



ISSN 1685-8379 (print)
E-ISSN 2773-9627 (online)

PRAWARUN

Vol. 20 No. 1 / JUNE 2023

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand

วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2566



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

ISSN 1685-8379 (PRINT) ISSN 2773-9627 (ONLINE)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ในมหาวิทยาลัย วิทยาลัย และองค์กรทางการเกษตรทั้งภาครัฐและเอกชน
2. เป็นเวทีทางวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และวิทยาการทางด้านการเกษตรระหว่างนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้รู้อื่น ๆ
3. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาอาชีพเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

นโยบายและขอบเขตการตีพิมพ์

1. เป็นบทความวิจัย (Research Article) บทความปริทัศน์ (Review Article) หรือบทความวิชาการ (Academic Article) ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ประมง วิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ วิทยาศาสตร์การอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร ธุรกิจการเกษตร ส่งเสริมการเกษตร สารสนเทศการเกษตร นวัตกรรมเกษตร และนวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร เป็นต้น
2. ต้องไม่เคยได้รับตีพิมพ์มาก่อน (ต้นฉบับ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นฉบับ) และต้นฉบับต้องไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ประเมินอิสระ (Peer Reviewer) อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน แบบ Double blind
2. กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิง แสดงที่มา

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา

ดร.นิศารัตน์ โชติเชย

คณบดีคณะวิทยาการจัดการ รักษาการ

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ ศรีวาปี

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บรรณาธิการหลัก

อาจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

คณะกรรมการกองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยต่างประเทศ
 - 1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany
 - 1.2 Associate Professor Dr. J.T. Thomas Faculty of Veterinary Medicine, Department of Farm Animal Health, Utrecht University 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 ตรีโลเกศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
 - 2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีย์ชน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2.7 รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. อุดมพร รุ่งสิทธิชัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เอื้องกลาง คณะวิทยาศาสตร์และศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
 - 2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เชาว์เครือ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
 - 2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียวสุวรรณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.12 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.13 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี นามมาตย์ สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 - 3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีการอาหาร
 - 3.2 อาจารย์ ดร.นิตติยา ด่านโอภาส บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาสัตวศาสตร์
 - 3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาประมง
 - 3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาพืชศาสตร์
 - 3.5 อาจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ไกรจักร แก้วพรม บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์
 - 3.6 อาจารย์ ดร.อุดร จิตจักร บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร
 - 3.7 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร บรรณาธิการประจำบทความสาขาบริหารธุรกิจเกษตร
 - 3.8 อาจารย์ ดร.วิรุณ โมนะตระกูล บรรณาธิการประจำบทความสาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล

4. ฝ่ายจัดการงานวารสารเกษตรพระวรุณ

4.1 อาจารย์ ดร.วันนีย์ พลวิเศษ	ผู้จัดการวารสาร (Journal Manager)
4.2 อาจารย์วีระเดช โชนสันเทียะ	ผู้พิสูจน์อักษร (Proofreader)
4.3 อาจารย์ ดร.พุทชาติ อิ่มใจ	ผู้ออกแบบกราฟฟิก (Graphic Designer)
4.4 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร	เหรัญญิกวารสาร
4.5 นางสาวศรัญญา ภูหัวไร่	ผู้ช่วยเหรัญญิกวารสาร
4.6 นายธรรมชาติ แสงนิล	บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor)
4.7 นางสาวชยาภย์ ฤทธาพรหม	บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor)

กำหนดเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

เครดิตภาพ

อาจารย์ ดร.พุทชาติ อิ่มใจ

สำนักงาน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

โทรศัพท์/โทรสาร

043 - 725439

อีเมลล์

prawarun.j@rmu.ac.th

เว็บไซต์วารสารเกษตรพระวรุณ

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>



QR Code วารสารเกษตรพระวรุณ

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

คำนำ

การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดองค์ความรู้ งานวิจัย และนวัตกรรมทางการเกษตร ที่เกี่ยวข้องมากมาย เพื่อเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านเกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยีการเกษตร ทางคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงได้จัดทำวารสารวิชาการเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ และงานวิจัย ในรูปแบบบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และ บทความปริทัศน์ (Review Article) โดยมีขอบเขตการรับตีพิมพ์บทความด้านเกษตรศาสตร์และสาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ประมง วิทยาศาสตร์ทางสุขภาพสัตว์ วิทยาศาสตร์การอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร ธุรกิจการเกษตร ส่งเสริมการเกษตร สารสนเทศการเกษตร นวัตกรรมการเกษตร และนวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร เป็นต้น โดยกำหนดการเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

วารสารเกษตรพระวรุณในปี พ.ศ. 2566 ถือเป็นปีที่ 20 โดยวารสารได้รับผลการประเมินคุณภาพวารสารอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นวารสารที่อยู่ในผลประเมินคุณภาพมีระยะเวลาการรับรองคุณภาพวารสารตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565 ไปจนถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2567 ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index: TCI ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย ตามที่ศูนย์ดังกล่าวประกาศไว้ เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ซึ่งหมายถึงคุณภาพเป็นที่การยอมรับและมีประโยชน์ต่อวงวิชาการด้านเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

สำหรับวารสารปีที่ 20 (Volume 20) ฉบับที่ 1 (Number 1) นี้ประกอบด้วยบทความวิจัย (Research Articles) จำนวน 20 บทความ จากหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง โดยมีกำหนดการเผยแพร่ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2566 ผ่านวารสารตีพิมพ์ในรูปแบบวารสาร (ISSN 1685-8379) และเผยแพร่ออนไลน์ผ่านระบบ Thai Journal online (ThaiJO) (ISSN 2773-9627)

ทางกองบรรณาธิการเกษตรพระวรุณหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นสื่อกลางในการช่วยเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่และงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการเกษตรแก่ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้สนใจให้ได้รับข้อมูลที่มีประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าและยั่งยืนต่อไป

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ
30 มิถุนายน 2566

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2566

VOL. 20 NO. 1 January – June 2023

ISSN 1685-8379

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Article)

- การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของเกษตรกร
ฟาร์มโคนมในประเทศไทย 1
อลิณฐิฎา ขุรุพันธ์, นิโรจน์ สิ้นณรงค์, กฤตวิทย์ อัจฉริยพานิชกุล และ วราภรณ์ นันทะเสน
Adaptation of climate-smart livestock practices on dairy cows farmers in Thailand
Alinitha Khuruphan, Nirote Sinnarong, Kittawit Autcharyapanitkul and Waraporn Nunthasen
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง 11
เปรมประชา ดมชัย, รจนา ภูสมตา, อรปรียา ปะตาทะโย และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์
Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect
Prempracha Domchai, Rotchana Phusoomta, Onpreeya Patatayo and Pompisanu Thammapat
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกสังขยัดพื้ดด้วย 19
กระบวนการเอกซ์ทรูชันเสริมอินูลิน
สุธาสินี ทองนอก
Development of puffed snack made from Sungyod Phatthalung brown rice flour by
extrusion process fortified with inulin
Sutasinee Thongnok
- การศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุกรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อของ 27
เกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว และ พิพัฒน์ ชนาเทพาพร
Study on farm management, genetics using and semen planning management for beef
cattle farmers in Muang District, Phetchabun Province
Janjira Tohwankaew and Piphat Chanartaeparporn
- ศักยภาพของสารสกัดกัญชาที่ยับยั้งเชื้อที่ก่อโรคในสัตว์ 35
ยุวดี อินสำราญ, เนตรชนก จันทร์สว่าง, ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์ และ เนตรนภา เรืองไชย
The potential of Cannabis sativa extract to inhibit pathogens in animals
Yuwadee Insumran, Natchanok Jansawang, Panuwat Ruenruangrit and Netnapha Ruangchai

บทความวิจัย (Research Article)

- ผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อสารหอมระเหยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

จิรนนต์ รัตสีโว และ ขนิษฐา ฉิมพาลี

Effect of hot air drying on volatile compounds, bioactive compounds and antioxidant activities of Lava Durian Sisaket

Jiranan Ratseewo and Khanittha Chimpali

44
- การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลนดีเด่นภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ

ธีระรัตน์ ชินแสน, แสงเดือน ชนะชัย, ชยันต์ ภักดีไทย, อัมมราวรรณ ทิพย์วัฒน์, ปิยะรัตน์ จังพล, ทนุธรรม บุญฉิม และ กรองกาญจน์ ป้องปัญจมิตร

The Change in Photosynthetic Parameters of Sugarcane Promising Clones under Drought Stress

Theerarat Chinnasaen, Sangduan Chanachai, Chayan Pakdeethai, Ammarawan Tippayawat, Piyarat Jungpol, Thanutham Boonchim and Krongkan Pongpanchamit

54
- แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ณัฐรดา แก้วแสนชัย และ ไกรเลิศ ทวีกุล

Guidelines for Extension and Development of Community Enterprise Ban Non Rang Community Rice Seed Production Center, Mueang District, Khon Kaen Province

Natrada Kaewsaenchai and Krailert Taweekul

66
- ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น

ปิยพล ช่วยคุณ และ ไชยธีระ พันธุ์ภักดี

Factors affecting the disapproval of Chai Nat 1 rice seeds of farmers Khon Kaen Province

Piyaphon Chauikhun and Chaiteera Panpakdee

73
- ความต้องการในการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน จังหวัดจันทบุรี

พัชรา บำรุง และ กฤษฎา เจริญมูล

Needs for agricultural extension of durian growers in Chanthaburi Province

Patchara Bamrung and Krisada Charoenmoon

81
- ศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน

นลินี คงสุบรรณ, ศิริพร กิตติการกุล, วันวสา วิโรจนารมย์, จงกล พรหมยะ และ สุขสถิตพิ์ พิลิษฐ์ลัญญา

Potential and Opportunity of Native Beef Cattle Farming in the Highlands of Nan Province

Nalinee Kongsuban, Siriporn Kiratikmkul, Wanwasa Wirojanarome, Jongkon Promya and Suksatid Pisitsachaya

89
- การสังเคราะห์ค่าความชื้นและพัฒนาาระบบควบคุมปริมาณเห็ดหลินจือแบบแม่นยำสูง ด้วยเทคโนโลยีเซนเซอร์ของ IoT เพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ดส่งออกแบบครบวงจร ของวิสาหกิจชุมชนกาญจนาฟาร์มเห็ด จ.ชัยภูมิ

สามารถ ลินทร, ลิทธิชัย บุขหมั่น, ประมุข ศรีชัยวงศ์, ฉัตรณรงค์ศักดิ์ สุธรรมดี, เกรียงศักดิ์ โชควารกุล, เดือนเพ็ญพร ชัยภักดี และ ชนัญชิตา ของผม

Synthesize moisture and develop a highly accurate Reishi mushroom quantity control system with IoT sensor technology to increase mushroom product export entire of Kanchana community enterprise mushroom farm, Chaiyaphum Province

Samart Sinton, Sittichai Bussaman, Pramuk Sichaiwong, Chartnarongsak Suthandee, Kreangsak Chokwarakul, Duanpenporn Chaipugdee and Chanunchida Songphum

98

บทความวิจัย (Research Article)

- ปริมาณสารไฟโตสเตอรอลและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวบางสายพันธุ์
เวทิน รักษาพล, พรพิชญ ธรรมปัทม์ และ ลำราญ พิมพ์ราช
Phytosterols and bio-active compounds in some rice varieties
Vethin Raksapon, Pornpisanu Thammapat and Sumran Pimratch

106
- การศึกษาสภาพการเลี้ยง เศรษฐกิจ และความต้องการลักษณะภายนอกด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของ
เกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี
กชกร สายพัฒน์, วลัยลักษณ์ แก้ววงษา และ ฤทธิชัย พิลาไชย
A study of raising conditions, economy and phenotype needs of Thai buffaloes with local wisdom of farmer to conservation and development of Thai buffalo in Udon Thani Province
Kotchakorn Saipatana, Walailuck Keawwongsa and Rittichai Pilachai

113
- ผลของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค
ที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ
อภิชาติ กระจ่างเฒ่า, บุญล้ำ สุนทร, ศศิธร คนทน และ ธนภูมิ ศิริงาม
Influence of nutrient solution spraying rate on growth and yield of green oak lettuce (Lactuca sativa L.) cultivated in aeroponics system under controlled temperature greenhouse
Apichit Krajangyao, Boonlump Soontorn, Sasitorn Konthon and Thanapoom Siringam

120
- ความชุกของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรและความไวต่อสารต้านจุลชีพ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย
พิทักษ์ น้อยเมลล์
Prevalence of Salmonella isolated from pork and antimicrobial resistance in Mueang District, Loei Province
Pitak Noimay

129
- การสะสมโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย
นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, นพพล อรุณรัตน์ และ สุกัญญา เสรีนนท์ชัย
Accumulation of heavy metals in rice cultivation areas, Buri Ram Province, Thailand
Nathsuda Pumijumnong, Noppol Arunrat and Sukanya Sereenonchai

136
- การประเมินคุณภาพความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์
เนื้อโคบดอัดขึ้นรูปที่ผสมผงกระเจียบแดงระหว่างการเก็บเย็น
อุมาพร แพทย์ศาสตร์, นววรรณ พรหมภักดี, วิภาวี พรหมแทนสุด, โอภาสพิมพา, เจษฎา รัตนวุฒิ และ บดี คำลีเขียว
Evaluation of quality, antioxidant capacity and lipid oxidation of beef patties formulated with Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) powder during cold storage
Umaporn Pastsart, Navawan Prompakdee, Vipavee Promtansud, Opart Pimpa, Jessada Rattanawut and Bodee Khamseekhiew

144
- การออกแบบและพัฒนาเครื่องสางด้ายสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติ
ปิยะพงษ์ สิงห์บัว, รักพงษ์ ชันธวิธี, สवास อาจสาลี, อนุรักษ์ มะโนมัย, ชลดา ยอดยิ่ง และ กันตพงษ์ แซ่โล่
Design and development of semi-automatic polyester fiber carding machine
Piyapong Singbua, Rakpong Khanthawithi, Swas Oajsalee, Anurak Manomai, Chonlada Yodying and Kantapong Khaeso

151
- The prediction Brahman X Charolais and Brahman X Thai native with Evolutionary-Extreme Learning Machine in Phetchabun Province Thailand.
Worachai Srimuang, Janjira Tohwankaew and Piphat Chanartaeparporn

159



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของเกษตรกร ฟาร์มโคนมในประเทศไทย

อลิณฐิศา ครูพันธุ์ นิโรจน์ ลินณรงค์ กฤตวิทย์ อัจฉริยพานิชกุล และ วราภรณ์ นันทะเสน

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

Article history

รับ: 9 มกราคม 2566

แก้ไข: 17 กุมภาพันธ์ 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 18 กุมภาพันธ์ 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 10 เมษายน 2566

คำสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แนวปฏิบัติในการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การปรับตัว

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรฟาร์มโคนมในประเทศไทย 5 ด้าน ได้แก่ 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 3) การจัดการการให้อาหาร 4) การจัดการของเสียและมูลสัตว์ และ 5) การจัดการด้านสุขภาพสัตว์และโรคติดต่อ โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากฟาร์มเกษตรกรโคนมขนาดกลาง จำนวน 400 ตัวอย่าง ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เลี้ยงโคนมมากที่สุด ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบ โลจิสติกส์อันดับ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรฟาร์มโคนมกลุ่มตัวอย่างมีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติในการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภาพรวมในระดับปานกลาง โดยปัจจัยที่ส่งผลในการปฏิบัติในระดับที่สูงขึ้น มากที่สุด คือ ปัจจัยด้านบุคคล ได้แก่ การปรับตัว หากเกษตรกรมีรูปแบบของการปรับตัวเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อโอกาสในการปฏิบัติตามแนวการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในระดับมากเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.16 อย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุนในระบบ และปัจจัยด้านสังคม ที่ประกอบด้วย การเข้าร่วมกลุ่มสหกรณ์หรือศูนย์รับน้ำนม การช่วยเหลือหรือสนับสนุนจากภาครัฐและการเข้าถึงแหล่งข้อมูลข่าวสาร หากเกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ครบทั้ง 5 ด้าน จะเป็นการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่และสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ หน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปศุสัตว์จังหวัดและอำเภอ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจากสหกรณ์หรือศูนย์รับน้ำนมดิบที่เกษตรกรเป็นสมาชิก ควรเข้าไปให้ความรู้เพื่อยกระดับการรับรู้ให้ตระหนักถึงความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนส่งเสริมรูปแบบการปรับตัวตามแนวปฏิบัติในการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อบรรเทาและลดการสูญเสียผลผลิตจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ส่งผลกระทบไปทั่วโลก ก่อให้เกิดสภาพอากาศผันผวนอย่างรุนแรง ความแปรปรวนตามธรรมชาติที่เห็นได้ชัด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน รวมทั้งฤดูกาล ความรุนแรงของการเกิดความผิดปกติของสภาพอากาศและภัยธรรมชาติ เป็นที่ยอมรับว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2007) ได้ทำการศึกษาในช่วง 150 ปีที่ผ่านมา พบอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.76 องศาเซลเซียส จากแบบจำลองที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงที่คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจัดทำเมื่อปี ค.ศ. 2000 ยังรายงานอีกว่าภายในสิ้นศตวรรษนี้ อุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากระดับเมื่อ ค.ศ. 1980-1999 อีก 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจเติบโตและการพัฒนาของโลก

โดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมถึงประเทศไทยที่มีการพึ่งพาสภาพอากาศสำหรับการทำเกษตรกรรมและปศุสัตว์ค่อนข้างมาก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกดังกล่าว ส่งผลต่อทั้งวิถีชีวิตและอาชีพของมนุษย์ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรของพืชที่สำคัญ โดยเฉพาะประเทศในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Kurukulasuriya & Mendelsohn et al., 2017) ลดลงอย่างมาก ผลผลิตปศุสัตว์ลดลงขาดแคลนอาหารสัตว์ เกิดการเจ็บป่วยและการเสียชีวิต Sinnarong et al. (2018) ได้รายงานผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง พบอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงส่งผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าว โดยทุกอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ระดับผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีรายงานอุทกภัยช่วงปลายปี 2554 ได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตข้าวนาปีในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง รวมถึงภัยแล้งที่รุนแรงและต่อเนื่องในช่วงปี 2558-2559 ซึ่งเป็นวิกฤตที่รุนแรงที่สุดในรอบ 20 ปี ที่สร้างความเสียหายต่อ

