวนแรงงานในครัวเรือน พบว่ามีอิทธิพลต่อการใช้สารฯ แค่ประเด็นเดียว นั่นคือ หลังการใช้สารฯ เกษตรกรที่มีจำนวนแรงงานในครัวเรือน 3-6 คน จะเก็บภาชนะบรรจุสารให้เรียบร้อย ไม่ทิ้งในไร่นาที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกษตรกรที่มีแรงงานครัวเรือน 1-2 คน

ประการสุดท้าย ลักษณะด้านขนาดพื้นที่ที่ปลูกพุทรา การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Scheffé test วิเคราะห์ผล แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันใน 3 วิธีปฏิบัติ ได้แก่ ขณะใช้สารกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรที่ปลูกพุทราไม่เกิน 3 ไร่ มีค่าเฉลี่ยการผสมสารกำจัดศัตรูพืชตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัด สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูก

พุทรา 3-5 ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ขณะที่พฤติกรรมขณะใช้ แตกต่างกัน 2 วิธีปฏิบัติ ได้แก่ (1) เกษตรกรที่ปลูกพุทรามากกว่า 5 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยการทำลายภาชนะที่บรรจุสารโดยการฝังกลบสูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกไม่เกิน 3 ไร่ และ 3-5 ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ (2) เกษตรกรที่ปลูกพุทราไม่เกิน 3 ไร่ มีคะแนนเฉลี่ยด้านการเก็บสารกำจัดศัตรูพืชไม่ให้ปะปนกับอุปกรณ์ สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกพุทรา 3-5 ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เช่นกัน

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่า ลักษณะทางสังคมนิเวศของเกษตรกรมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มตัวอย่างผู้ปลูกพุทรา ผลการวิจัยนี้ จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม และให้สอดคล้องกับลักษณะทางสังคมนิเวศของเกษตรกรได้ เช่น หากอ้างอิงจากผลการวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่มีอายุไม่เกิน 50 ปี มีค่าเฉลี่ยการเลือกชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชให้ตรงกับชนิดของศัตรูพืช และทำความสะอาดอุปกรณ์ให้เรียบร้อยหลังใช้สารฯ สูงกว่าเกษตรกรที่มีอายุมากกว่า 50 ปี ด้วยเหตุนี้ แนวทางการอบรมจึงจำเป็นต้องเน้นย้ำประเด็นดังกล่าวกับกลุ่มเกษตรกรที่มีอายุมากกว่า 50 ปี ซึ่งหากเกษตรกรได้รับความรู้ใน 2 เรื่องดังกล่าว การวิจัยไม่เพียงแต่ช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืช ได้อย่างถูกต้องเท่านั้น แต่ผลในทางอ้อมยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาภาคการเกษตรไทยให้ยั่งยืน อันเป็นการตอบสนองต่อนโยบายรัฐ ที่ปัจจุบันกำลังให้ความสำคัญกับการบรรเทาปัญหาการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เพื่อลดอันตรายจากสารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ ที่มีต่อคนไทยและสิ่งแวดล้อม

ของประเทศ (Bureau of Quality and Safety of Food,
2018)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถานีวิจัยที่พัฒนาที่ดินกาฬสินธุ์
เทศบาลตำบลโพน และเกษตรกรทุกคน ที่ให้การ
สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

References

- Bureau of Quality and Safety of Food. 2018. The summary report of the integrated food safety project for the fiscal year 2018. Department of Medical Science: Nonthaburi. (in Thai)
- Chantrasuwan, S. and Buatuan, S. 1995. The teaching documentation for Statistics for Social Science Research. Department of Sociology and Anthropology Faculty of Humanities and Social Sciences: Khon Kaen University. (in Thai)
- Food and Drug Administration. 1998. DIMETHOATE. Food and Drug Administration: Bangkok. (in Thai).
- Information Technology and Communication Center, Department of Agricultural Extension. 2016. Jujube. [Accessed May 18, 2020]. Available from URL: <http://www.agriinfo.doae.go.th/year59/plant/rortor/fruit1/jujube.pdf>. (in Thai)
- Kanjanawasee, S. 2001. The traditional Test Theory. 4th ed. Chulalongkorn University: Bangkok. (in Thai)
- Paradornuwat, A. 2010. The technology and management of jujube production. Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University: Bangkok. (in Thai)
- Phon Subdistrict Municipality Office. 2018. Data of Phon Subdistrict. Ministry of Interior: Bangkok. (in Thai)
- Public Relations Office of Kalasin Province. 2011. The sweet jujube festival to inherit Thai Praewa culture. [Accessed May 18, 2020]. Available from URL: <http://www.komchadluek.net/news/local/43704>. (in Thai)
- Srisa-ard, B. 1989. The Preliminary Research. 3rded. Suviyasarn Publishing: Bangkok. (in Thai)