*Corresponding author

E-mail address: Alinthita.teach@gmail.com (A. Khuruphan)

Online print: 10 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.1>

ผลผลิตทางปศุสัตว์ด้วย เช่น ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงโคนมจำนวนมากและเป็นแหล่งผลิตน้ำนมดิบที่สำคัญ ประสบปัญหาภัยแล้ง เกิดการขาดแคลนพืชอาหารโคอย่างเช่น หญ้าสด รวมถึงแหล่งน้ำกินแห้งขอด และสภาพอากาศที่ร้อนส่งผลให้ปริมาณน้ำนมที่รีดออกมามีผลต่ำกว่าปกติ โดยเฉลี่ยต่อโคนม 1 ตัวจะรีดได้ 10 กิโลกรัม ลดลงเหลือเพียง 6-7 กิโลกรัมต่อตัว ผลกระทบจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้กระทบต่อร่างกายโค ทำให้เกิดความเครียดจากความร้อน (Heat stress) เนื่องจากการระบายความร้อนจากร่างกายลดลง เป็นปัจจัยสำคัญในการให้น้ำนมลดลง (El-Tarabany et al., 2017) มีงานวิจัยของ Lamesegn (2018) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตปศุสัตว์ในเอธิโอเปียพบว่า ผลผลิตน้ำนมมีความไวต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เมื่อโคได้รับความร้อนสูง จะเกิดความเครียดเพิ่มการสูญเสียของเหลวในร่างกายจากการขับเหงื่อ เกิดอาการหอบ การบริโภคอาหารลดลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพและการผลิตน้ำนมลดลงกว่าร้อยละ 38 อีกทั้งงานวิจัยของ Vongnagnagnorn et al. (1998) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (Ambient temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH) ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมพบว่าสภาพอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส แม่โคจะผลิตน้ำนมได้สูงที่สุด 12.57 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นแม่โคจะผลิตน้ำนมได้น้อยลง ในงานวิจัยพบว่าแม่โคจะผลิตน้ำนมได้น้อยที่สุดที่ 10.89 กิโลกรัมต่อวัน ที่อุณหภูมิมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ในส่วนอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการให้ผลผลิต ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70.00-79.90 แม่โคให้ผลผลิตนมต่อวันได้สูงที่สุด 12.25 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 79.90 แม่โคจะผลิตน้ำนมได้น้อยลง เนื่องจากความชื้นในอากาศสูงขึ้น โคจะระบายความร้อนด้วยการระเหยออกทางผิวหนัง การหายใจจะลดลง และส่งผลต่อระบบสืบพันธุ์และผลผลิตน้ำนมในที่สุด แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อด้านปศุสัตว์ เช่น โคนม ด้วยเช่นกัน ดังนั้นหากมีมาตรการรับมือกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ที่สามารถลดผลกระทบดังกล่าวข้างต้น จะส่งผลดีในการการพัฒนาและปรับปรุงระบบการผลิตปศุสัตว์ให้มีประสิทธิภาพภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในอีกทางหนึ่งภาคปศุสัตว์ ยังเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) (FAO, 2021) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ที่มาจากการของการปล่อย GHG จากการหมักของลำไส้และการจัดการปุ๋ยคอก ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization, FAO) จึงได้เสนอแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate-smart livestock, CSL) โดยมีแนวปฏิบัติ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 3) การจัดการการให้อาหาร 4) การจัดการของเสียและมูลสัตว์ และ 5) การจัดการด้านสุขภาพสัตว์ละโรคติดต่อ ซึ่งหลักสำคัญในการปฏิบัติตามแนว CSL เพื่อ 1) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2) ผลผลิตปศุสัตว์ที่ดีขึ้น 3) ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

4) การกักเก็บคาร์บอน 5) การรวมปศุสัตว์เข้ากับเศรษฐกิจชีวภาพแบบวนเกษตร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการวิเคราะห์การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรฟาร์มโคนมในประเทศไทย (CSL) ซึ่งต่อไปนี้ผู้วิจัยจะใช้ตัวย่อ CSL เพื่อให้ทราบถึงระดับการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL และปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL โดยเกษตรกรสามารถเลือกแนวทางการปรับตัวไปใช้ในแต่ละระดับให้เหมาะสมในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การวิเคราะห์ที่ใช้แบบสอบถามข้อมูลจากฟาร์มเกษตรกรโคนมขนาดกลาง จำนวน 400 ตัวอย่างในพื้นที่เขตปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงโครีดนมมากที่สุดและอยู่ในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดราชบุรี เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา แล้วนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์โดยวิธี Ordered logit regression เพื่อให้ทราบระดับการปรับตัวและปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสที่เกษตรกรจะปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับที่สูงขึ้นได้ ไม่ใช่เพียงแค่ชี้แจงให้เกษตรกรปรับตัวอยู่ได้ แต่ต้องมีผลผลิตที่สูงขึ้น ลดการปล่อยออกของก๊าซเรือนกระจก และสามารถนำองค์ความรู้ไปขับเคลื่อนและสนับสนุนการทำฟาร์มโคนม ให้ยั่งยืน คาร์บอนต่ำ สร้างความมั่นคงทางอาหาร สามารถดำรงชีวิตที่ดีขึ้นได้ทั้งเกษตรกรและสังคม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิเคราะห์การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม (CSL) ใช้ข้อมูลเกษตรกรฟาร์มโคนมที่ขึ้นทะเบียนกับกรมปศุสัตว์และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่เขตปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงโครีดนมมากที่สุด เทียบฟาร์มขนาดกลางที่มีจำนวนโครีดนมตั้งแต่ 10 ตัวขึ้นไป ได้แก่ พื้นที่เขต 1 เขต 3 และเขต 7 รวม 11 จังหวัด จำนวน 5,089 ราย มาคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ ทาโรยามาเน (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ประมาณ 400 ราย โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience sampling) เป็นตัวอย่างที่สามารถให้ข้อมูลและผู้วิจัยสามารถเดินทางเก็บข้อมูลได้ โดยเป็นอำเภอที่เลี้ยงและผลิตโครีดนมเป็นหลักของประเทศไทย 3 อำเภอ มาเป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ได้แก่ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี (Table 1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามที่การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) กับเกษตรกรผู้ผลิตโคนม (Try out) รวมจำนวน 30 ราย ซึ่งไม่ใช่ประชากรกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเครื่องมือได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.853 เป็นค่ามากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยอ้างอิงจาก (Nunnally, 1978)

Table 1 Population and samples of dairy farmers in Saraburi, Nakhon Ratchasima, and Ratchaburi Provinces

Provinces	Population	The number of samples that can be calculated	Number of samples collected
Muaklek, Saraburi	2,362	185.65	186
Pak Chong, Nakhon Ratchasima			
Photharam, Ratchaburi	1,757	138.11	138
	970	76.24	76
Total	5,089	400	400

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยวิธี Ordered logit models ในการวิเคราะห์เนื่องจากตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาอยู่ในลักษณะเรียงลำดับ โดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ย การปฏิบัติตามกรอบ CSL ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 3) การจัดการการให้อาหาร 4) การจัดการของเสียและมูลสัตว์ และ 5) การจัดการด้านสุขภาพสัตว์โรคติดต่อ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (คือ มาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง ค่อนข้างน้อย และน้อย) และการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (Errors follow logistic distribution) ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test คือ Prob. = 0.0088 เมื่อ H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ปัจจัยด้านบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ส่งผลต่อการปฏิบัติตามแนว CSL มีข้อดีคือ สามารถเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการนำแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate-smart livestock, CSL) ของเกษตรกรไปใช้ในแต่ละระดับได้ โดยประยุกต์แนวคิดของ (Fischer et al., 2005) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กำหนดให้ตัวแปรตาม คือ การปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ของเกษตรกร โดยจัดลำดับจากคะแนนเฉลี่ยตามแนวปฏิบัติตามกรอบ CSL (ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 3) การจัดการการให้อาหาร 4) การจัดการของเสียและมูลสัตว์ และ 5) การจัดการด้านสุขภาพสัตว์โรคติดต่อ)

โดยกำหนดคะแนนการปฏิบัติตามแนว CSL ของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา 6 ระดับ คือ $CSL_i = 0, 1, 2, 3, 4$ และ 5 ตามมาตรฐานของลิเคิร์ต (Likert scale) มีเกณฑ์การให้คะแนนคำตอบ ดังนี้

- $CSL_i = 0$ เมื่อเกษตรกรไม่มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS
 $CSL_i = 1$ เมื่อเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS ในระดับน้อย
 $CSL_i = 2$ เมื่อเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS ในระดับค่อนข้างน้อย
 $CSL_i = 3$ เมื่อเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS ในระดับปานกลาง
 $CSL_i = 4$ เมื่อเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS ในระดับค่อนข้างมาก
 $CSL_i = 5$ เมื่อเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CLS ในระดับมาก

$$\text{ช่องว่างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{(5-0)}{6}$$

เกณฑ์การแปลความหมาย เพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยในช่วงคะแนนดังต่อไปนี้
 คะแนนเฉลี่ย 0.0000-0.8333 แปลความว่า ไม่มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL

คะแนนเฉลี่ย 0.8334-1.6666 แปลความว่า มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.6667-2.4999 แปลความว่า มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับค่อนข้างน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.5000-3.3332 แปลความว่า มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.3333-4.1665 แปลความว่า มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับค่อนข้างมาก

คะแนนเฉลี่ย 4.1666-4.9999 แปลความว่า มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับมาก

เนื่องจากแนวปฏิบัติ CSL เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Unobservable variable) จึงกำหนดเป็นตัวแปรแฝง (Latent variable) เท่ากับ CSL^* และกำหนดสมการความสัมพันธ์ของโอกาสในการปฏิบัติตามแนว CSL ของเกษตรกรกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเชิงเส้นตรง (Sinnarong et al., 2019) ได้ดังสมการที่ (1)

$$CSL^* = x_i'\beta + u_i \quad (1)$$

ค่าตัวแปร CSL_i มีค่าเท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5 ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรแฝง CSL^* ว่าอยู่ในช่วงใดต่อไปนี้

$CSL_i = 1$ ถ้าเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับน้อย ($CSL^* \leq u_1$)

$CSL_i = 2$ ถ้าเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับค่อนข้างน้อย ($u_1 < CSL^* < u_2$)

$CSL_i = 3$ ถ้าเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับปานกลาง ($u_2 < CSL^* < u_3$)

$CSL_i = 4$ ถ้าเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับค่อนข้างมาก ($u_3 < CSL^* < u_4$)

$CSL_i = 5$ ถ้าเกษตรกรปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ในระดับมาก ($CSL^* \geq u_5$)

β_i คือ ค่าพารามิเตอร์ X_i คือ ตัวแปรอธิบาย

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา ดังสมการที่ (2)

$$CSL^* = \beta_1 GEN + \beta_2 EDU1 + \beta_3 EDU2 + \beta_4 EDU3 + \beta_5 EDU4 + \beta_6 EXP + \beta_7 HHL + \beta_8 SIZ + \beta_9 DEB + \beta_{10} CRE + \beta_{11} INC + \beta_{12} GRP + \beta_{13} GOV + \beta_{14} INF + \beta_{15} ADP + \epsilon \quad (2)$$

รายละเอียดตัวแปรสรุปได้ดัง Table 2 ทั้งนี้ สมการที่ (2) สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าดังสมการที่ (3)

$$P = \beta_1 GEN + \beta_2 EDU1 + \beta_3 EDU2 + \beta_4 EDU3 + \beta_5 EDU4 + \beta_6 EXP + \beta_7 HHL + \beta_8 SIZ + \beta_9 DEB + \beta_{10} CRE + \beta_{11} INC + \beta_{12} GRP + \beta_{13} GOV + \beta_{14} INF + \beta_{15} ADP = E(CSL^*) \quad (3)$$

โดย P_i คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่ง

พารามิเตอร์ที่ต้องประมาณ ได้แก่ β_i จำนวน 15 ตัว และ u_i จำนวน 6 ตัว ซึ่งผลการประมาณค่าจากแบบจำลองดังกล่าว สามารถนำไปใช้หาความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ

CSL ของเกษตรกร ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Prob}(\text{CSL}=0) = (1 + \exp(P \cdot u_0))^{-1}$$

$$\text{Prob}(\text{CSL}=1) = (1 + \exp(P \cdot u_1))^{-1} - (1 + \exp(P \cdot u_0))^{-1}$$

$$\text{Prob}(\text{CSL}=2) = (1 + \exp(P \cdot u_2))^{-1} - (1 + \exp(P \cdot u_1))^{-1}$$

$$\text{Prob}(\text{CSL}=3) = (1 + \exp(P \cdot u_3))^{-1} - (1 + \exp(P \cdot u_2))^{-1}$$

$$\text{Prob}(\text{CSL}=4) = (1 + \exp(P \cdot u_4))^{-1} - (1 + \exp(P \cdot u_3))^{-1}$$

$$\text{Prob}(\text{CSL}=5) = 1 - (1 + \exp(P \cdot u_4))^{-1}$$

Table 2 Definition of variables in the analysis

Variables	Meaning	Unit/variable value	Measurement method
CSL	Adaptation CSL practice 5 aspects 1) Energy efficiency management 2) Grazing management 3) Feed and feeding management 4) Manure and waste management 5) Animal disease and health	0 = No practice 1 = Minimal practice 2 = Little practice 3 = Moderate practice 4 = Practicing quite a lot 5 = practice a lot	Graded based on the mean scores of farmers' CSL adaptations in 5 aspects
Personal factor		Description	
GEN		Gender, 0 = Female, 1 = Male	
EDU1		Primary education, 0 = No, 1 = Elementary school 4-7	
EDU2		Junior high school education/or equivalent 0 = No, 1 = Elementary/Vocational Education	
EDU3		High school education/or equivalent 0 = No, 1 = High School/High Vocational	
EDU4		Bachelor's degree, 0 = No, 1 = Bachelor's degree	
EXP		Dairy farming experience, Number of years raising dairy cows	
ADP		Farmer's adaptation, 0 = No adaptation, 1 = Adaptation	
Economic factor			
INC		Income from milk production baht per month	
DEB		Debt from raising dairy cows baht per month	
CRE		Access to funding sources in the system, 0 = No access, 1 = Access	
HHL		Household labor, Number of dairy farmers in the household (person)	
SIZ		Farming area size, Total number of dairy farming areas (Rai)	
Social factor			
GRP		Join group, Cooperative, Raw milk center, Number of participating groups	
GOV		Receiving assistance or support from the government, Number of times	
INF		Source of information on dairy production, 0 = No access, 1 = Access	

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจข้อมูลของเกษตรกรฟาร์มโคนม พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ มีการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ ทั้งอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นในฤดูร้อนที่ทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมและการกินอาหารลดลง และในช่วงหน้าแล้งก็จะพบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตร รวมถึงโรคจากปรสิต เช่น โรคพยาธิในเลือด ซึ่งจะเกิดขึ้นมากในช่วงฤดูฝน ที่มีส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในด้านผลผลิตและระบบสืบพันธุ์ของโคนม (Djelailia et al., 2020) เป็นต้น เกษตรกรมีการปรับตัวเล็กน้อยในเรื่องอาหารที่ขาดแคลนโดยใช้วัตถุดิบธรรมชาติในท้องถิ่น เช่น ปลูกหญ้าหรือ ร้อยละ 10.50

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับการปรับตัวตามแนว CSL ทั้ง 5 ด้านจากกรอบ (FAO, 2021) ได้แก่ 1) การจัดการประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2) การจัดการทุ่งเลี้ยงสัตว์ 3) การจัดการให้อาหาร 4) การจัดการของเสียและมูลสัตว์ และ 5) การจัดการสุขภาพสัตว์และโรคติดต่อ เพื่อให้ทราบระดับการปรับตัว ด้วยคะแนนทั้ง 6 ระดับ จาก

Table 3 พบว่าเกษตรกรมีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ภาพรวมระดับในปานกลาง ด้วยระดับคะแนน $\bar{x} = 2.76$ (S.D.= 0.93) หากจำแนกตามลักษณะการปรับตัวแต่ละแนวปฏิบัติ CSL พบว่าเกษตรกรมีการปรับตัวอยู่ในระดับค่อนข้างมาก ในข้อ 5) ด้านการจัดการสุขภาพสัตว์และโรคติดต่อ ร้อยละ 70.80 โดยมีการทำแผนและวิธีการล้างทำความสะอาดโรงเรือน ทำความสะอาดอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตนม และมีแผนการให้วัคซีนป้องกันการเกิดโรคติดต่อและปรสิตในโคนม เช่น โรคปากและเท้า เป็นประจำ ตามการปฏิบัติที่ดีที่กำหนดตั้งแต่บรรพบุรุษ มากกว่าการปฏิบัติด้านอื่น รองลงมาคือ ข้อ 4) ด้านการจัดการของเสียและมูลสัตว์โดยมีการจัดการส่งปฏิภูม เช่น มูลสัตว์ น้ำทิ้ง ไปที่บ่อพัก ป้องกันของเสียจากฟาร์มที่ชะล้าง ปนเปื้อนในน้ำ ดิน หรืออากาศ ซึ่งจะเป็นสาเหตุการเจ็บป่วยของโคนมหรือทำให้โคเสียชีวิต เกษตรกรร้อยละ 59.80 ทำการแปรรูปมูลสัตว์และของเสียจากฟาร์มไปทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์และพลังงานทดแทน และโยยออกจากพื้นที่คอกเพื่อไปทำการตากแห้งบรรจุกระสอบจำหน่ายให้กับไร่และสวนเอกชนไปใช้ทำปุ๋ยหมักและปุ๋ยอินทรีย์

Table 3 Adaptation of climate-mart livestock

CSL framework	$\bar{x}$	S.D.	Level of CSL adaptation
1. Energy efficiency management	1.1838	1.1297	Little
- Modify of the dairy housing structure	2.2725	1.7352	Little
- Use ventilation fans	0.7200	1.4183	No
- Use a fan to spray water mist	0.4300	1.1172	No
- Use a shower in conjunction with a ventilation fan	1.3125	1.7211	Minimal
2. Grazing management	2.3708	1.1297	Little
- Reduce the grazing of cattle	2.0250	1.7811	Little
- Managing the frequency and duration of grazing	2.0400	1.8115	Little
- Management of resting points shade for cattle over time	3.0475	1.6254	Moderate
3. Feeding management	2.8450	1.3519	Moderate
- Modification of feed composition by using local feed ingredients	3.2950	1.4979	Moderate
- Adjustment of feeding time/frequency	2.5600	1.7128	Moderate
- Agroforestry by planting plants in combination with trees to increase soil carbon sequestration	2.2425	1.9579	Little
- Availability of a clean water source or building a water storage pond on the farm	2.4250	1.9491	Little
4. Manure and waste management	3.3950	1.3862	Quite a lot
- There is a standard procedure for dealing with sewage, such as manure and effluent	3.7925	1.4747	Quite a lot
- Process waste from the farm to make compost or organic fertilizer for sale	3.8675	1.4630	Quite a lot
- A wastewater treatment system is used to reuse biogas	2.5250	2.2049	Moderate
5. Animal disease and health	3.9893	1.0122	Quite a lot
- Knowledge and practical guidelines that can control and prevent disease in cattle	4.0050	1.2303	Quite a lot
- Have a plan for vaccination against foot-and-mouth disease	4.5050	0.9682	A lot
- Use appropriate methods when livestock is sick, such as giving antibiotics and medication for the treatment of mastitis	4.2125	1.1272	A lot
- Vaccinate against methane-producing microorganisms.	3.1750	2.0579	Moderate
Overview	2.7568	0.9260	Moderate

Remark: A lot = 4.01-5.00, quite a lot = 3.01-4.00, moderate = 2.01-3.00, minimal = 1.01-2.00 and little = 0.00-1.00.

Table 4 The result of the analysis of factors affecting the CSL implementation

Variable	Coefficient	Standard error	Z-statistic	Significant
Personal Factors				
Gender (GEN) / ^{dum}	-0.1964	0.1896	-1.04	0.300
Primary education (EDU1) / ^{dum}	-0.4214	0.7975	-0.53	0.597
Junior high school education (EDU2) / ^{dum}	-0.3818	0.6816	-0.56	0.575
Bachelor's degree dairy (EDU4) / ^{dum}	0.3054	0.7052	0.43	0.665
Farming experience (EXP)	0.0017	0.0153	0.11	0.913
Farmer's adaptation (ADP)	0.3655	0.0660	5.54	0.000***
Economic factors				
Income from milk production (INC)	4.89e-08	1.18e-07	0.41	0.679
Debt from raising dairy cows (DEB)	-2.29e-07	1.01e-07	-2.26	0.024**
Access to funding sources in the system (CRE)	-0.3706	0.1281	-2.89	0.004***
Household labor (HHL)	-0.0511	0.0752	-0.68	0.497
Farming area size (SIZ)	0.0222	0.0147	1.51	0.131
Social Factors				

Variable	Coefficient	Standard error	Z-statistic	Significant
Join groups such as cooperatives and raw milk centers (GRP)	-0.3193	0.1481	-2.16	0.031**
Receiving assistance or support from the government (GOV)	-0.1131	0.0348	-3.25	0.001***
Source of information on dairy production (INF)	0.2559	0.0921	2.78	0.005***
Cut1	-3.4251	0.9005		Log likelihood = -485.8890
Cut2	-0.4376	0.8637		LR $\chi^2(15) = 112.90$
Cut3	0.8853	0.8614		Prob > $\chi^2 = 0.0000$
Cut4	3.6619	0.8950		Pseudo $R^2 = 0.1041$

*, **, *** Significant difference at $p < 0.10, 0.05, 0.01$.

/^{dum} Dummy variable.

Table 5 Marginal effects of independent variables on the likelihood of compliance with the CSL framework

ตัวแปร (Variable)	Prob(CSL=1)	Prob(CSL=2)	Prob(CSL=3)	Prob(CSL=4)	Prob(CSL=5)
	0.0240	0.3038	0.3190	0.3203	0.0329
Prosonal factors					
Gender (GEN) / ^{dum}	0.0046	0.0387	0.0016	-0.0386	-0.0062
Primary education (EDU1) / ^{dum}	0.0119	0.0861	-0.0079	-0.0789	-0.0113
High school education (EDU3) / ^{dum}	-0.0025	-0.0208	-0.0010	0.0208	0.0034
Bachelor's degree dairy (EDU4) / ^{dum}	-0.0064	-0.0580	-0.0074	0.0610	0.0108
Farming experience (EXP)	-0.0000	-0.0003	-0.0000	0.0003	0.0001
Farmer's adaptation (ADP)	-0.0086***	-0.0720***	-0.0030	0.0719***	0.0116***
Economic factors					
Income from Milk production (INC)	-1.15e-09	-9.36e-09	-3.96e-10	9.62e-09	1.55e-09
Debt from raising dairy cows (DEB)	5.37e-09**	4.51e-08**	1.86e-09	-4.51e-08**	-7.29e-09**
Access to funding sources in the system (CRE)	0.0087**	0.0730***	0.0030	-0.0729***	-0.0118**
Household labor (HHL)	0.0012	0.0101	0.0004	-0.0100	-0.0016
Farming area size (SIZ)	-0.0005	-0.0044	-0.0002	0.0044	0.0007
Social factor					
Join groups such as cooperatives and raw milk centers (GRP)	0.0075*	0.0629**	0.0026	-0.0628**	-0.0102**
Receiving assistance or support from the government (GOV)	0.0026***	0.0223***	0.0009	-0.0222***	-0.0036***
Source of information on dairy production (INF)	-0.0060**	-0.0504***	-0.0021	0.0503***	0.0081**

*, **, *** Significant difference at $p < 0.10, 0.05, 0.01$.

/^{dum} Dummy variable.

จาก Table 4 ผลการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Model test) ด้วยค่าสถิติ Likelihood ratio (LR) Chi-Square พบมีค่าเท่ากับ 112.90 (Prob = 0.000) ซึ่งหมายความว่า ตัวแปรอธิบายทุกตัว (ด้านบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม) ที่นำเข้ามาในแบบจำลอง ส่งผลต่อแนวปฏิบัติในการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (CSL) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และผลการทดสอบสาร

รูปสมมติ (Goodness of fit) ของแบบจำลองและตัวแปรตามเป็นเชิงคุณภาพ ค่าสถิติ Pseudo R-square มีค่าเท่ากับ 0.1041 หมายความว่า ตัวแปรทุกตัว (ด้านบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม) มีประสิทธิภาพในการอธิบายโอกาสในการปฏิบัติตามแนว CSL ได้ร้อยละ 10.41

ผลวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำแนวปฏิบัติ CSL ไปใช้พบว่า มีตัวแปรทั้ง 6 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านบุคคล จำนวน 1 ปัจจัย

ได้แก่ การปรับตัวของเกษตรกร (ADP) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ จำนวน 2 ปัจจัย ประกอบด้วย หนี้สินที่เกิดจากการเลี้ยงโคนม (DEB) การเข้าถึงแหล่งเงินทุนในระบบ (CRE) ปัจจัยด้านสังคม จำนวน 3 ปัจจัย ประกอบด้วย การเข้าร่วมกลุ่ม/สหกรณ์/ศูนย์รับน้ำนม (GRP) การได้รับความช่วยเหลือหรือสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐต่อการผลิตโคนม (GOV) แหล่งข้อมูลข่าวสารในการผลิตโคนม (INF) ส่งผลต่อการปฏิบัติตาม CSL อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดง (Table 4)

แทนค่า u_j โดยที่ $j = 0, 1, 2, 3, 4$ คือ จุดแบ่งแยกค่าของการปฏิบัติตามแนว CSL (Threshold value) แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม พบว่า ไม่มีเกษตรกร ไม่มีการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ทำให้การคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูปจึงไม่สามารถคำนวณค่าจุดแบ่งแยกของการปฏิบัติตามแนว CSL ได้ ดังนั้นจะสามารถแบ่งกลุ่มตามการปฏิบัติตามแนว CSL ได้ดังนี้

CSL₁ = 1 เมื่อ $CSL^* \leq -3.4251$
 CSL₁ = 2 เมื่อ $-3.4251 < CSL^* < -4.376$
 CSL₁ = 3 เมื่อ $-4.376 < CSL^* < 8.8853$
 CSL₁ = 4 เมื่อ $8.8853 < CSL^* < 3.6619$
 CSL₁ = 5 เมื่อ $CSL^* \geq 3.6619$

นอกจากนี้ ยังสามารถหาผลกระทบส่วนเพิ่ม (Marginal effect) ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวต่อความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะปฏิบัติตามแนว CSL ได้ดังแสดงใน Table 5

จาก Table 5 การวิเคราะห์การปรับตัวตามแนวปฏิบัติการทำปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (CSL) ของฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม พบว่าปัจจัยทั้ง 6 ตัวแปรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีการปฏิบัติตามแนว CSL ที่ระดับค่อนข้างน้อย (CSL = 2) และ ระดับปานกลาง (CSL = 3) ที่ร้อยละ 30.38 และ 31.90 ตามลำดับ และสัดส่วนเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่มีมากที่สุดร้อยละ 32.03 คือ กลุ่มที่มีการปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับค่อนข้างมาก (CSL = 4) สามารถอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับที่สูงขึ้น (เป็นระดับมาก (CSL = 5)) ซึ่งจะมีเพียงปัจจัยหนี้สินที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงโคนม ที่ผลกระทบส่วนเพิ่ม (Marginal effect) ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มโอกาสในการปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับที่สูงขึ้น ดังนี้

1. ปัจจัยด้านบุคคล ประกอบด้วย

การปรับตัวของเกษตรกร (ADP) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติตามแนว CSL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และเมื่อพิจารณาจากค่า Marginal effect พบว่าหากเกษตรกรมีรูปแบบของการปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับมากเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.29 เป็น 4.45 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.16) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Abbas et al. (2019) ที่ได้บ่งชี้ว่าหากเกษตรกรทราบรูปแบบในการรับมือจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จะทำให้เกษตรกรมีความตั้งใจที่จะปรับตัวเพิ่มขึ้นเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเพิ่มมากขึ้น

2. ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ประกอบด้วย

การเข้าถึงแหล่งเงินทุนในระบบ (CRE) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติตามแนว CSL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และเมื่อ

พิจารณาจากค่า Marginal effect พบว่าหากเกษตรกรมีจำนวนการเข้าถึงแหล่งเงินทุน (แหล่งเงินกู้) เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับมากเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.29 เป็น 4.47 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.18) สอดคล้องกับงานของ Gbetibouo (2009) การเข้าถึงสินเชื่อเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการปรับตัว เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีภายในฟาร์มเพื่อปรับเปลี่ยนฟาร์มให้มีมาตรฐานตามแนวปฏิบัติ CSL ได้

3. ปัจจัยด้านสังคม ประกอบด้วย

การเข้าร่วมกลุ่ม/สหกรณ์/ศูนย์รับน้ำนม (GRP) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติตามแนว CSL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และเมื่อพิจารณาจากค่า Marginal effect พบว่า หากเกษตรกรมีจำนวนการเข้าร่วมกลุ่ม/สหกรณ์/ศูนย์รับน้ำนม เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับมาก เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.29 เป็น 4.31 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.02) สอดคล้องกับงานของ Barnes et al. (2013), Abbas et al. (2019) และ Chankong & Sittisuntikul et al. (2019) หากมีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเกษตรกรด้วยกัน การปฏิสัมพันธ์กับเจ้าหน้าที่ส่งเสริม การเข้าร่วมกลุ่มชุมชนต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ และได้แหล่งข้อมูลข่าวสารที่ใช้ในพื้นที่ได้เพียงพอและเหมาะสม จะเพิ่มการตัดสินใจในการปฏิบัติตามแนว CSL เพิ่มขึ้น

การได้รับความช่วยเหลือหรือสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐต่อการผลิตโคนม (GOV) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปฏิบัติตามแนว CSL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และเมื่อพิจารณาจากค่า Marginal effect พบว่า หากเกษตรกรได้รับความช่วยเหลือหรือสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐต่อการผลิตโคนมเพิ่มขึ้น 1 ครั้ง จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่จะปฏิบัติตามแนว CSL ในระดับมาก เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.29 เป็น 3.65 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.36) สอดคล้องกับงานของ Jones et al. (2013) มาตรการ สิ่งจูงใจ คำแนะนำและการสนับสนุนเชิงนโยบายที่ปฏิบัติได้จริง เป็นปัจจัยสำคัญสูงสุดเนื่องจากเป็นหน่วยงานที่ต้องมีนโยบายลงมายังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเพิ่มความรู้เกี่ยวกับการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ทั้งด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ

สรุปผลการวิจัย

จากปัจจัยทั้งหมดหากเกษตรกรฟาร์มโคนมมีโอกาสที่จะปฏิบัติตามแนว ทั้ง 5 ด้านได้มากขึ้น จะทำให้เกิดแนวปฏิบัติที่เหมาะสมที่สามารถนำไปปรับใช้ เกษตรกรควรศึกษาแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ ด้านการจัดการมาตรฐานฟาร์มตามแนวปฏิบัติปศุสัตว์ที่เท่าทันต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate-smart livestock) ได้แก่ การดัดแปลงโรงเรือนให้สามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น การจัดการเวลาการให้อาหารเพื่อลดการสร้างความร้อนในกระบวนกรย่อย การจัดการมูลสัตว์ของเสียกลับมาใช้ใหม่ในรูปก๊าซชีวภาพ (Biogas) รวมถึงการแปรรูปทำปุ๋ยหมักหรือทำปุ๋ยอินทรีย์จำหน่ายให้กับเกษตรกรชาวไร่ชาวนาสวนที่มารับซื้อเป็นการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มรายได้ แม้จะมีข้อจำกัดในบางข้อ เช่น เรื่องงบประมาณลงทุนสูงในการปรับเปลี่ยน แต่ยังมีข้อปฏิบัติที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการใช้ก๊าซชีวภาพ ซึ่งแก้ปัญหาต้นทุนพลังงานและเป็นการช่วยดูแลด้านสุขอนามัย กำจัดแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคให้

เป็นการลดต้นทุนด้านการรักษาหากโคเจ็บป่วยได้ แต่หากเกษตรกรปฏิบัติได้ จะสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ข้อค้นพบเกี่ยวกับอุปสรรคในการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ CSL ของเกษตรกร พบว่ามี เกษตรส่วนใหญ่ยังเลี้ยงโคนม ในรูปแบบดั้งเดิม ตามบรรพบุรุษ มีเพียงไม่ถึงร้อยละ 10 ที่มีการปรับเปลี่ยน ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรรุ่นใหม่ที่มาสืบทอด หรือเป็นเกษตรกรหน้าใหม่ และในฟาร์มขนาดใหญ่ที่ได้รับมาตรฐานฟาร์ม โดยมาตรฐานฟาร์มจะมุ่งเน้นส่งเสริม 1) คุณภาพน้ำนม 2) การจัดการฟาร์ม และ 3) การจัดการอาหาร และเกษตรกรมองว่า หากปรับเปลี่ยนปฏิบัติตาม จะเป็นต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่ารายได้หรือผลผลิตที่ได้กลับมา คล้ายกับงาน Abbas et al. (2019) ที่ชี้ให้เห็นประเด็นเดียวกันเรื่อง ความสำคัญในการปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ไม่ได้เกิดจากอายุการศึกษา หรือประสบการณ์ แต่เกิดจากการรับรู้เข้าใจเมื่อได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความร้อน ภัยแล้ง และน้ำท่วม แต่ยังขาดการเข้าถึงความรู้ ข้อมูลผลกระทบและการส่งเสริมให้ปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL ตลอดจนการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ดังนั้น การส่งเสริมจากภาครัฐ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมและเครือข่ายสังคมที่เกษตรกรมีส่วนร่วม ควรเข้าไปให้ความรู้ เพื่อยกระดับการรับรู้และส่งเสริมให้ตระหนักถึงความเสี่ยงและผลกระทบ ตลอดจนส่งเสริมอบรมวิธีปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามแนวปฏิบัติ CSL พัฒนาข้อมูลการทำนายสภาพภูมิอากาศในอนาคตและทำให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงและนำไปใช้ได้ รวมถึงการสนับสนุนเชิงนโยบายทั้งในภาคปฏิบัติที่ทำได้จริงหรือสนับสนุนการเข้าถึงด้านสินเชื่อจากภาครัฐ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรตัดสินใจปรับตัวตามแนวปฏิบัติ CSL เพื่อลดการสูญเสียผลผลิตจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ช่วยสร้างรายได้และความมั่นคงทางอาหาร

References

- Abbas, Q., Han, J., Adeel, A., & Ullah, R. (2019). Dairy Production under climatic risks: Perception, perceived impacts and adaptations in Punjab, Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 4036. doi: 10.3390/ijerph16204036
- Barnes, A. P., Islam, M. M., & Toma, L. (2013). Heterogeneity in climate change risk perception amongst dairy farmers: A latent class clustering analysis. *Applied Geography*, 41, 105-115. doi: 10.1016/j.apgeog.2013.03.011
- Chankong, J., & Sittisuntikul, K. (2019). Adaptation of oil palm farmers on climate change-A case study of Surat Thani. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Suppl. 1), 53-58. (in Thai)
- Djelailia, H., Bouraoui, R., Jemmali, B., & Najar, T. (2020). Effects of heat stress on reproductive efficiency in Holstein dairy cattle in the North African arid region. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(9), 1250-1257.
- El-Tarabany, M. S., Roushdy, E. M., & El-Tarabany, A. A. (2017). Production and health performance of Holstein, Brown Swiss and their crosses under subtropical environmental conditions. *Animal Production Science*, 57(6), 1137-1143. doi: 10.1071/AN15809
- FAO. (2021). *Climate-smart livestock production: A practical guide for Asia and the Pacific region*. Accessed January 3, 2023. Retrieved from <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CB3170EN/>
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & Van Velthuisen, H. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067-2083. doi:10.1098/rstb.2005.1744
- Gbetibouo, G. A. (2009). *Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: The case of the Limpopo Basin, South Africa*. Washington, D. C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: The Physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Accessed January 15, 2023. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-frontmatter-1.pdf>
- Jones, A. K., Jones, D. L., Edward-Jones, G., & Cross, P. (2013). Informing decision making in agricultural greenhouse gas mitigation policy: A best-worst scaling survey of expert and farmer opinion in the sheep industry. *Environmental Science & Policy*, 29, 46-56.
- Kurukulasuriya, P., & Mendelsohn, R. (2017). Impact and adaptation of South-East Asian farmers to climate change: Conclusions and policy recommendations. *Climate Change Economics*, 8(03), 1740007. doi: 10.1142/S2010007817400073
- Lamesegn, D. (2018). Review on effects of climate change on livestock production in Ethiopia.