Sukrung, N. 2013. The management of production and marketing for jujube planted by Good Agricultural Practice of farmers in Phon Sub-district, Kham Muang District, Kalasin Province. An independent study for submitting Master of Science in Agribusiness. Graduate school Khon Kaen University. (in Thai)

Timprasert, S., Datta, S. and Ranamukhaarachchi, S.L. 2014. Factors determining adoption of integrated pest management by vegetable growers in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. Crop Protection. 62: 32-39.

Yamane, T. (1967). Statistic: An Introductory Analysis. Harper & row: New York.



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

1. คุณสมบัติการเป็นผู้เขียน (Authorship)

บุคคลที่จะมีชื่อในฐานะเป็นผู้เขียนในผลงานทางวิชาการที่ต้องการตีพิมพ์ ควรจะมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1.1 มีส่วนร่วมอย่างเด่นชัดในผลงานนั้น ได้แก่ การกำหนดกรอบแนวคิดและออกแบบการค้นคว้า หรือเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ การวิเคราะห์และการแปลผลข้อมูลการศึกษาหรือวิจัย

1.2 มีส่วนร่วมในการร่างและแก้ไขต้นฉบับในเนื้อหาสำคัญที่ต้องใช้ความรู้

1.3 มีโอกาสที่จะรับทราบและมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ไขต้นฉบับในขั้นตอนต่างๆ และให้การรับรองต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์

2. ประเภทผลงานตีพิมพ์

2.1 งานวิจัย (Original research) เป็นผลงานจากการค้นคว้าทดลองหรือวิจัยทางวิชาการที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง

2.2 บทความปริทัศน์ (Review article) เป็นบทความทบทวนวิชาการ หรือบทความเทคนิค (Technical article) ที่เขียนอย่างกระชับในเนื้อหาและแสดงถึงความก้าวหน้าอย่างสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา โดยเรียบเรียงจากการตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ

3. การเตรียมต้นฉบับผลงานวิจัย

ต้นฉบับจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ พิมพ์บนกระดาษ A4 ขนาด 21 × 29.7 ซม. (8.27 × 11.69 นิ้ว) เว้นขอบกระดาษด้านบน 5.3 ซม. ด้านล่าง 4.3 ซม. ด้านซ้าย-ขวา 2.6 ซม. จัดสองคอลัมน์ โดยความยาวของเรื่องพร้อมตารางและภาพประกอบรวมแล้วไม่เกิน 10 หน้า และใส่หมายเลขหน้ากำกับไว้

องค์ประกอบต่างๆ ของบทความวิจัยหรือบทความปริทัศน์ให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทย ให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และชื่อบัญญัติตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยโดยไม่จำเป็น กรณีจำเป็นให้เขียนคำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยในวงเล็บภาษาอังกฤษ โดยคำแรกให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ส่วนอักษรและคำที่เหลือทั้งหมดให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นชื่อเฉพาะทุกคำให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

การปรากฏอยู่หลายที่ในบทความของศัพท์คำเดียวกันที่เป็นภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษให้ใช้คำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษเฉพาะครั้งแรก ครั้งต่อไปให้ใช้เฉพาะคำศัพท์ภาษาไทยเท่านั้น

เพื่อให้การดำเนินการจัดพิมพ์วารสารเป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว โปรดจัดเตรียมไฟล์ต้นฉบับอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษพิมพ์ด้วยชนิดตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาดตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ขนาดตัวอักษรอย่างเดียวกัน ดังนี้ ชื่อเรื่องขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้เขียนใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา ที่อยู่ของผู้เขียนใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวเอียง หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา การแบ่งหัวข้อย่อยในแต่ละหัวข้อ ให้ใช้ตัวเลขกำกับโดยไม่ควรแบ่งย่อยโดยใช้ตัวเลขมากกว่า 3 ตัว เช่น 1.1.1 แต่ควรใช้เครื่องหมายวงเล็บ 1) ช่วยในการแบ่งย่อย เนื้อความทุกส่วนใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวปกติ เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อผู้เขียนที่ให้การติดต่อใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. โดยการบันทึกเอกสารด้วยโปรแกรม Microsoft word หากมีตารางหรือรูปภาพประกอบให้แทรกในเนื้อหา หรือแยกต่างหากตามสมควร