- Online Journal of Animal and Feed Research*, 8(6), 185-189.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Sinnarong, N., Pongcharoen, K., Thaeye, K., Phuntulee, S., & Ngampiboonwet, W. (2018). *The association of weather variables with rice production and simulation of agro-adaptation measure for northeast Thailand: evidence from panel data model. International Journal of Global Warming*, 14(3), 330-355. doi: 10.1504/IJGW.2018.090400
- Sinnarong, N., Thaeye, K., Phuntulee, S., Susawaengsup, C., & Aiikulola, O. I. (2019). Impacts of climate change and adaptation simulation for risk reduction of rain-fed rice production in central region. *Economics and Public Policy Journal*, 10(19), 36-58. (in Thai)
- Vongnagnagorn, C., Indratula, T., & Bunyanuwat, K. (1998). *Effect of environmental temperature and humidity on milk production and fertility in Holstein Friesian crossbreed dairy cows*. Accessed January 31, 2023. Retrieved from file:///C:/Users/acer/Downloads/KC3602035%20(3).pdf
- Yamane, T. (1973). *Statistics: an introductory analysis* (3rd ed.). New York: Harper and Row.

Research article

Adaptation of climate-smart livestock practices on dairy cows farmers in Thailand

Alinthita Khuruphan* Nirote Sinnarong Kittawit Autcharyapanitkul and Waraporn Nunthasen

Program in Applied Economics, Faculty of Economics, Maejo University, San Sai, Chiangmai, 50290

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 9 January 2023

Revised: 17 February 2023

Accepted: 18 February 2023

Online published: 10 April 2023

Keyword

Climate change

Climate-smart livestock practices

Adaptation

ABSTRACT

This study examines the adaptation of dairy farmers in Thailand in five aspects according to the latest climate change guidelines: 1) efficient energy management 2) grazing management 3) feed management 4) manure and waste management 5) animal health and disease management. A questionnaire was used to collect data from 400 medium-sized dairy cows in Saraburi, Nakhon Ratchasima, and Ratchaburi Provinces using order logit regression analysis. The study found that dairy farmers in the sample group were moderately adapted to the overall climate change in livestock farming practices. The factor that contributed the most to the higher level of practice was the personal factor, i.e., individual adaptability. If farmers have more forms of adaptation, it will affect the likelihood of complying with the Climate-smart livestock (CSL) at a large level, significantly increasing by 1.16 percentage, followed by economic factors such as access to funding sources in the system, social factors comprised of joining a cooperative group or a milk collection center, assistance or support from the government and access to information sources. Farmers who complete all five aspects will be able to mitigate the effects of climate change in the area and be in line with the climate. Government agencies and related agencies, including provincial and district livestock extension officers from cooperatives or raw milk receiving centers where farmers are members, should be provided with knowledge to raise awareness of the risks and impacts of climate change as well as promote adaptation models based on livestock farming practices that are abreast of climate change to mitigate and reduce yield losses from climate change impacts that will increase in the future.

*Corresponding author

E-mail address: Alinthita.teach@gmail.com (A. Khuruphan)

Online print: 10 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.1>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง

เปรมประชา ดรชัย¹ รจนา ภูสมตา² อรปรียา ปะตาทะโย² และ พรพิชญ ธรรมปัทม^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 21 กุมภาพันธ์ 2566

แก้ไข: 23 มีนาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มีนาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 18 เมษายน 2566

คำสำคัญ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลผลิตทางการเกษตร

จังหวัด

ขนมขบเคี้ยว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยทำการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (300-500 กรัม) ผงจิ้งหรีด (200-400 กรัม) และมันเทศ (300-500 กรัม) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ วางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาสัดส่วนของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ผงจิ้งหรีด และมันเทศ ต่อความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ คือ การใช้แป้งมันสำปะหลัง ผงจิ้งหรีด และมันเทศ ปริมาณ 428, 200 และ 372 กรัม ตามลำดับ ทำให้ได้ค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สูงสุดเท่ากับ 7.87 สำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดมีองค์ประกอบทางเคมีในด้านโปรตีน โยอาหาร และแร่ธาตุสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทางการค้า (ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา) ส่วนอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้ง แต่มีค่าสูงกว่าข้าวเกรียบปลา ($p \leq 0.05$)

บทนำ

การขับเคลื่อนสินค้าเกษตร อาหาร และพลังงานทดแทนจากสินค้าเกษตร เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่รัฐบาลให้ความสำคัญ โดยมุ่งเน้นสร้างความเข้มแข็งและความสมดุลของภาคการเกษตร เพื่อให้การขับเคลื่อนสินค้าเกษตร อาหาร และพลังงานทดแทนจากสินค้าเกษตรของพืชเศรษฐกิจให้เกิดความสมดุลเข้มแข็งและมั่นคง รวมทั้งมีขีดความสามารถในการแข่งขันที่ยั่งยืน อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศได้ในภาพรวม ขณะที่ความผันผวนของราคาสินค้าเกษตรนับเป็นอีกสาเหตุหลักของความเสี่ยงในภาคการเกษตร โดยเฉพาะราคาสินค้าเกษตรในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีราคาผันผวนหรือราคาคงต่ำจนเกิดการชุมนุมเรียกร้องจากเกษตรกรให้ภาครัฐเข้ามามีมาตรการดำเนินการช่วยเหลือเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาคสินค้าเกษตร เพื่อให้สินค้าเกษตรมีเสถียรภาพด้านราคา ส่งเสริมให้สินค้าเกษตรได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสม สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรสามารถขายสินค้าเกษตรได้ในราคาที่เป็นธรรม และสร้างความเข้มแข็งและยั่งยืนให้กับ

ภาคการเกษตร ซึ่งสาเหตุของการผันผวนราคาสินค้าเกษตรพืชเศรษฐกิจมีผลสำคัญมาจากสภาพปัญหาผลผลิตล้นตลาด ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจนั้น และสภาพปัญหาผลกระทบจากราคาผลผลิตนั้น ๆ ในตลาดต่างประเทศตกต่ำ ประกอบกับสภาพปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ปัจจัยการผลิตมีราคาสูงและส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง Promphakping & Wongon, 2020; Office of Agricultural Economics, 2022)

จากการประเมินเกี่ยวกับการปลูกมันเทศ (*Ipomoea batatas* L.) พบว่าเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีรสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดี โดยมันเทศที่นิยมปลูกมีหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตร พันธุ์กะปิแท้ พันธุ์กะปิเทียม พันธุ์สีม่วง และพันธุ์เหลืองไข่ ซึ่งมีทั้งนำต้นพันธุ์มาจากแหล่งอื่นเพื่อปลูกและผลิตต้นพันธุ์เอง ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3,000-4,000 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายผลผลิตให้กับพ่อค้าคนกลางในท้องถิ่น ซึ่งจะรับซื้อไปขายส่งที่ตลาดในจังหวัด ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดอื่น ๆ ซึ่งเป็นแหล่งซื้อขาย

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 18 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.2>

วัตถุดิบทางการเกษตรที่สำคัญ การกำหนดราคาผลผลิตขึ้นกับการกำหนดราคาของพ่อค้าคนกลาง ราคาประมาณ 6-15 บาท จากการสัมภาษณ์ผู้ปลูกมันเทศ พบว่ามีผลผลิตที่ไม่ได้ขนาดคัตทิ้งประมาณร้อยละ 10 ของผลผลิตทั้งหมด ซึ่งบางส่วนจะทิ้งในแหล่งน้ำชุมชน ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดปัญหามลพิษ น้ำเน่าเสีย และเกษตรกรสูญเสียรายได้ (Department of Agricultural Extension, 2020)

จิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domestica*) เป็นจิ้งหรีดขนาดเล็ก มีลำตัวสีน้ำตาล ตัวเมียมีปีกคู่หน้าสั้นครึ่งลำตัว ไม่ชอบบิน เคลื่อนไหวไม่รวดเร็วเท่าจิ้งหรีดชนิดอื่น ๆ มีการแพร่กระจายพันธุ์ตั้งแต่ยุโรปเอเชียตะวันตกเฉียงใต้จนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก (Fernandez-Cassi et al., 2019) ซึ่งเป็นจิ้งหรีดอีกชนิดหนึ่งที่นิยมเลี้ยงเป็นสัตว์เลี้ยง และเป็นชนิดที่มีการเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจมากที่สุด โปรตีนของแมลงกินได้มีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากพืชและสัตว์นอกจากมีปริมาณโปรตีนสูงแล้วยังมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนสำหรับมนุษย์ดังนั้นการนำแมลงไปใช้สำหรับเป็นอาหารจึงน่าจะสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้อีกทางหนึ่ง แมลงกินได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ค่อนข้างหลากหลายเนื่องจากแมลงมีมากมายหลายชนิด นอกจากนี้สภาพแวดล้อม อาหาร และช่วงวัยที่แตกต่างกันของแมลงยังส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตามสารอาหารที่พบปริมาณในแมลงได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ เช่น เหล็ก ทองแดง แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม และสังกะสีซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมลงอุดมไปด้วยสารอาหารสำคัญที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการที่ดี (Siriamompun & Thammapat, 2008)

ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย ซึ่งเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งามขาว เป็นต้น ทำบดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ นำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมอาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยทั่วไปมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำกว่าร้อยละ 5 เช่น ข้าวเกรียบถั่วแปบ (Suriya et al., 2011) ข้าวเกรียบปรุงรสเสริมรสสกัดจากใบขมิ้น (Thanakate, 2016) เป็นต้น ดังนั้นการหาแหล่งของโปรตีนที่ราคาถูกในการเสริมโปรตีนในข้าวเกรียบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภค ซึ่งแมลงเป็นวัตถุดิบแหล่งของโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพสูง (Sihamala et al., 2018)

การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เพื่อแก้ปัญหาชุมชน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการสูญเสียผลผลิต ด้วยการนำมาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการเพิ่มมูลค่าลดการสูญเสีย และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่า

แนวทางหนึ่งที่จะทำให้เกษตรกรมีความเสี่ยงต่อการขาดทุนน้อยลงภายใต้ความเปลี่ยนแปลงของราคามันเทศ ซึ่งเป็นภาวะที่ควบคุมไม่ได้ นั้น คือ การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์มันเทศจึงเป็นที่มาของการวางแผนวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมันเทศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป นอกจากนั้นยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมันเทศและแมลงของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดทั้งในและต่างประเทศได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ มันเทศและจิ้งหรีดทองแดงลาย ได้จากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม

การเตรียมวัตถุดิบ

1. การเตรียมมันเทศ

1.1 นำมันเทศที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทำการตัดแต่งและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา

1.2 ทำการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

1.3 นำมันเทศที่ผ่านการนึ่ง มาทำการบดหรือปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2. การเตรียมจิ้งหรีดทองแดงลาย

2.1 นำจิ้งหรีดทองแดงลายที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทำการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 6 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อให้แมลงสลบ ล้างด้วยน้ำประปาและทำความสะอาด

2.2 นำจิ้งหรีดทองแดงลายมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าจิ้งหรีดทองแดงลายจะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 มาตรฐานน้ำหนักแห้ง (Thammapat et al., 2021)

2.3 ทำการบดจิ้งหรีดทองแดงลายที่ผ่านการอบให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (TY-1000) และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 mesh เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงจาก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (X_1) 300 – 500 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย (X_2) 200 – 400 กรัม และปริมาณของมันเทศ (X_3) 300 – 500 กรัม ตามลำดับ โดยกำหนดสูตรพื้นฐานส่วนประกอบอื่น ๆ (Table 1) จัดกรรมวิธีการทดลอง

แบบ Mixture design (Table 2) หลังจากนั้นทำการผสมและนวดจน ส่วนผสมเข้ากัน ทำการแบ่งน้ำหนักก้อนละ 100 กรัม แล้วนำไปป็น เป็นแท่งกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ทำการนึ่งที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่

ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำการหั่นเป็นชิ้นบางที่ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง

Table 1 The basic formula for developing rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Ingredient	Amount (g)
Glutinous rice flour	60
Garlic	10
Sugar	10
Salt	5
Ground pepper	5

Table 2 Variables (factors) used for mixture design of product

Coded variable levels			Natural variable levels		
Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁ (Tapioca, g)	X ₂ (Cricket, g)	X ₃ (Sweet potato, g)
0.00	0.50	0.50	300.00	300.00	400.00
1.00	0.00	0.00	500.00	200.00	300.00
0.00	0.00	1.00	300.00	200.00	500.00
0.67	0.17	0.17	433.00	234.00	334.00
0.50	0.00	0.50	400.00	200.00	400.00
0.17	0.17	0.67	334.00	234.00	333.00
0.33	0.33	0.33	367.00	266.00	367.00
1.00	0.00	0.00	500.00	200.00	300.00
0.00	0.00	1.00	300.00	200.00	500.00
0.50	0.50	0.00	400.00	300.00	300.00
0.00	1.00	0.00	300.00	400.00	300.00
0.00	0.50	0.50	300.00	400.00	500.00
0.17	0.67	0.17	333.00	334.00	333.00
0.00	1.00	0.00	300.00	400.00	300.00

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส (Organoleptic test) โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด โดยใช้วิธี ค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ต่อผลิตภัณฑ์ข้าว เกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18 – 60 ปี จำนวน 100 คน วัดค่าคะแนนความชอบคุณลักษณะ ต่าง ๆ ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบ โดยรวม ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉย ๆ
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด

สร้างสมการถดถอย Quadratic canonical polynomial แบบ Scheffe ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 6 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ Contour plot ของค่าความชอบทางประสาทสัมผัสโดยเลือกสูตรที่เหมาะสม ที่สุดของผลิตภัณฑ์

การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับ ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าว เกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลาทางการค้าอย่างละ 1 ตราสินค้า วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ ค่าสถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และปริมาณความชื้น (AOAC, 2002)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

2.1 การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 ตามระบบสีแบบ CIE system โดยแสดงค่าเป็น L^* a^* และ b^* โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแต่ละ 3 ตำแหน่ง (Pathare et al., 2013) ดังนี้

L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)

a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง

ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง

ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

2.2 อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ

อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ (Yu et al., 1981) ทำการวัดขนาดของข้าวเกรียบก่อนทอดและหลังทอด โดยใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาของแผ่นข้าวเกรียบ ซึ่งทำการทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที (Mekarat et al., 2018) ตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำมัน พักไว้ให้เย็นเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดก่อนนำไปวิเคราะห์ หลังจาก

นั้นทำการวิเคราะห์อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบจากสูตรคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{อัตราการพองตัว (ร้อยละ)} = \left[\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

โดย W_2 คือ ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด

W_1 คือ ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด

2.3 ร้อยละการดูดซับน้ำมัน (Oil absorption)

ร้อยละการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบหลังทอดหาได้จากสมการที่ 2 โดยทำการหาค่าปริมาณความชื้น (AOAC, 2002) ออกหลังจากการทอด

$$\text{ร้อยละการดูดซับน้ำมัน (ร้อยละ)} = \left[\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right] \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

โดย W_2 คือ น้ำหนักของข้าวเกรียบหลังทอดที่ปราศจากความชื้น

W_1 คือ น้ำหนักของข้าวเกรียบก่อนทอดที่ปราศจากความชื้น

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยศึกษาส่วนประกอบจาก 3 ปัจจัย ประกอบด้วยปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (X_1) 300 – 500 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย (X_2) 200 – 400 กรัม และปริมาณของมันเทศ (X_3) 300 – 500 กรัม ตามลำดับ ผลการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแสดงดังกราฟ Contour plot (Figure 1)

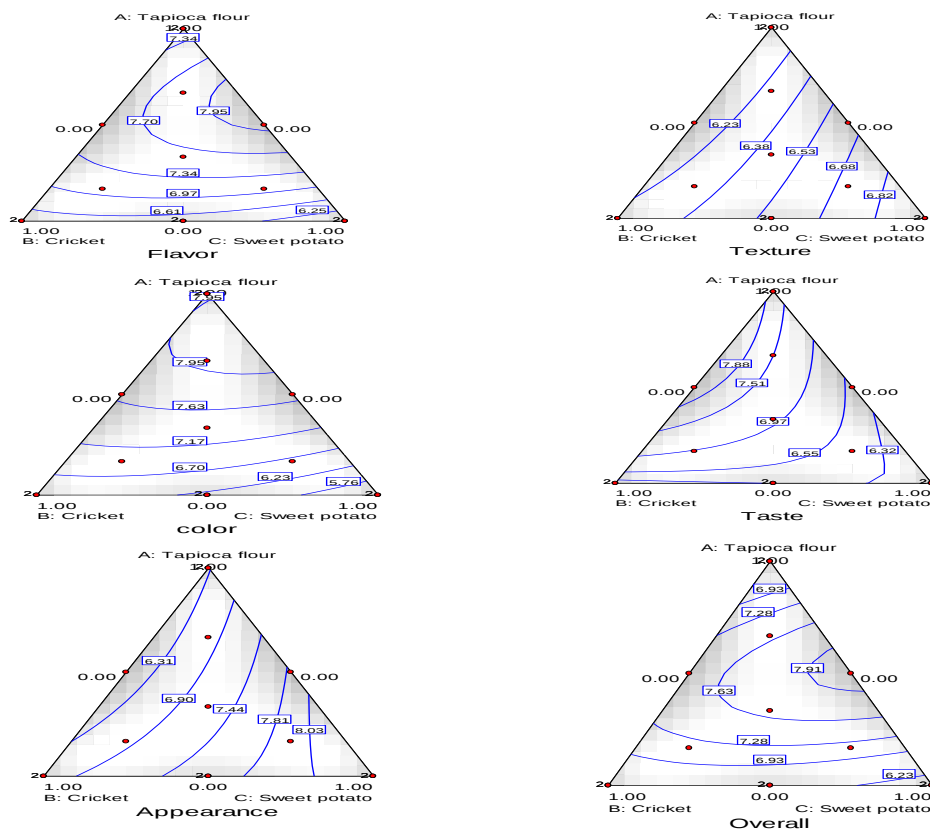


Figure 1 Contour plot of organoleptic test of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

โดยการเพิ่มปริมาณแมลงและมันเทศส่งผลให้ลักษณะทางประสาทในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส สี ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ของกรดอะมิโนและน้ำตาล จากการที่มันเทศมีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง (Boonyaputthipong, 2001) การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง จากการทดลองใช้ 3 ปัจจัย (องค์ประกอบ 3 ชนิด) ในการหาพื้นผิวตอบสนองของสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูงสุด ภายใต้จุดสูงสุดของแกนในการทำนายค่าสูงสุดค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงได้สูงสุดเท่ากับ 7.87 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่

ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากสมการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 3) รวมถึงสามารถนำไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูงสุด (Table 4) เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ผลการศึกษพบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 428 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย 200 กรัม และปริมาณของมันเทศ 372 ตามลำดับ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.87

Table 3 Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value ^a
	X ₁ (Tapioca flour, g)	X ₂ (Cricket, g)	X ₃ (Sweet potato, g)			
Overall	428	200	372	Maximum	7.87	7.80 ± 0.76

Note: ^a Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 4 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Organoleptic test	Equation	R ²
Flavor	$Y = 7.12Z_1 + 6.40Z_2 + 5.89Z_3 + 3.04Z_1Z_2 + 5.96Z_1Z_3 + 0.21Z_2Z_3 - 0.28Z_1Z_2Z_3$	0.9597
Texture	$Y = 6.08Z_1 + 6.27Z_2 + 6.97Z_3 - 0.08Z_1Z_2 + 0.49Z_1Z_3 - 0.18Z_2Z_3 - 1.84Z_1Z_2Z_3$	0.9560
Color	$Y = 7.92Z_1 + 6.34Z_2 + 5.30Z_3 + 1.80Z_1Z_2 + 4.01Z_1Z_3 + 1.09Z_2Z_3 + 7.24Z_1Z_2Z_3$	0.9753
Taste	$Y = 7.75Z_1 + 6.22Z_2 + 6.29Z_3 + 4.27Z_1Z_2 - 2.32Z_1Z_3 + 0.19Z_2Z_3 + 2.25Z_1Z_2Z_3$	0.9528
Appearance	$Y = 6.28Z_1 + 6.66Z_2 + 8.14Z_3 - 2.29Z_1Z_2 + 2.36Z_1Z_3 + 0.93Z_2Z_3 + 4.11Z_1Z_2Z_3$	0.9551
Overall	$Y = 6.13Z_1 + 6.39Z_2 + 5.87Z_3 + 4.93Z_1Z_2 + 8.04Z_1Z_3 + 1.38Z_2Z_3 - 2.30Z_1Z_2Z_3$	0.9399

Note: Z1 (Tapioca flour), Z2 (Cricket), Z3 (Sweet potato).

ผลการหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

1. คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา (Table 5) จาก Table 5 พบว่าข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณเถ้า โปรตีน และใยอาหารสูงสุดเท่ากับ 3.94, 9.94 และ 3.98 กรัมต่อ 100 กรัม แต่ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ 9.67 และ 70.34 กรัมต่อ 100 กรัม จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเสริมมันเทศและแมลงทำให้มีปริมาณแร่ธาตุ โปรตีน และใยอาหารสูงกว่าข้าวเกรียบเชิงการค้าทั้งสองชนิด ซึ่งจิ้งหรีดทองแดงลายมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 66.83 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (Jino et al., 2021) ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเกรียบ

ทางการค้าทั้งสองชนิด การเสริมโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวเกรียบกุ้ง ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบปลา ซึ่งไขมันจากจิ้งหรีดทองแดงลายนั้นเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงถึงร้อยละ 37.04 (Sihamala et al., 2018) นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่สำคัญอีกหลายชนิด (Siriamompon & Thammapat, 2008) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบถั่วแปบจ่อ (Suriya et al., 2011) และข้าวเกรียบปรุงรสเสริมรสจากใบขี้เหล็ก (Thanakate, 2016) พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเกรียบทั้งสองชนิด

2. คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลาทางการค้าหลังการทอด (Table 6)

การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ พบว่าข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าข้าวเกรียบกุ้ง

และข้าวเกรียบปลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีความสว่างสูงสุด ในขณะที่ค่าสีเขียว-แดง (a^*) ของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด มีสีออกไปทางสีแดง โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงและข้าวเกรียบปลา มีค่าสีแดงไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา ตามลำดับ ส่วนค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) และการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีอัตราการพองตัวสูงกว่าข้าวเกรียบปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการพองตัวของข้าวเกรียบเกิดขึ้นในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ เป็นการสร้างไอน้ำและทำให้เกิดการขยายตัวในก้อนแป้งสุก ไอน้ำและอากาศจะถูกกักเก็บอยู่ภายในจนเกิดแรงดันที่สูงมาก เมื่อแผ่นแป้งอ่อนตัวลงไอน้ำและแก๊สจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวและเหลือเป็นโครงสร้าง

รูพรุนไว้ การพองตัวของข้าวเกรียบเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือ แบบแรกเกิดจากการใช้เครื่องมือ Extruder การพองตัวแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อมีความชื้นค่อนข้างสูง โดยนำส่วนผสมของแป้งไปปรับความชื้นให้เหมาะสมใส่เข้าเครื่อง Extruder ขณะที่อยู่ใน Extruder แป้งจะถูกอัดอยู่ในช่วงที่จำกัดและขยายตัว การพองตัวแบบที่สองเป็นการพองตัวที่เกิดขึ้นในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ มีหลักการที่แตกต่างไปจากการพองตัวแบบแรก คือ เป็นการสร้างไอน้ำและทำให้เกิดการขยายตัวภายในก้อนแป้งสุก ไอน้ำและอากาศถูกกักเก็บอยู่ภายในจนเกิดแรงดันที่สูงมากเมื่อแผ่นแป้งอ่อนตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวและเหลือเป็นโครงสร้างรูพรุนไว้ ถ้าต้องการให้ข้าวเกรียบพองตัวทั้งแผ่นจะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ข้าวเกรียบไหม้ (Mohamed et al., 1989; Prikboonchan, 2002)

Table 5 Proximate analysis of rice crispy (Developed formula) compared with commercial crispy

Sample	Moisture	Ash	Lipid	Protein	Fiber	Carbohydrate
Shrimp crispy	10.36±0.15 ^b	3.17±0.17 ^b	1.46±0.06 ^b	4.88±0.30 ^c	1.74±0.26 ^b	78.37±0.68 ^a
Fish crispy	11.05±0.04 ^a	3.52±0.08 ^a	2.17±0.08 ^a	6.10±0.38 ^b	2.01±0.20 ^b	75.12±0.41 ^b
Rice crispy (Developed formula)	9.67±0.11 ^c	3.94±0.02 ^a	2.13±0.16 ^a	9.94±0.24 ^a	3.98±0.26 ^a	70.34±0.79 ^c

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different ($P \leq 0.05$).

Table 6 Physical property of rice crispy (Developed formula) compared with commercial crispy

Sample	L*	a*	b*	Expansion ratio (%)	Oil absorption (%) ^{ns}
Shrimp crispy	43.09±0.91 ^b	6.82±0.86 ^a	21.40±1.24	50.30±2.93 ^a	21.74±1.33
Fish crispy	43.46±1.60 ^b	4.67±0.96 ^b	20.75±1.61	45.31±1.50 ^b	19.33±2.34
Rice crispy (Developed formula)	47.16±0.28 ^a	5.73±0.15 ^{ab}	21.13±0.25	49.32±1.57 ^a	21.70±2.54

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different ($P \leq 0.05$). ^{ns} = not significant ($p > 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ เมื่อใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 428 กรัม ปริมาณผงหิวดองแดงลาย 200 กรัม และปริมาณของมันเทศ 372 กรัม ตามลำดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.87 คะแนน ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเปรียบกับข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณเถ้า โปรตีน และ โยอาหารสูงสุดเท่ากับ 3.94, 9.94 และ 3.98 กรัมต่อ 100 กรัม แต่ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ 9.67 และ 70.34 กรัมต่อ 100 กรัม ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าความสว่างสูงสุด ในขณะที่อัตราการพองตัวไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้งแต่สูงกว่าข้าวเกรียบปลา จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาข้าวเกรียบโดยการเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสามารถผลิตจำหน่ายได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรของไทย

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, Maryland: AOAC International.
- Boonyaputthipong, W. (2001). *Study on physicochemical properties of roots, flour and starch of sweet potatoes from Amphoe Nam Yuen, Ubon Ratchatani Province* (Research report). Ubon Ratchatani: Ubon Ratchatani University. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2020). *Study on cultivation of five Japanese yam varieties* (Research report). Chiangmai: Office of Agricultural Extension and Development. (in Thai)

- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2), 137-157. doi: org/10.3920/JIFF2018.0021
- Jino, T., Surawang, S., & Wachirasiri, K. (2021). Chemical composition and optimum condition of protein concentrate extraction from commercial crickets. *Thai Journal of Science and Technology*, 10(1), 64-73. doi: org/10.14456/tjst.2021.5
- Mekarat, S., Chedoloh, R., Puwaphut, R., & Hilae, A. (2018). The development on formulation of fish cracker supplemented with sacha peanut leaf. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 11(1), 125-134.
- Mohamed, S., Abdullah, N., & Muthu, M. K. (1989). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49(3), 369-378. doi: org/10.1002/jsfa.2740490312
- Nicolas, L., Marquilly, C., & O'Mahony, M. (2010). The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible?. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1008-1015.
- Office of Agricultural Economics. (2022). *Situation of important agricultural products and trends in 2023*. Bangkok: Bureau of Agricultural Economics Research. (in Thai)
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60.
- Prikboonchan, S. (2002). *Quality development of fish cracker* (Research report). Phitsanulok: Pibulsongkram Rajabhat University. (in Thai)
- Promphakping, B., & Wongon, M. (2020). Agriculture and food: Old problem in the new research and development agendas. *Journal of Humanities and Social Sciences*, 9(1), 1-18. doi:10.14456/connexion.2020
- Sihamala, O., Saraboot, N., Chunthanom, P., & Bhulaidok, S. (2018). Nutritional value of edible insects in Kalasin province. *King Mongkut's Agriculture Journal*, 36(2), 98- 105.
- Siriamornpun, S., & Thammapat., P (2008). Insects as a delicacy and a nutritious food in Thailand. Accessed February 20, 2023. Retrieved from https://www.academia.edu/7657158/Insects_as_a_Delicacy_and_a_Nutritious_Food_in_Thailand
- Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., Pocarar, R., & Arkanit, K. (2011). Product development of Burma bean chip. *Proceedings of the 2nd MJU-Phrae national research conference* (pp. 276-283). Phrae: Maejo University Phrae Campus. (in Thai)
- Thammapat, P., Ongnarm, N., Yothawong, A., Raksarad, S., & Palakawong Na Ayudhya, C. (2021). Development of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(2), 80-86. (in Thai)
- Thanakate, S. (2016). *Development of seasoned tapioca crackers (Thai snack) fortified with khlu leaf extract* (Research report). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Yu, S. Y., Mitchell, J. R., & Abdullah, A. (1981). Production and acceptability testing of fish cracker ('keropok') prepared by the extrusion method. *Journal of Food Technology*, 16(1), 51-58. doi::org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.

Research article

Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Prempracha Dornchai¹ Rotchana Phusoomta² Onpreeya Patatayo² and Pornpisanu Thammapat^{2*}

¹Program in Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand

²Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 21 February 2023

Revised: 23 March 2023

Accepted: 26 March 2023

Online published: 18 April 2023

Keyword

Product development

Agricultural products

Cricket

Snack

ABSTRACT

This investigation aims to develop a recipe for rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplements. In this investigation, the ration of three (3) ingredients, namely tapioca flour (300-500g), cricket powder (200-400g) and sweet potato (300-500g), and the sensory evaluation of rice crispy products were studied. A mixture design was applied to examine the ratio of tapioca flour, cricket powder, and sweet potato on the overall preference for rice crispy products. The results displayed that the appropriate ratio for the production of rice crispy products were the mixture of tapioca flour, cricket powder and sweet potato at 428, 200 and 372 g, consequentially. This ratio gave the highest overall preference with a value of preference score of 7.87. For the final product, the proximate composition of developed rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplementation were showed the highest protein, fiber and minerals when compared to commercial crispy (shrimp and fish crispy). The expansion ratio value of rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplemented barely differ from shrimp crispy, but noticeably higher than fish crispy ($p \leq 0.05$).

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P.Thammapat)

Online print: 18 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.2>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเสริมอินูลิน

สุธาสินี ทองนอก*

สาขาวิชาการจัดการอาหารและบริการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 25 พฤศจิกายน 2565

แก้ไข: 13 มีนาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 22 มีนาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 เมษายน 2566

คำสำคัญ

ขนมพองกรอบ

อินูลิน

แป้งข้าวสังขยัตพัทลุง

เอกซ์ทรูชัน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพัทลุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบเสริมอินูลินที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่าแป้งข้าวกล้องสังขยัตพัทลุง มีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.56 ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 61.75, 8.16 และ 13.06 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 74.57, โปรตีน 9.45, ไขมัน 2.58, ใยอาหาร 3.87, 1.25, 8.28 และ 74.57 ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 102.41 mg GAE/100 g sample และ 921.32 mg TE/100 g sample ตามลำดับ ผลจากการเพิ่มปริมาณอินูลินร้อยละ 5, 10 และ 15 ส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นและความแข็งลดลงแต่อัตราการพองตัวและค่า L^* เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินูลิน จากการผลิตขนมขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน การเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลต่อค่า a^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอินูลินร้อยละ 10 ให้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

บทนำ

การบริโภคอาหารและการดำรงชีวิตของประชากรไทยในปัจจุบันส่งผลต่อความเสี่ยงสำหรับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือโรค NCDs (Non-Communicable diseases) เป็นโรคที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันที่ไม่เหมาะสม ประกอบด้วย โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ โรคกระดูกพรุน โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง (Phondongnok et al., 2015) โดยในปี พ.ศ. 2552 พบว่าประเทศไทยมีสถิติการเสียชีวิตและผลกระทบจากผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ร้อยละ 73 และในปี พ.ศ. 2573 คาดว่า จะมีผู้เสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 85 (Office of the Health Promotion Fund, 2018) อันเนื่องมาจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงและเกินความจำเป็นของร่างกาย โดยเฉพาะการบริโภคขนมขบเคี้ยวระหว่างมื้ออาหารหรือทดแทนมื้ออาหารบางมื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Rattanasakornchai (2018) ที่รายงานว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักเรียนอายุระหว่าง 6-14 ปี ส่วนใหญ่นิยมการบริโภคขนมขบเคี้ยวแทนการบริโภคอาหารเข้า และเลือกบริโภคขนมขบเคี้ยวที่มีของแถมและมีสีสันทันรับประทาน จากสถิติโรคติดต่อไม่เรื้อรังปี 2552 ประชากรไทยเกือบ 1 ใน 3 เข้าข่ายภาวะน้ำหนักเกิน ส่วนอีก

ร้อยละ 8.5 เข้าข่ายโรคอ้วน และมีการคาดการณ์ว่าโรคความดันโลหิตสูงทั่วโลกเพิ่มขึ้นถึงเป็น 1.56 พันล้านคน ในปี พ.ศ. 2568 โดยสาเหตุส่วนใหญ่มาจากปัจจัยการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไป เช่น การมีกิจกรรมทางกายน้อย การบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของเกลือและไขมันสูง (Samaisong, 2020) เนื่องจากขนมขบเคี้ยวมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แป้ง น้ำตาล ไขมัน และเกลือ ซึ่งให้พลังงานสูง

ในปี พ.ศ. 2564 ขนมขบเคี้ยวมีอัตราการเจริญเติบโต ร้อยละ 7.10 จากปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่าตลาดรวม 45,338 ล้านบาท (Euromonitor International, 2022) โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการบริโภคขนมขบเคี้ยว คือกระแสสื่อสังคมออนไลน์ (Social media) ซึ่งผู้บริโภคสามารถเข้าถึงแหล่งอาหารได้ง่าย ประกอบกับทิศทางการบริโภคอาหารของผู้บริโภคในปัจจุบันเปลี่ยนไป โดยหันมาให้ความสำคัญเกี่ยวกับอาหารและสุขภาพมากขึ้น ซึ่งนอกจากผู้บริโภคจะมีความต้องการอาหารว่างที่มีใยอาหาร และโปรตีนสูงแล้ว (Waratornpaibul, 2014) ยังมีความต้องการขนมขบเคี้ยวที่สามารถบริโภคแทนอาหารมื้อหลักได้ (Snackification) ซึ่งกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวที่นิยมใช้คือกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Extrusion) ที่ผลิตด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (Extruder) เป็นการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลา

*Corresponding author

E-mail address: sutasinee.s@rmutsv.ac.th (S. Thongnok)

Online print: 25 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.3>

สั้น ลักษณะของขนมขบเคี้ยวจะมีความพองตัวโดยที่ไม่ผ่านกระบวนการทอดที่ใช้น้ำมัน ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบและการเพิ่มปริมาณใยอาหารจากอินูลิน (Inulin) เป็นใยอาหารที่สกัดจากพืชและสามารถละลายน้ำได้ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของฟรุคโตสอามีน้ำตาลกลูโคสอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ ถามีนน้ำตาลกลูโคสจะมีเพียง 1 โมเลกุล อยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง มีระดับการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization, DP) เท่ากับ 2-60 ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะ β -2,1 ที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร แต่สามารถถูกย่อยได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ อินูลินมีค่าดัชนีน้ำตาลในอาหาร (Glycemic Index) ต่ำ จึงช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกอาหารของแบคทีเรียที่มีประโยชน์อยู่ในลำไส้ใหญ่มนุษย์ ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเสริมอินูลิน ซึ่งน่าสนใจอย่างยิ่งเพราะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพในยุคปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กระบวนการผลิตแป้งจากข้าวกล้องสังขยัตพลึง