4. การลำดับเรื่อง ควรเรียงดังนี้

4.1 หน้า 1 (หน้านำภาษาไทย หรือ Title page in Thai) ประกอบด้วย

4.1.1 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทย ชื่อเรื่องควรสั้น กระชับ สื่อความหมายได้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่อง ไม่ควรใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ถ้าชื่อเรื่องยาวมากอาจตัดเป็นชื่อเรื่องรอง (Subtitle) ควรหลีกเลี่ยงการใส่วลีที่ไม่จำเป็นเช่น “การศึกษา...” หรือ “การสังเกต...” หรือ “การทดลอง...”

4.1.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ระบุชื่อของผู้เขียนให้ครบทุกท่านเป็นภาษาไทย พร้อมสถานที่ทำงาน และผู้เขียนที่ให้การติดต่อ (Corresponding author) ให้กำกับด้วยเครื่องหมายดอกจัน และให้แยกรายละเอียดของสถานที่ติดต่อ และ E-mail address ให้ชัดเจนเพื่อความรวดเร็วในการติดต่อ

4.1.3 บทคัดย่อ (Abstract) บทความที่เป็นงานวิจัย และปริทัศน์ ให้เขียนรูปแบบคัดย่อในเชิงโครงสร้าง (Structured abstract) ประกอบด้วย: วัตถุประสงค์ วัสดุและวิธีการ ผลการศึกษา และข้อสรุป ควรเขียนสั้นๆ ให้ครอบคลุมสาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรใช้คำย่อในบทคัดย่อ

4.1.4 คำสำคัญ (Keywords) คำหรือข้อความสั้นๆ เป็นภาษาไทย ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อ เป็นหัวข้อเรื่องสำหรับทำดัชนีเรื่อง (Subject index) รวมแล้วไม่เกิน 5 คำ

4.2 หน้า 2 (หน้านำภาษาอังกฤษ หรือ Title in English) ประกอบด้วย

4.2.1 Title (ชื่อเรื่อง) ภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องควรสั้น กระชับ สื่อความหมายได้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่อง ไม่ควรใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ถ้าชื่อเรื่องยาวมากอาจตัดเป็นชื่อเรื่องรอง (Subtitle)

4.2.2 Authors (ชื่อผู้เขียน) ระบุชื่อของผู้เขียนให้ครบทุกท่านเป็นภาษาอังกฤษ พร้อมสถานที่ทำงาน และผู้เขียนที่ให้การติดต่อ (Corresponding author) ให้กำกับด้วยเครื่องหมายดอกจัน และให้แยกรายละเอียดของสถานที่ติดต่อ และ E-mail address ให้ชัดเจนเพื่อความรวดเร็วในการติดต่อ

4.2.3 Abstract (บทคัดย่อ) บทความที่เป็นงานวิจัย และปริทัศน์ ให้เขียนรูปแบบคัดย่อในเชิงโครงสร้าง (Structured abstract) ประกอบด้วย: วัตถุประสงค์ วัสดุและวิธีการ ผลการศึกษา และข้อสรุป ควรเขียนสั้นๆ ให้ครอบคลุม

สาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรถูกย่อในบทคัดย่อ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษต้องส่งบทคัดย่อภาษาไทยด้วย

4.2.4 Keywords (คำสำคัญ) คำหรือข้อความสั้นๆ เป็นภาษาอังกฤษ ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อ เป็นหัวข้อเรื่องสำหรับทำดัชนีเรื่อง (Subject index) รวมแล้วไม่เกิน 5 คำ

4.3 หน้า 3 และหน้าต่อไป ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ โดยพิมพ์ติดต่อกันตามลำดับ

4.3.1 บทนำ (Introduction) อธิบายถึงพื้นฐานที่มาและความสำคัญของปัญหาโดยมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับให้อ่านเข้าใจและแปรผลการศึกษได้ และต้องทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญเท่านั้น นอกจากนี้ต้องระบุเหตุผล สมมุติฐานและวัตถุประสงค์ของการศึกษาให้ชัดเจน