นำข้าวกล้องสังขยัตพลึงมาล้างให้สะอาดด้วยเครื่องบด Pin mill แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ได้แป้งข้าวขนาด 250 ไมครอน เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวในข้อต่อไป

การศึกษาปริมาณของอินูลินที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบใยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ศึกษาอัตราส่วนของอินูลิน (DPO Thailand, Ltd.) ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของส่วนประกอบในการผลิต (แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึง เกล็ดข้าวโพด น้ำมันพืช แคลเซียมคาร์บอเนต และน้ำร้อยละ 29, 20, 46, 3, 1 และ 1 ตามลำดับ) ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ชุดการทดลองที่ไม่เติมอินูลินเป็นตัวควบคุม นำส่วนผสมที่ได้ไปแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูคู่ที่สภาวะความชื้นร้อยละ 11 ความเร็วรอบของสกรู 380 รอบต่อนาที อุณหภูมิบาร์เรล 140 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงตามวิธีของ Devi et al., 2013) นำเอกซ์ทรูเดอร์ที่ได้ไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบความร้อนแบบถาด (Tray Dryer) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที แล้วจึงนำเอกซ์ทรูเดอร์เก็บในถุงฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นำไปตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1. การสกัดตัวอย่างเอกซ์ทรูเดอร์เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สกัดตัวอย่างเอกซ์ทรูเดอร์ตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่สารละลายเมทานอล (ความเข้มข้นร้อยละ 100) กวนผสมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปแยกส่วนใส่ออกด้วยการหมุนเหวี่ยง (ความเร็วรอบ 2500 x g นาน 10 นาที) จากนั้นนำส่วนผสมที่เหลือไปสกัดซ้ำ 2 ครั้ง

ตามวิธีข้างต้น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteu's reagent 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 นาที เติม Sodium carbonate ร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร) จำนวน 3 ซ้ำ รายงานหน่วยเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง สารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบ คือ กรดแกลลิก (Gallic acid)

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยปิเปตสารสกัดของตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.2 มิลลิโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้โทรลอคซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐานในการเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1 ค่าสี (L^* , a^* และ b^*)

วิเคราะห์โดยเครื่อง Hunter Lab ได้แก่ ค่าสี L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง) b^* (สีเหลือง) ทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.2 ค่าความหนาแน่น (Bulk density)

ดัดแปลงตามวิธีการของ Chanlat et al. (2011) โดยการใส่กระบอกตวง เทตัวอย่างลงไปประมาณ 2/3 ของกระบอกตวง จากนั้นเคาะ 15 ครั้ง เติมตัวอย่างที่เหลือให้ล้นกระบอกตวง แล้วทำการเคาะอีก 5 ครั้ง ปาดตัวอย่างที่เกินขอบกระบอกตวง ชั่งน้ำหนักแล้วนำค่าไปหารด้วยปริมาตรจะได้ค่าความหนาแน่น วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.3 อัตราการพองตัว (Expansion ratio)

ดัดแปลงตามวิธีการของ Ding et al. (2005) รายงานหน่วยเป็นเท่า วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยคำนวณได้จาก อัตราการพองตัวเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางเอกซ์ทรูเดอร์หารด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตาย

4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) ดัดแปลงตามวิธีการของ Chalermchaiwat et al. (2015) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ใช้หัววัดแบบ P50 หน่วยเป็นนิวตัน (N) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.5 ปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)

วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำตามวิธีของ AACC (2010)

5. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้วิธีการแบบ 9-point hedonic scale ประเมินในด้านสี

กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เกณฑ์การตัดสิน คือ หากผู้บริโภคมองว่าความชอบในระดับต่ำกว่า 5 คะแนน (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ) ถือว่าชุดการทดลองนั้นไม่ผ่านการคัดเลือก

6. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

นำขนมขบเคี้ยวที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อที่ 5 มาทำการการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณความชื้น และคุณค่าทางโภชนาการ (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ที่ได้จากการศึกษาปริมาณของอินูลินที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพองใยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์แสดงดัง Table 1 พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่า 0.56 การวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์ พบว่า ค่า a_w มีค่าต่ำกว่า 0.60 นั้น แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์เป็นอาหารประเภทของแห้งและมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ เนื่องจาก

แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 (Rattanapanone, 2008) ด้านความชื้น มีค่าร้อยละ 9.45 ซึ่งมีความชื้นอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมของธัญชาติ ธัญชาติจะมีความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 8-14 (Dehghan-Shoar et al., 2010) ค่าความสว่าง (L^*) มีค่า 61.75 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่า 8.16 เนื่องจากข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์มีสีแดงจนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน ข้าวสารเป็นข้าวที่มีเมล็ดสีขาวปนแดงหรือสีชมพู (Banchuen et al., 2009) จึงส่งผลให้มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่า 13.06 จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณไขมันในแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์มีค่าร้อยละ 2.53 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Banchuen et al. (2009) พบว่า ปริมาณไขมันในแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์เท่ากับร้อยละ 2.24 ปริมาณใยอาหารเท่ากับร้อยละ 3.87 เนื่องจากข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์เป็นข้าวที่มีใยอาหารสูงกว่าข้าวชนิดอื่น ปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 1.25 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.28 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.57 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีค่า 102.41 mg GAE/100 g sample ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ส่วนมากจะพบในธัญพืชไม่ขัดสี เพราะข้าวสาลีพันธุ์ที่มีสีจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าข้าวสาลีพันธุ์สีขาว (Moonngarm, 2012) เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุสีแดงที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีเฉพาะในข้าวที่มีสีเข้มและไม่พบในข้าวขัดขาว ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH มีค่า 921.32 mg TE/100 g sample

Table 1 Physical and chemical properties of Sung Yod Phatthalung brown rice flour

Quality	Values
Physical properties	
Water activity (a_w)	0.56±0.00
Color values	
L^*	61.75±0.84
a^*	8.16±0.09
b^*	13.06±0.35
Chemical properties	
Moisture (%)	9.45±0.18
Fat (%)	2.58±0.32
Fiber (%)	3.87±0.07
Ash (%)	1.25±0.09
Protein (%)	8.28±0.06
Carbohydrate (%)	74.57±0.19
Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	102.41±0.04
Antioxidant activity (mg TE/100 g sample)	921.32±0.56

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์ด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกสังเคราะห์หัตถ์ด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน แสดงดัง Table 2 ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเส้นใยอาหาร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นแต่กลับไม่พบสารประกอบฟีนอลิก

ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากการผลิตขนมขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ใช้อุณหภูมิสูงในการผลิต (140 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ไม่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ส่วนผสมเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิบาร์เรลนาลส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง สภาวะการผลิตที่มีปริมาณความชื้นของตัวอย่างป้อน ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเนื่องจากการเกิดโพลีเมอเรชันของสารประกอบ ฟีนอลิก

ทั้งหมดทำให้ความสามารถในการสกัดและการสลายตัวเนื่องจากความร้อนแตกต่างกัน (Xu et al., 2016)

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน แสดงดัง Table 3 ได้แก่ ค่าความหนาแน่น อัตราการพองตัว ค่าความแข็ง และค่าสี พบว่าการเพิ่มปริมาณอินูลินจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับนั้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนาแน่นลดลง จาก 0.40 เป็น 0.34, 0.29 และ 0.23 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับอัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น จาก 1.52 เป็น 1.75, 1.94, 2.12 และ 2.64 เท่า ตามลำดับ แสดงดัง Figure 1 ซึ่งค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ประเภทกรอบพองจะสัมพันธ์กับการพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำจะมีความหนาแน่นสูง ส่วนค่าความแข็งลดลงเกิดจากจากอินูลินซึ่งเป็นเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงอาจไปแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างเจลสตาร์ช ซึ่งการเติมเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ส่งผลให้ลักษณะของโม่มีความเหนียวลดลง โดยอินูลินจะไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ จึงทำให้โครงสร้างของสตาร์ชลดลง ขนมขบเคี้ยวที่ได้จึงมีลักษณะพองตัวและมีค่าความแข็งที่ต่ำ (Peressini et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewjun (2015) ที่รายงานว่าการเติมอินูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ตั้งแต่ร้อยละ 8 ขึ้นไป ในผลิตภัณฑ์ข้าวแผ่นกรอบมีผลทำให้เนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง) ของข้าวแผ่นกรอบลดลง ด้านค่าความสว่าง (L^*) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเกิดจากอินูลินมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale ทดสอบในผู้บริโภค 30 คน ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ของขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพอง โยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันที่ปริมาณอินูลินระดับต่าง ๆ Table 4 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านความกรอบ

รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอินูลินร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด เนื่องจากอินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจึงสามารถช่วยลดความเหนียวของโครงสร้างของขนมขบเคี้ยวจึงพองตัวได้ดี สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราการพองตัวและความแข็ง ในขณะที่อินูลินร้อยละ 15 ขนมขบเคี้ยวมีการพองตัวและมีพองอากาศมากเกินไป อีกทั้งอินูลินมีส่วนช่วยให้ความรู้สึกในปาก (Mouthfeel) นอกจากนี้อินูลินที่ช่วยช่วยให้รสหวานที่เป็นธรรมชาติแก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย และช่วยทำให้สามารถรับรสชาติในปากได้ดีขึ้น (Charoenkul, 2010) ดังนั้นปริมาณอินูลินร้อยละ 10 จึงเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Central Laboratory, 2022) แสดงดัง Table 5 และฉลากโภชนาการแสดงดัง Figure 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ไม่พบไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล โดยมีไขมันอิ่มตัว 0 กรัม โคเลสเตอรอล 0 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค หากเทียบคุณค่าทางโภชนาการที่ทดสอบจากห้องปฏิบัติการกลางต่อหน่วยบริโภคเดียวกันของขนมขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคในท้องตลาด มีพลังงานทั้งหมด 160 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 9 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ดังนั้นขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังขยัตพลึงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีการใช้ประโยชน์จากข้าวพื้นเมืองภาคใต้และเหมาะที่เป็นขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพ

Table 2 Total phenolic compound, antioxidant activity and fiber content of extruded snack at different inulin content

Inulin (%)	Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	Antioxidant activity (mg TE/100 g sample)	Fiber (% w/w)
0	ND	ND	3.21±0.24 ^d
5	ND	ND	3.64±0.17 ^c
10	ND	ND	4.03±0.35 ^b
15	ND	ND	4.33±0.56 ^a

Remark ^{a-d} Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p<0.05$).

ND = Not detected.

Table 3 Physical properties of extruded snack at different inulin contents

Inulin (%)	Density (g/cm ³)	Expansion ratio	Hardness (N)	Color value		
				L^*	a^{*ns}	b^{*ns}
0	0.40±0.01 ^a	1.52±0.05 ^d	15.85±0.10 ^a	61.42±0.37 ^a	8.16±0.29	13.49±0.27
5	0.34±0.01 ^b	1.75±0.13 ^c	15.67±0.12 ^a	61.50±0.12 ^a	8.23±0.17	13.52±0.33
10	0.29±0.01 ^c	1.94±0.07 ^b	14.22±0.10 ^b	61.57±0.59 ^a	8.25±0.07	13.44±0.14
15	0.23±0.01 ^d	2.12±0.08 ^a	13.01±0.26 ^c	62.98±0.63 ^b	8.25±0.32	13.56±0.11

Remark ^{a-d} Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p<0.05$).

^{ns} Mean no statistically significant difference ($p>0.05$).

Table 4 Sensory quality of extruded snack at different inulin contents

Inulin (%)	Sensory quality				
	Color	Odor	Crispness	Flavor	Overall liking
0	7.85±0.27 ^{ns}	7.72±0.64 ^{ns}	7.14±0.35 ^c	7.21±0.74 ^c	6.93±0.91 ^c
5	7.90±0.71 ^{ns}	7.78±0.27 ^{ns}	7.18±0.47 ^c	7.16±0.36 ^c	7.02±0.52 ^c
10	7.83±0.32 ^{ns}	7.74±0.53 ^{ns}	7.78±0.41 ^a	7.55±0.68 ^a	7.59±0.54 ^a
15	7.92±0.63 ^{ns}	7.80±0.48 ^{ns}	7.52±0.28 ^b	7.37±0.65 ^b	7.24±0.68 ^b

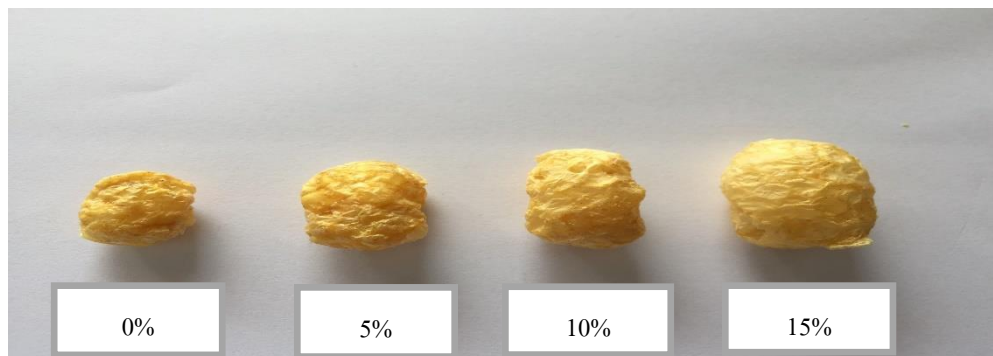
Remark ^{a-d} Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p < 0.05$).

^{ns} Mean no statistically significant difference ($p > 0.05$).

Table 5 Nutritional value of extruded snack from Sung Yod Phatthalung brown rice flour by extrusion

Test item	per 100 g	per Serving	% RDI
Energy (kcal)	366.37	110	-
Energy from fat (kcal) *	23.49	10	-
Total fat (g) *	2.61	1	2
Saturated fat (g)	0.94	0	0
Cholesterol (mg)	0.98	0	0
Protein (g) %N x 6.25 *	5.77	2	-
Total carbohydrate (g)	79.95	24	8
Dietary fiber (g)	0.97	0	0
Sugar (g)	6.70	2	-
Sodium (mg)	316.64	95	5
Vitamin A (μg)	Not Detected	(0.00)	0
Beta-carotene(μg) *	Not Detected	(0.00)	-
Vitamin B1 (mg)	Not Detected	(0.00)	0
Vitamin B2 (mg)	0.30	(0.09)	6
Calcium (mg)	7.233	(2.17)	0
Iron (mg)	Not Detected	(0.00)	0
Ash (g)	1.05	-	-
Moisture (g) *	10.62	-	-

Remark: Central Laboratory (2022)

**Figure 1** Extruded snack at different inulin content.

Nutrition Information			
Serving size : 1 bag (30 g)			
Serving per bag : 1			
Amount per serving			
Total energy 110 kcal (Energy from fat 10 kcal)			
			(Percent Thai RDI)*
Total fat	1 g.		2%
Saturated fat	0 g.		0%
Cholesterol	0 mg.		0%
Protein	2 g.		
Total carbohydrate	24 g.		8%
Dietary fiber	0 g.		0%
Sugars	2 g.		
Sodium	95 mg.		5%
(Percent Thai RDI)*			
Vitamin A	0%	Vitamin B1	0%
Vitamin B2	6%	Calcium	0%
Iron	0%		
*Percent Thai Recommended Daily Intakes for population over 6 years of age are based on a 2,000 kcal diet			
Energy needs vary by individuals. If your activities require energy of 2,000 kcal per day, your daily diet should provide the following nutrients			
Total fat	less than	65	g.
Saturated fat	less than	20	g.
Cholesterol	less than	300	mg.
Total carbohydrate		300	g.
Dietary fiber		25	g.
Sodium	less than	2,000	mg.
Energy (kcal) per gram: Fat 9; Protein 4; Carbohydrate 4			

Figure 2 Nutrition label of extruded snack made from Sang Yod Phatthalung brown rice flour.

Remark: Central Laboratory (2022)

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง มีค่า a_w เท่ากับ 0.56 ค่าความสว่าง (L^*) มีค่า 61.75 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่า 8.16 ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่า 13.06 มีไขมันร้อยละ 2.53 โยอาหารร้อยละ 3.87 เถ้าร้อยละ 1.25 โปรตีนร้อยละ 8.28 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.57 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่า 102.41 mg GAE/100 g sample ค่าการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH มีค่า 921.32 mg TE/100 g sample ปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันไม่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันใช้อุณหภูมิสูงในการผลิต (140 องศาเซลเซียส) ทำให้เกิดการสลายตัวด้วยความร้อน การเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนาแน่นลดลง สอดคล้องกับอัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p > 0.05$ ส่วนคะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมพบค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ โดยอินูลิน

ร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ปริมาณอินูลิน ร้อยละ 10 จึงเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ไม่พบไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล โดยมีไขมันอิ่มตัว 0 กรัม โคเลสเตอรอล 0 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ดังนั้นขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีการใช้ประโยชน์จากข้าวพื้นเมืองภาคใต้ และเหมาะที่จะเป็นขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นและพลังงานต่ำ

References

- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2010). *AACC Approved methods of analysis* (11th ed.). Minnesota: American Association of Cereal Chemists International.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis of AOAC international* (17th ed.). Maryland: Association of Official Analytical Chemists.
- Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B. Wuttijumnong, P., & Sirivongpaisal, P. (2009). Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42(4), 191-199.
- Central Laboratory. (2022). *Test results for puffed snack* (Research report). Hat Yai: Songkhla.
- Chalermchaiwat, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Charunuch, C., & Priyawiatkul, W. (2015). Antioxidant activity, free gamma-aminobutyric acid content, selected physical properties and consumer acceptance of germinated brown rice extrudates as affected by extrusion process. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 490-496.
- Chanlat, P., Songsermpong, S., Charunuch, C., & Naivikul, O. (2011). Twin-screw extrusion of pre-germinated brown rice: Physicochemical properties and γ -aminobutyric acid content (GABA) of extruded snacks. *International Journal of Food Engineering*, 7(4), 1-15. doi:10.2202/1556-3758.2328
- Charoenkul, A. (2010). *Introduction to food processing*. Bangkok: University of the Thai Chamber of Commerce.
- Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A. K., & Brennan, C. S. (2010). The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chemistry*, 123(4), 1117-1122.
- Devi, N. L., Shobha, S., Tang, X., Shaur, S. A., Dogan, H., & Alavi, S. (2013). Development of protein-rich sorghum-based expanded snacks using extrusion technology. *International Journal of Food Properties*, 16(2), 263-276.
- Ding, Q. B., Ainsworth, P., Tucker, G., & Marson, H. (2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 66(3), 283-289.
- Euromonitor International. (2022). *Savoury snacks in Thailand*. Accessed January 30, 2023. Retrieved from <https://www.euromonitor.com/savoury-snacks-in-thailand/report>
- Kaewjun, D. (2015). *Supplementation of prebiotic dietary fibers in rice cracker* (Master's thesis). Nakhon Pathom: Silpakorn University. (in Thai)
- Moongngarm, A. (2012). *Antioxidants in cereal grains*. Mahasarakham: Mahasarakham University Press. (in Thai)
- Office of the Health Promotion Fund. (2018). *Chronic non-communicable disease group*. Accessed December 6, 2023. Retrieved from <http://www.thaihealth.or.th/microsite/categories/5/n cds/2/173/176-NCDs.html> (in Thai)
- Peressini, D., Foschia, M., Tubaro, F., & Sensidoni, A. (2015). Impact of soluble dietary fibre on the characteristics of extruded snacks. *Food Hydrocolloids*, 43(2), 73-81. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.04.036
- Phondongnok, S., Rattanachaiwong, S., Wichai, C., & Thonrat, T. (2015). *Knowledge of belly obesity = metabolic syndrome*. Khon Kaen: Klang Nana Wittaya Printing Press. (in Thai)
- Rattanapanone, N. (2008). *Food Chemistry* (3rd ed.). Bangkok: O.S. Printing House. (in Thai)
- Rattanasakornchai, S. (2018). Factors affecting food consumption behavior of Mathayom Suksa 3 students in Mueang Chumphon District, Chumphon Province. *Thai Food and Drug Journal*, 22(1), 61-72. (in Thai)
- Samaisong, N. (2020). Dietary management for prevention and reduction risk of non-communicable diseases. *Songklanagarind Journal of Nursing*, 40(4), 122-130. (in Thai)
- Waratornpaibul, T. (2014). Consumption behavior: Consumerism food and healthy-conscious food. *Panyapiwat Journal*, 5(2), 255-264. (in Thai)
- Xu, E., Pan, X., Wu, Z., Long, J., Li, J., Xu, X., Jin, Z., & Jia, A. (2016). Response surface methodology for evaluation and optimization of process parameter and antioxidant capacity of rice flour modified by enzymatic extrusion. *Food Chemistry*, 212(1), 146-154.

Research article

Development of puffed snack made from Sungyod Phatthalung brown rice flour by extrusion process fortified with inulin

Sutasinee Thongnok*

Program in Food and Service Management, Faculty of Agro - Industry, Rajamangala University Technology of Srivijaya, Thung Yai, Nakhon Si Thammarat, 80240

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 25 November 2022

Revised: 13 March 2023

Accepted: 22 March 2023

Online published: 25 April 2023

Keyword

Extruded snack

Inulin

Sungyod rice flour

Extrusion

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the chemical and physical properties of Sungyod Phatthalung brown rice and to develop an extruded snack products from the brown rice fortified inulin by an extrusion processing. It was found that a_w was 0.56 and color value (L^* , a^* and b^*) of the brown rice was 61.75, 8.16 and 13.06, respectively. Moreover, proximate analysis in the brown rice consisted of moisture, fat, fiber, ash, protein and carbohydrate was 9.45 %, 2.58 %, 3.87 %, 1.25 %, 8.28 % and 74.57 %, respectively. Total phenolic compound and antioxidant activity with DPPH was 102.41 mg GAE/100 g sample and 921.32 mg TE/100 g sample. The effect of inulin content at 5 %, 10 % and 15 % had affected on increasing of fiber. The density and hardness of extruded snacks decreased with increasing the inulin content but the expansion ratio L^* value increased. The inulin content did not significantly affect the a^* and b^* values of extruded snacks. The sensory evaluation was found that consumers' preferences for color and smell were not significantly different statistically ($p>0.05$). While the liking scores for crispiness, taste and overall liking were significantly different ($p<0.05$). 10 % of inulin received the highest scores for liking crispness, taste and overall liking. Nutritional value of extruded snack made from Sangyod Phatthalung brown rice flour by the extrusion process, it was found that the product has a total of 110 kcal, energy from fat 10 Kcal, total fat 1 g, Protein 2 g, Total Carbs 24 g, Calcium 2.17 mg per serving.

*Corresponding author

E-mail address: sutasinee.s@rmutsv.ac.th (S. Thongnok)

Online print: 25 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.3>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุ์กรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อของเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

จันทร์จิรา ไต๊ะขวัญแก้ว และ พิพัฒน์ ชนาเทพาพร*

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

Article history

รับ: 24 ธันวาคม 2565

แก้ไข: 12 เมษายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 12 เมษายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 เมษายน 2566

คำสำคัญ

โคเนื้อ

น้ำเชื้อพันธุ์

การวางแผน

การจัดการฟาร์ม

จังหวัดเพชรบูรณ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร 2) การจัดการฟาร์ม 3) จำนวนข้อมูลโคเนื้อ และ การใช้เชื้อพันธุ์กรรมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 206 ราย นำข้อมูลทั้งหมด มาวิเคราะห์ และวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อ ใช้แบบสอบถามเพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ผลการศึกษาด้านลักษณะพื้นฐานของเกษตรกร พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 85.44 มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 37.86 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 78.64 และมีประสบการณ์เลี้ยงโคมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 42.23 ด้านการจัดการฟาร์ม พบว่าเกษตรกรมีการเลี้ยงโคเนื้อแบบกึ่งเชิงปล่อยร้อยละ 72.33 ให้อาหารหยาบหลักเพียงอย่างเดียวร้อยละ 61.65 ให้อาหารหยาบหลักร่วมกับการให้อาหารข้นร้อยละ 37.86 ชนิดของอาหารหยาบหลักที่ใช้มากที่สุดคือฟางข้าวร้อยละ 23.30 เกษตรกรใช้แร่ธาตุก่อนร้อยละ 66.02 โคส่วนใหญ่ได้รับการทำวัคซีนร้อยละ 84.95 และได้รับการถ่ายพยาธิร้อยละ 94.17 ด้านจำนวนข้อมูลโคเนื้อ เกษตรกรมีการเลี้ยงโคลูกผสมพันธุ์อเมริกันบราห์มันผสมพื้นเมืองที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 50 ร้อยละ 73.99 ด้านการใช้เชื้อพันธุ์กรรมเกษตรกรจะได้รับการส่งเสริมให้ใช้น้ำเชื้อแช่แข็งของโคในแต่ละพันธุ์ที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อใช้คำดัชนีการผสมเทียมคู่กับจำนวนโคเพศเมียที่แยกตามระดับสายเลือดในแต่ละพันธุ์ที่มีอยู่ทั้งหมด เพื่อจัดเตรียมจำนวนน้ำเชื้อแช่แข็งที่จะต้องใช้ทั้งหมดในการผสมเทียม

บทนำ

โคเนื้อเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นอาชีพที่สร้างมูลค่าไม่ต่ำกว่า 6.5 หมื่นล้านบาทต่อปี และมีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มสูงขึ้น แต่การขยายตัวของอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อเป็นไปอย่างช้า ๆ ด้วยข้อจำกัดด้านฟีดอาหารสัตว์ แหล่งวัตถุดิบอาหาร ตลอดจนเรื่องแม่พันธุ์พื้นฐานที่มีอยู่น้อย การผลิตโคเนื้อของประเทศไทยจึงยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภค โดยช่วงระหว่างปี 2561-2565 การผลิตโคเนื้อของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 1.24 ต่อปี เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคลัมปีสกิน (Lumpy skin disease) ในช่วงปี 2563-2564 และการผลิตโคเนื้อของประเทศไทยในปี 2566 ได้ประมาณการผลิต 1.495 ล้านตัว หรือ 251 พันตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 4.96 (Office of Agricultural Economics, 2022) ในปี พ.ศ 2565 จังหวัดเพชรบูรณ์มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 6,171 ราย และมีโคเนื้อรวมทั้งหมดจำนวน 84,361 ตัว ซึ่งเมื่อเทียบกับจังหวัดในกลุ่มปศุสัตว์เขต 6 จังหวัด เพชรบูรณ์จัดเป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงโคเนื้อมากเป็นอันดับที่ 3 จากทั้งหมด 9 จังหวัด (Department of Livestock Development, 2022) การเลี้ยงโคเนื้อของจังหวัดเพชรบูรณ์มีการส่งเสริมให้มี

วัตถุประสงค์เป็นจังหวัดที่ผลิตโคเนื้อต้นน้ำเพื่อผลิตลูกโคเนื้อพันธุ์ดี สำหรับเลี้ยงเป็นโคเนื้อและส่งจำหน่ายไปทั่วประเทศ โดยมุ่งเน้นเป็นแหล่งผลิตโคเนื้อต้นน้ำสายพันธุ์ดี อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดเพชรบูรณ์ ยังมีความต้องการความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักวิชาการในการจัดการเลี้ยงดูโคเนื้ออย่างเป็นระบบฟาร์ม ทั้งเรื่องการจัดการอาหาร การจัดการฟาร์มที่ดี ระบบการบันทึกข้อมูลฟาร์ม ตลอดจนการเลือกใช้น้ำเชื้อพันธุ์กรรม จากการศึกษาข้อมูลการจัดการฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ มักจะไม่มีการจดบันทึกข้อมูลฟาร์ม เช่นเดียวกับเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อ อำเภอบัว จังหวัดน่าน (Prapatigul & Sreshthaputra, 2021) เกษตรกรในจังหวัดนครปฐม (Kanchanakomorn & Srion, n.d.) และจังหวัดลพบุรี (Pojun et al., 2011) ข้อมูลด้านการผสมพันธุ์โคในจังหวัดเพชรบูรณ์นั้นส่วนใหญ่ใช้วิธีการผสมเทียม เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดมหาสารคาม (Sripua & Prapatigul, 2017) โดยมีเจ้าหน้าที่ทำการผสมเทียมให้ เช่นเดียวกับจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดนครปฐม (Saengwong et al., 2020) ความสำคัญของระบบการบันทึกข้อมูลฟาร์มโดยเฉพาะข้อมูลด้านสายพันธุ์และการใช้น้ำเชื้อ เป็นข้อมูลที่สำคัญการบริหาร

*Corresponding author

E-mail address: piphat.cha@pcru.ac.th (P. Chanartaeparporn)

Online print: 28 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.4>

จัดการฟาร์ม ซึ่งหากเกษตรกรต้องการพัฒนาสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีการเลี้ยงมาแต่ก่อน ควรเน้นการพัฒนาสายพันธุ์กรรมโคเนื้อบราห์มัน เลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) เพื่อให้พันธุ์กรรมเน้นไปที่สายพันธุ์แท้ หรือหากโคที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นลูกผสมเช่น ชาร์โรเลส์ แองกัส วากิว หรือลูกผสมบราห์มันควรปรับปรุงพันธุ์กรรมให้มีระดับสายเลือดที่สูงกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป เพื่อให้โคเนื้อตัวผู้รุ่นลูกเข้าสู่กระบวนการโคขุนที่ให้สมรรถภาพการผลิตและการให้เนื้อที่ดีขึ้น ซึ่งข้อมูลทางด้านสายพันธุ์โคเนื้อที่เกษตรกรเลี้ยงนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญที่ภาครัฐจะวางแผนกำหนดทิศทางการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อให้เกษตรกรได้มีสายพันธุ์โคเนื้อที่มีลักษณะพันธุ์กรรมที่สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามการผลิตโคเนื้อของเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ยังไม่มีฐานข้อมูลของสายพันธุ์ทั้งในส่วนของพ่อแม่พันธุ์อย่างชัดเจน การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุ์กรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อให้มีคุณลักษณะและคุณสมบัติตรงตามความต้องการของตลาด ทำให้เกษตรกรสามารถพัฒนาสายพันธุ์เป็นโคเนื้อต้นน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุน ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น มีอาชีพที่ยั่งยืน เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม และขยายตลาดได้ ซึ่งจะทำให้ทิศทางการผลิตโคเนื้อของจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นไปตามเป้าหมายการผลิตโคเนื้อต้นน้ำได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการเลี้ยงโคเนื้อหลากหลายสายพันธุ์ โดยใช้ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อที่ขึ้นทะเบียนกับปศุสัตว์อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ทั้ง 17 ตำบล ได้แก่ ตำบลในเมือง ตำบลขอนแก่น ตำบลดงมูลเหล็ก ตำบลตะแบะ ตำบลท่าพล ตำบลนาจั่ว ตำบลนาป่า ตำบลนายนม ตำบลน้ำร้อน ตำบลบ้านโคก ตำบลบ้านโคก ตำบลป่าเลา ตำบลระวีง ตำบลวังชมภู ตำบลสะเดียง ตำบลห้วยสะแก และตำบลห้วยใหญ่ จำนวน 206 ฟาร์ม โดยเก็บรวบรวมจากประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบบันทึกข้อมูล และแบบสอบถาม (Questionnaire) แบบมีโครงสร้าง (Structured questionnaire) ลักษณะคำถามที่ใช้เป็นแบบคำถามปลายปิด (Closed-ended question) และแบบปลายเปิด (Open-ended question) ในการเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการจัดการฟาร์ม ส่วนที่ 3 จำนวนข้อมูลโคเนื้อและข้อมูลด้านการใช้เชื้อพันธุ์กรรม

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ข้อมูลพันธุ์โคในระดับสายเลือดต่าง ๆ และข้อมูลประเภทของโค จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ

(Percentage) และนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการกำหนดการใช้น้ำเชื้อพันธุ์ โดยใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดเตรียมน้ำเชื้อแข่งขันที่จะต้องใช้ทั้งหมดในการผสมเทียมตามแผนการผสมพันธุ์ของปศุสัตว์อำเภอเมืองเพชรบูรณ์

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

ลักษณะพื้นฐานของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 85.44 เป็นเพศชาย มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 37.86 รองลงมาคือช่วงอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 33.01 ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 17.96 ช่วงอายุ 20-30 ปี ร้อยละ 5.83 และช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 5.34 เกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 78.64 มัธยมศึกษา ร้อยละ 12.13 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ร้อยละ 3.40 ปริญญาตรีหรือสูงกว่า ร้อยละ 3.40 และประกาศนียบัตรวิชาชีพ ร้อยละ 2.43 ส่วนประสบการณ์การเลี้ยง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเลี้ยงมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 42.23 ประสบการณ์การเลี้ยง 1-5 ปี ร้อยละ 25.24 ประสบการณ์การเลี้ยง 6-10 ปี ร้อยละ 14.08 ประสบการณ์การเลี้ยง 11-15 ปี ร้อยละ 12.14 และประสบการณ์การเลี้ยง 16-20 ปี ร้อยละ 6.31 (Table 1)

จากข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรเพศชายซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.44 ข้อมูลด้านอายุของเกษตรกรพบว่าโดยส่วนใหญ่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 37.86 รองลงมาคือช่วงอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 33.01 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 78.64 ซึ่งสอดคล้องกับ Chimliang & Luangvaree (2016) ที่ศึกษาสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี และสอดคล้องกับ Saengwong et al. (2020) ที่ได้ศึกษาสภาพการเลี้ยง การประเมินปัญหาในการผลิตโคเนื้อคุณภาพของเกษตรกรจังหวัดแพร่ ในด้านประสบการณ์ในการเลี้ยง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 42.23 ซึ่งมีความสอดคล้องกับอายุของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 51 ปีขึ้นไป โดยเกษตรกรกลุ่มนี้มีประสบการณ์ในอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อมาอย่างยาวนาน แต่ขัดแย้งกันกับ Chimliang & Luangvaree (2016) ที่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเลี้ยง 1-5 ปี และ Duangsingtham et al. (2022) พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเลี้ยงเฉลี่ย 8.55 ปี

การศึกษาที่ 2 ข้อมูลด้านการจัดการฟาร์ม

ข้อมูลด้านการจัดการฟาร์ม พบว่าเกษตรกรมีรูปแบบการเลี้ยงโคส่วนใหญ่แบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ร้อยละ 72.33 รองลงมาคือเลี้ยงแบบขังคอก ร้อยละ 18.45 และเลี้ยงแบบปล่อยแปลง ร้อยละ 9.22 ด้านชนิดของอาหารที่ใช้ ใช้อาหารหยาบ ร้อยละ 61.65 รองลงมาคืออาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น ร้อยละ 37.86 และใช้อาหารผสมครบส่วน (Total mixed ration, TMR) เพียง ร้อยละ 0.49 ในส่วนของอาหารหยาบนิยมใช้ฟางข้าว ร้อยละ 23.30 รองลงมาคือหญ้าขน ร้อยละ 21.35 หญ้าหลายชนิดรวมกัน ร้อยละ 16.99 หญ้าทั่วไป ร้อยละ 14.08 หญ้าเนเปียร์ ร้อยละ 14.08 หญ้าแพงโกล่า ร้อยละ 7.77 และหญ้าสุริ ร้อยละ 2.43 ด้านการใช้อาหารข้น พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ให้อาหารข้น ร้อยละ 61.65 และให้อาหารข้น ร้อยละ 38.35 การให้

แร่ธาตุนิยมให้แร่ธาตุชนิดก้อนร้อยละ 66.02 ไม่ให้แร่ธาตุร้อยละ 32.52 ให้เกลือแกลบร้อยละ 0.97 และให้แร่ธาตุชนิดผงร้อยละ 0.49 ส่วนน้ำกินที่ใช้ นิยมใช้น้ำประปาร้อยละ 54.37 รองลงมาใช้แหล่งน้ำบาดาลร้อยละ 25.73 และใช้แหล่งน้ำธรรมชาติผิวดินร้อยละ 19.90 การทำวัคซีนพบว่า มีการทำวัคซีนร้อยละ 84.95 ไม่มีการทำวัคซีนร้อยละ 15.05 การถ่ายพยาธิพบว่า มีการถ่ายพยาธิร้อยละ 94.17 และไม่มีการถ่ายพยาธิเพียงร้อยละ 5.83 (Table 2)