4.3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย (Material and methods) เริ่มจากการอธิบายการออกแบบการศึกษาหรือการทดลอง (Study or experimental design) มีรายละเอียดเพียงพอที่ผู้อื่นสามารถทำตามได้ ถ้าเป็นวิธีการที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ควรอธิบายโดยละเอียด แต่ถ้าเป็นวิธีการที่ทราบกันอยู่แล้วและมีผู้เคยตีพิมพ์มาก่อน ไม่ต้องอธิบายซ้ำแต่ควรเขียนแบบอ้างอิงและอธิบายเฉพาะส่วนที่ดัดแปลงหรือเพิ่มเติม พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาของสารเคมี และวิธีวิเคราะห์ผลการศึกษาทางสถิติ ซึ่งรวมถึงการสรุปข้อมูลวิธีการทดสอบสมมุติฐาน และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.3 ผลการวิจัย (Results) ควรรายงานผลการศึกษาตามลำดับหัวข้อที่อยู่ในการออกแบบการศึกษอย่างชัดเจน ดูได้ง่าย ถ้าผลไม่ซับซ้อน ไม่มีตัวเลขมาก ให้บรรยายเป็นร้อยแก้ว ถ้ามีตัวเลขและตัวแปรมาก ควรใช้ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิ โดยไม่ต้องอธิบายตัวเลขซ้ำอีกในเนื้อเรื่อง ยกเว้นข้อมูลสำคัญๆ

4.3.4 วิจารณ์ผลการวิจัย (Discussion) เน้นในประเด็นหรือมุมมองที่ใหม่และสำคัญของการศึกษา ไม่ต้องอธิบายข้อมูลในตารางซ้ำในส่วนบทนำ วัตถุประสงค์และวิธีการ สำหรับการศึกษาที่เป็นการศึกษาการทดลองการอภิปรายอาจเริ่มจากการสรุปสั้นๆ ในประเด็นหลักที่ค้นพบ ให้อธิบายกลไก เหตุผล หรือตรรกะสำหรับสิ่งที่ค้นพบ เปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างกับการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ระบุข้อจำกัดของการศึกษา วิจารณ์ผลที่ไม่ตรงตามที่คาดหวังอย่างไม่ปิดบัง และระบุความสำคัญของสิ่งที่ค้นพบกับการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต

4.3.5 สรุปผลการวิจัย (Conclusion) ผลที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาหรือไม่ หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความสรุปที่ไม่มีคุณภาพ เพราะข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะสรุปได้แบบนั้น ควรเขียนอย่างย่อๆ โดยกล่าวถึงผลสรุปที่ได้จากการศึกษาทดลอง และคุณค่าของงาน เพื่อผู้อ่านจะได้เข้าใจง่ายขึ้น

4.3.6 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) เป็นส่วนที่ให้ระบุชื่อบุคคลที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยแต่มีคุณสมบัติการเป็นผู้เขียนไม่ครบถ้วน สามารถระบุเป็นผู้ให้การสนับสนุน (Contributors) และอาจจะระบุหน้าที่ในการให้การสนับสนุน ตัวอย่างเช่น ผู้ให้ความช่วยเหลือเฉพาะงานด้านเทคนิค ผู้ให้ความช่วยเหลือในการเขียน และหัวหน้างานที่ให้การสนับสนุนโดยทั่วไป นอกจากนี้ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนทั้งหมดที่ให้การสนับสนุนไว้ในส่วนนี้ด้วย

4.3.7 เอกสารอ้างอิง (References) ควรเป็นบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการประเภทมีผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณา (Peer-reviewed journals) การอ้างอิงเอกสารทางวิชาการในรูปแบบอื่นควรหลีกเลี่ยง ยกเว้นในกรณีที่มีความ

จำเป็นยิ่ง การเขียนอ้างอิงเอกสารในบทความทางวิชาการทุกประเภทจำเป็นต้องมีการอ้างอิงไว้ทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนเนื้อเรื่อง และส่วนท้ายเรื่อง

1) การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง (In-text citations)

การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง เป็นการบอกแหล่งที่มาของข้อมูลโดยการอ้างอิงคละไปในส่วนเนื้อเรื่อง ทำให้ทราบว่าข้อความในส่วนนั้นนำมาจากแหล่งใด โดยวารสารเกษตรพระวรุณ กำหนดให้ใช้ การอ้างอิงระบบ นาม-ปีที่พิมพ์เป็นภาษาอังกฤษให้สอดคล้องกับการอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง เช่น Wang (2017) ถ้ามีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้ “and” ระหว่างชื่อสกุล เช่น Tomilova and Shternshis (2006) กรณีที่มีผู้เขียน 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อสกุลคนแรก ตามด้วย “et al.” เช่น Ratanacherdchai et al. (2018)

2) การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง (Reference citations)

การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่องให้พิมพ์เป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรณีที่เป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ และใส่ข้อความ “(in Thai)” ไว้ด้านหลัง โดยเรียงตามลำดับอักษรของชื่อสกุลของผู้เขียน กรณีผู้เขียนคนเดียวให้เรียงตามปี การพิมพ์ชื่อวารสารให้ใช้ชื่อย่อเท่านั้น

ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง

1) สิ่งพิมพ์

หนังสือ (Books)

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ครั้งที่พิมพ์./สถานที่พิมพ์./สำนักพิมพ์./จำนวนหน้า.

Arnut, C. 2012. Dairy production. 1st ed. Maha Sarakham University. Maha Sarakham. 300 p.
(in Thai)

วารสาร

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ชื่อวารสาร (ชื่อย่อ)/ปีที่พิมพ์(ฉบับที่พิมพ์):/เลขหน้า.

ผู้แต่ง 1 คน

Ruanpanan, P. 2017. Study of Cassava Root Penetration of Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita* Isolated from Different Plant Hosts. NRSU Sci. Tech. J. 9(9): 26-36. (in Thai)

ผู้แต่ง 2 คน

Ratanacherdchai, K. and Soyong, K. 2010. Biological Fungicides for Controlling of Chilli Anthracnose. *Prawarun Agr. J.* 7(1): 93-102.

ผู้แต่ง 3 คนขึ้นไป

Chaiyarak, T., Ratanacherdchai, K., Sributta, I., Chanthabut, L., Kodcharee, R. & Trelo-ges, V. 2013. The Effect of soil amendments (LDD 10) and cattle manure on change in macronutrient and growth of Rayong 7 cassava variety. *Khon Kaen Agri. J.* 41 (supplement 2): 57-66. (in Thai)

2) อินเทอร์เน็ต

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./[สืบค้นเมื่อ]/Available from: URL:.

Rode, L.M. 2008. Maintaining a Healthy Rumen-An Overview [online]. [Accessed August 5, 2009].

Available from: URL: <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2000/Chapter10.htm>.

หมายเหตุ (1): การเขียนคำบรรยายประกอบตาราง

ตารางแต่ละตารางประกอบด้วย ลำดับที่และชื่อของตารางอยู่ส่วนบนตามด้วยตัวตาราง ให้พิมพ์ตารางโดยใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น การพิมพ์ลำดับที่และชื่อของตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางนั้นๆ โดยพิมพ์คำว่า “Table 1” ชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษรแล้วพิมพ์ชื่อตารางโดยใช้ตัวอักษรปกติ หากชื่อตารางยาวเกินกว่า 1 บรรทัด ให้แบ่งเป็น 2-3 บรรทัด ตามความเหมาะสม โดยให้อักษรตัวแรกของข้อความในบรรทัดที่ 2 หรือ 3 ตรงกับอักษรตัวแรกของชื่อตารางในบรรทัดแรก ตารางที่มีความยาวมากไม่สามารถพิมพ์ให้สิ้นสุดในหน้าเดียวได้ ให้พิมพ์ส่วนที่เหลือในหน้าถัดไป ทั้งนี้จะต้องมีลำดับที่และชื่อตารางทุกหน้า และพิมพ์คำว่า “(Cont.)” ไว้ในวงเล็บต่อท้ายชื่อของตารางด้วย ตารางที่มีความกว้างเกินกว่าที่จะบรรจุในหน้ากระดาษเดียวได้ อาจย่อส่วนลงได้แต่ให้มีขนาดที่สามารถอ่านได้ชัดเจน ตารางต้องไม่มีเส้นแนวตั้ง

ในกรณีที่กำหนดเครื่องหมายแสดงความแตกต่างทางสถิติ ให้พิมพ์เป็นตัวยก และให้กำกับค่า p-value การพิมพ์อ้างอิงแหล่งที่มาของตาราง ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากตัวตาราง โดยพิมพ์คำว่า “Source:” ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษร และพิมพ์ข้อความโดยใช้ตัวอักษรปกติ ในกรณีการพิมพ์หมายเหตุหรือคำอธิบายตารางเพิ่มเติม ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากตัวตารางหรือถัดจากบรรทัดอ้างอิง (ถ้ามี)

หมายเหตุ (2): การเขียนคำบรรยายประกอบรูปภาพ

ภาพ หมายถึง รูปภาพ ภาพถ่าย แผนภูมิ แผนที่ แผนภาพ และกราฟ ซึ่งจะต้องมีความชัดเจน

ภาพแต่ละภาพประกอบด้วย ตัวภาพ คำอธิบายภาพ และอาจมีการอ้างอิงที่มาของภาพ การพิมพ์คำอธิบายภาพให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพนั้นๆ ด้วยภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยพิมพ์คำว่า “Fig. 1” ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษรแล้วพิมพ์ชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพโดยใช้ตัวอักษรปกติ หากคำอธิบายภาพยาวเกินกว่า 1 บรรทัด ให้แบ่งเป็น 2-3 บรรทัด ตามความเหมาะสม โดยให้อักษรตัวแรกของข้อความในบรรทัดที่ 2 หรือ 3 ตรงกับอักษรตัวแรกของชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพในบรรทัดแรก

การพิมพ์อ้างอิงแหล่งที่มาของภาพ ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากคำอธิบายภาพ โดยพิมพ์คำว่า “Source:” ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษร และพิมพ์ข้อความโดยใช้ตัวอักษรปกติ

หมายเหตุ (3): การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific names) และคำที่เป็นภาษาละติน

การพิมพ์ชื่อวิทยาศาสตร์ของจุลินทรีย์ พืช หรือสัตว์ ให้พิมพ์ด้วยตัวเอียง สำหรับการพิมพ์คำที่เป็นภาษาละติน ได้แก่ *in vivo*, *in vitro*, *Ad libitum* และ *et al.* ให้พิมพ์ด้วยตัวเอียง

หมายเหตุ (4): การเขียนคำย่อ

	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ
ปริมาตร	µl มล. ลิตร	µl ml L
ความยาว	µm มม. ซม. ม. กม.	µm mm cm m km
พื้นที่	ซม ² ม ² กม ²	cm ² m ² km ² ha
น้ำหนัก	µg มก. ก. กก.	µg mg g kg
ความเข้มข้น (Molar)	M	M
อุณหภูมิ	°ซ °C	°C
องศาเซลเซียส	°ฟ °F	°F
องศาฟาเรนไฮต์		
เวลา	วินาที นาที ชม.	Sec min hr hrs
ร้อยละ เปอร์เซนต์	%	%
ต่อ (per)	/ (ตัวอย่าง: กก./ไร่)	⁻¹ (example: kg ⁻¹)
ส่วนในล้านส่วน (Part per million)	ppm	ppm



- การพัฒนาสารเชื่อมประสานสำหรับผลิตอาหารไก่ดำอัดเม็ด
- การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบพ่นพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น
- สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะความกรอบของมะละกอบริโภคผลดิบ
- ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมปริมาณซิลิโคนกับการให้ผลผลิตของข้าว
- ผลของสารสกัดหยาบจากใบผกากรอง (*Lantana camara* Linn.) ในการเป็นสารฆ่า สารยับยั้งการวางไข่ และสารยับยั้งการออกเป็นตัวเต็มวัยรุ่นลูกหลานของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.))
- ประสิทธิภาพของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมไรสองจุด *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae)
- ความหลากหลายทางพันธุกรรมของแมลงสกุล *Hemerodromia* (Diptera: Empididae) ในจังหวัดเลย
- การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลพรีเจลาติไนซ์ในแป้งขนมขอม่วง
- การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง
- การศึกษาอายุการเก็บรักษาของมัพินไรซ์เบอร์รี่โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์
- การพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
- การศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้ของผู้บริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง (คอล่อนศรีวิชัย)
- แนวทางการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของวิสาหกิจชุมชนแปลงขยายเมล็ดพันธุ์ข้าว บ้านดงยาง อำเภोजังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด
- ลักษณะทางสังคมนิเวศที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา ในจังหวัดกาฬสินธุ์