ข้อมูลด้านการจัดการฟาร์ม พบว่าเกษตรกรมีรูปแบบการเลี้ยงโคส่วนใหญ่แบบกึ่งขังกึ่งปล่อยแปลงร้อยละ 72.33 รองลงมาคือเลี้ยงแบบขังคอกร้อยละ 18.45 และเลี้ยงแบบปล่อยแปลงร้อยละ 9.22 ซึ่งสอดคล้องกับ Saengwong et al. (2020) ที่ได้รายงานการศึกษาสภาพการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรจังหวัดแพร่ พบว่าลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยแปลงมากที่สุดร้อยละ 79.00 รองลงมาคือเลี้ยงแบบขังคอกร้อยละ 14.00 และเลี้ยงแบบปล่อยแปลงร้อยละ 7.00 และถึงแม้จะมีการเตรียมแปลงหญ้าและการสำรองฟางข้าวไว้ให้โคกิน แต่ก็ยังพบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง สอดคล้องกับ Kantiya (n.d.) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อของเกษตรกรโครงการระบบการเกษตรแบบแปลงใหญ่โคเนื้อ กรณีศึกษาอำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน ซึ่งรายงานว่ารูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อส่วนใหญ่ เป็นการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยร้อยละ 85.77 รองลงมาคือการเลี้ยงแบบขังคอกร้อยละ 8.46 และเลี้ยงแบบปล่อยร้อยละ 5.77 เช่นเดียวกับการรายงานของ Pongwan & Phansri (n.d.) พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจังหวัดบุรีรัมย์มีการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและเลี้ยงในพื้นของตนเองร้อยละ 52.37 ซึ่งมีรูปแบบเดียวกันกับ Masamran & Yenjai (n.d.) ที่รายงานว่าการเลี้ยงโคเนื้อของฟาร์มส่วนใหญ่ร้อยละ 80.88 เลี้ยงแบบปล่อยแปลงหญ้าสาธารณะ และต้อนกลับคอก คล้ายคลึงกับ Duangsingtham et al. (2022) ที่รายงานรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อส่วนใหญ่ร้อยละ 61.00 จะเลี้ยงโคเนื้อแบบผสมผสานมีการปล่อยฝูงในช่วงเช้าและต้อนกลับมาขังคอกในช่วงเย็น และการเลี้ยงแบบปล่อยฝูงมักเกิดปัญหาเกี่ยวกับการเลี้ยงมากกว่าการขังคอก เช่น การขาดแคลนอาหาร การเกิดโรคระบาด และการสูญเสียจากประสบอุบัติเหตุ ด้านการศึกษาการให้อาหารในการเลี้ยงโคเนื้อ พบว่าเกษตรกรจะให้อาหารหยาบร้อยละ 61.65 รองลงมาคือการให้อาหารหยาบร่วมกับการให้อาหารข้นร้อยละ 37.86 และให้อาหารผสมครบส่วน (TMR) ร้อยละ 0.49 อาหารหยาบที่นิยมใช้กันมากคือฟางข้าวร้อยละ 23.30 รองลงมาเป็นหญ้าขนร้อยละ 21.36 และปลูกหญ้าหลายชนิดรวมกันร้อยละ 16.99 โดยส่วนใหญ่จะเป็นการให้อาหารหยาบอย่างเดียว ไม่ให้อาหารข้นร้อยละ 60.68 ให้แร่ธาตุชนิดก้อนร้อยละ 66.02 น้ำที่ให้อาหารจะเป็นน้ำประปาร้อยละ 54.37 มีการทำวัคซีนร้อยละ 84.95 และมีการถ่ายพยาธิร้อยละ 94.17 สอดคล้องกับ Saengwong et al. (2020) ที่พบว่าเกษตรกรในจังหวัดแพร่ให้อาหารหยาบอย่างเดียวร้อยละ 55.50 รองลงมาคือการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นร้อยละ 40.00 และให้อาหารผสมครบส่วน (TMR) ร้อยละ 4.50 ซึ่งข้อดีของการให้อาหารข้นเสริมสามารถอธิบายได้จากผลการศึกษาของ Norrapoke et al. (2019) ที่ทำการให้อาหารข้นร่วมกับกากมันสำปะหลังหมักที่ระดับร้อยละ 2 ของน้ำหนักตัวมีชีวิตของโค ร่วมกับการปล่อยและเลี้ยง พบว่าการเสริมดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

ของโคเนื้อ แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวโคและทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็ยังมีกลุ่มเกษตรกรในบางจังหวัดที่ไม่มีการเสริมอาหารข้นให้กับโค ดังเช่นรายงานของ Kantiya (n.d.) พบว่าเกษตรกรในจังหวัดน่านโดยส่วนใหญ่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 54.23 มีการให้แร่ธาตุก่อนตลอดทั้งปีร้อยละ 66.02 และแหล่งน้ำที่ใช้คือน้ำประปาเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 71.54 เช่นเดียวกับ Chimliang & Luangvaree (2016) ที่พบว่าเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี เลี้ยงด้วยอาหารหยาบอย่างเดียว ไม่มีการให้อาหารข้น ร้อยละ 96.23 และ Pongwan & Phansri (n.d.) ที่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ในจังหวัดบุรีรัมย์ให้อาหารหยาบอย่างเดียว ร้อยละ 60.37 และมีการให้แร่ธาตุร้อยละ 78.33 มีการทำวัคซีนร้อยละ 91.78 และมีการถ่ายพยาธิร้อยละ 64.66 ซึ่งในด้านการทำวัคซีน ให้แก่โคเนื้อสอดคล้องกับ Welutanti (2018) ที่รายงานว่าเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการทำวัคซีนให้โคเนื้อร้อยละ 96.29

การศึกษาที่ 3 จำนวนข้อมูลโคเนื้อเพศเมีย และข้อมูลด้านการใช้เชื้อพันธุ์กรรม

จำนวนโคเนื้อเพศเมียที่เกษตรกรเลี้ยงสายพันธุ์อเมริกันบราห์มันสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) คิดเป็นร้อยละ 5.22 โคสายพันธุ์พื้นเมืองสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) คิดเป็นร้อยละ 2.29 โคสายพันธุ์อเมริกันบราห์มัน ระดับสายเลือดร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 5.04 โคสายพันธุ์แองกัสระดับสายเลือดร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 0.64 โคสายพันธุ์ชาร์โรเลต์ระดับสายเลือดร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 3.20 โคสายพันธุ์ฮันดูลราระดับสายเลือดร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 6.04 โคสายพันธุ์วากิวระดับสายเลือดร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 1.47 โคลูกผสมอเมริกันบราห์มัน x พื้นเมืองระดับสายเลือดร้อยละ 50 คิดเป็นร้อยละ 73.99 และโคลูกผสมอเมริกันบราห์มัน x ชาร์โรเลต์ ระดับสายเลือดร้อยละ 50 คิดเป็นร้อยละ 2.11 (Table 3)

จำนวนข้อมูลโคเนื้อเพศเมียในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อพิจารณาการเลี้ยงโคเนื้อเพศเมียที่เป็นโคเนื้อลูกผสมรวมทั้งหมด พบว่า มีการเลี้ยงโคเนื้อลูกผสมเพศเมียรวมเป็นจำนวน 1,010 ตัว คิดเป็นร้อยละ 92.49 และมีการเลี้ยงโคเนื้อเพศเมียที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) เป็นจำนวน 82 ตัว คิดเป็นร้อยละ 7.51 เท่านั้น สอดคล้องกับ Welutanti (2018) ที่ทำการศึกษานวทางการส่งเสริมการผลิตโคเนื้อให้เพียงพอต่อการบริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีจำนวนโคเนื้อลูกผสมเพศเมียสูงถึงร้อยละ 97.53 จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อที่มีฝูงโคเนื้อเพศเมียที่มีความพร้อมต่อการพัฒนาไปเป็นฝูงแม่พันธุ์โคเนื้อต้นน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะเลี้ยงโคลูกผสมเพศเมียทั้งที่เป็นแม่โคและโคสาวเฉพาะพันธุ์ลูกผสมอเมริกันบราห์มันกับโคพื้นเมือง ที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 50 สูงถึงร้อยละ 73.99

ด้านการวางแผนการผสมพันธุ์โคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวางแผนการผสมพันธุ์ไว้ 2 ประเด็นคือ ประเด็นที่ 1 วางแผนการผสมพันธุ์เพื่อต้องการตรึงลักษณะที่ต้องการให้ปรากฏอย่างถาวร โดยจะมุ่งเน้นไปที่โคยุโรปเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) ซึ่งจากข้อมูลใน Table 4 โคเพศเมียที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) คือสายพันธุ์อเมริกันบราห์มันทั้งหมด จะได้รับการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อแช่แข็งสายพันธุ์อเมริกันบราห์มันที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 ประเด็นที่ 2 วาง

แผนการผสมพันธุ์โดยการให้โครุ่นลูกมีลักษณะที่ดีกว่าโคในรุ่นปัจจุบัน เพื่อให้โคได้แสดงลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่ จึงวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 ของแต่ละพันธุ์ มาใช้ในการผสมพันธุ์ให้กับโคลูกผสมที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 75 และร้อยละ 50 เพื่อให้ได้รับการยกระดับสายเลือดทางพันธุกรรมนั้น ๆ ให้สูงขึ้นไป ส่วนโคพื้นเมืองที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 จะใช้โคพันธุ์บีพมาสเตอร์ที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 เป็นตัวยกระดับสายเลือดทางพันธุกรรมโคพื้นเมืองต่อไป โดยหลักในการวางแผนการคำนวณจำนวนโคของน้ำเชื้อแช่แข็งที่จะต้องใช้ตามแผนการดังกล่าว จะใช้ค่าตัวเลขโดยเฉลี่ยประมาณการจากค่าดัชนีการผสมเทียม ซึ่งคิดจากค่าจำนวนครั้งที่ทำการผสมเทียมทั้งหมด หาดด้วยจำนวนแม่โคที่ผสมติด ซึ่งค่าดังกล่าว จะอยู่ระหว่าง 1.8-2.2 ทำให้สามารถประมาณการได้ว่า โค 1 ตัวจะต้องใช้น้ำเชื้อประมาณ 2 โคสในการผสมจนกระทั่งติด ดังนั้น การคำนวณหาจำนวนน้ำเชื้อแช่แข็งที่ต้องการใช้ตามแผนในแต่ละพันธุ์ จึงเท่ากับจำนวนโคเพศเมียในสายพันธุ์นั้น คูณด้วยน้ำเชื้อแช่แข็งที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 จำนวน 2 โคส (Table 4)

การใช้เชื้อพันธุกรรมและการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวางแผน การผสมพันธุ์ไว้ 2 ประเด็นคือ ประเด็นที่ 1 วางแผนการผสมพันธุ์เพื่อต้องการตรึงลักษณะที่ต้องการให้ปรากฏอย่างถาวร และประเด็นที่ 2 วางแผนการผสมพันธุ์โดยการ

ให้โครุ่นลูกมีลักษณะที่ดีกว่าโคในรุ่นปัจจุบัน เพื่อให้โคได้แสดงลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับ National Research Council of Thailand (2019) ที่รายงานว่าการนำโคพื้นเมืองไม่สามารถนำมาเลี้ยงเป็นโคขุนในระบบธุรกิจได้ เพราะขนาดเล็ก และโตช้า จึงต้องมีการปรับปรุงโคพื้นเมืองโดยการนำโคพันธุ์บราห์มันมาผสมเพื่อให้ได้ลูกที่มีขนาดตัวใหญ่และโตเร็วขึ้น และยังสอดคล้องกับ Chimliang & Luangvaree (2016) รายงานว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองร้อยละ 61.51 นอกนั้นจะเป็นการเลี้ยงโคพันธุ์บราห์มันแท้ และโคพื้นเมืองผสมโคพันธุ์บราห์มันร้อยละ 38.49 ซึ่งเกษตรกรหนึ่งรายจะเลี้ยงโคดังกล่าวเฉลี่ย 8.07 ตัว และยังเป็นไปในทางเดียวกันกับ Nualtem (n.d.) ที่รายงานว่าการผลิตโคเนื้อและการตลาดโคเนื้อเป็นจุดเริ่มต้นและมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมาก และในฐานข้อมูลพันธุกรรมโคจะเห็นว่ามีความหลากหลายในเชื้อพันธุกรรม

ดังนั้นปศุสัตว์จังหวัดและปศุสัตว์อำเภอ สามารถกำหนดเชื้อพันธุกรรมในการผลิตโคเนื้อสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ต้องการส่งเสริมเพื่อกำหนดทิศทางในการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อได้ โดยใช้วิธีการผสมเทียมและกำหนดน้ำเชื้อพันธุ์ เพื่อยกระดับโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ลูกผสมต่าง ๆ ภายใต้การเลี้ยงดูของเกษตรกรรายย่อย ซึ่งจะลดระยะเวลาในการเลี้ยงดู อีกทั้งขนาดและน้ำหนักของโคเนื้อลูกผสมจะมากกว่าโคพื้นเมือง ทำให้ขายง่าย และได้ราคาดีกว่าโคพื้นเมือง

Table 1 Characteristics of beef cattle farmers in Muang nistrict, Phetchabun Province

Items	Categories	Frequency	Percentage
Gender	Male	176	85.44
	Female	30	14.56
Age	20-30 years	12	5.83
	31-40 years	11	5.34
	41-50 years	37	17.96
	51-60 years	68	33.01
	More than 60 years	78	37.86
Educational status	Primary school	162	78.64
	High school	25	12.13
	Vocational certificate	5	2.43
	High vocational certificate	7	3.40
	Bachelor degree or higher	7	3.40
Farm experienced (years)	1-5 years	52	25.24
	6-10 years	29	14.08
	11-15 years	25	12.14
	16-20 years	13	6.31
	More than 20 years	87	42.23

Table 2 Farm characteristics of beef cattle farmers in Muang district, Phetchabun Province

Items	Categories	Frequency	Percentage
Raising system	Extensive	19	9.22
	Intensive	38	18.45
	Semi intensive	149	72.33
Type of feeds	Roughage	127	61.65
	Concentrate and Roughage	78	37.86
	TMR	1	0.49
Type of roughage	Straw	48	23.30
	Common Grass	29	14.08
	Para Grass	44	21.35
	Napier grass	29	14.08
	Ruzi Grass	5	2.43
	Pangola Grass	16	7.77
	Mixed Species Grassland	35	16.99
Concentrate	Concentrate	79	38.35
	Non-Concentrate	127	61.65
Minerals	Mineral block	136	66.02
	Mineral Powder	1	0.49
	Sodium Chloride	2	0.97
	Non-Mineral	67	32.52
Water source	Natural Water Source	41	19.90
	Groundwater	53	25.73
	Water Supply	112	54.37
Vaccination	Yes	175	84.95
	No	31	15.05
Deworming program	Yes	194	94.17
	No	12	5.83

Table 3 Percentage pedigree level of cows and heifers raised in Muang District, Phetchabun Province

Pedigree level	Cows	Heifers	Total	Percentage
100 % American Brahman	42	15	57	5.22
100 % Native	24	1	25	2.29
75 % American Brahman	32	23	55	5.04
75 % Angus	3	4	7	0.64
75 % Charolais	25	10	35	3.20
75 % Hindubrazil	42	24	66	6.04
75 % Wagyu	9	7	16	1.47
50 % American Brahman x Native	452	356	808	73.99
50 % American Brahman x Charolais	15	8	23	2.11
Total	644	448	1,092	100.00

Table 4 Doses of frozen semen calculated according to the semen preparation plan for artificial insemination

Pedigree level	Number of female cattle	Pedigree level	Doses of frozen semen
100 % American Brahman	57	100 % American Brahman	114
100 % Native	25	100 % Beefmaster	50
75 % American Brahman	55	100 % American Brahman	110
75 % Angus	7	100 % Angus	14
75 % Charolais	35	100 % Charolais	70
75 % Hindubrazil	66	100 % Hindubrazil	132
75 % Wagyu	16	100 % Wagyu	32
50 % American Brahman x Native	808	100 % American Brahman	1,616
50 % American Brahman x Charolais	23	100 % American Brahman	46
Total	1,092		2,184

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุ์กรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อของเกษตรกร ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ผลการศึกษาด้านลักษณะพื้นฐานของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 85.44 มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 37.86 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 78.64 และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงโคมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 42.23 ด้านสภาพการเลี้ยงและการจัดการฟาร์ม พบว่า เกษตรกรมีลักษณะการเลี้ยงโคเนื้อแบบกึ่งเชิงปล่อยร้อยละ 72.33 มีการให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียวร้อยละ 61.65 และการให้อาหารหยาบร่วมกับการให้อาหารข้นร้อยละ 37.86 ชนิดของอาหารหยาบที่ใช้มากที่สุดคือ พางข้าวร้อยละ 23.30 เกษตรกรใช้แร่ธาตุก้อนร้อยละ 66.02 โคส่วนใหญ่ได้รับการทำวัคซีนร้อยละ 84.95 และได้รับการถ่ายพยาธิร้อยละ 94.17 ด้านจำนวนข้อมูลโคเนื้อ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงโคลูกผสมพันธุ์อเมริกันบราห์มันผสมพื้นเมืองที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 50 และร้อยละ 73.99 จากข้อมูลทั้งหมดนี้ สามารถนำมาใช้ในการกำหนดเป้าหมายของการผลิตโคเนื้อต้นน้ำ เพื่อเป็นการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อทั้งหมดของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการจัดเตรียมน้ำเชื้อแช่แข็งของโคที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 ในแต่ละพันธุ์เพื่อใช้ในการผสมเทียม และใช้ข้อมูลโคเนื้อเพศเมียทั้งหมดที่มีระดับสายเลือดที่แตกต่างกันมาเป็นฐานแม่พันธุ์ โดยโคเนื้อเพศเมียในกลุ่มที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 100 (สายพันธุ์แท้) วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ที่ต้องการดริ่งลักษณะที่ต้องการให้ปรากฏอย่างถาวร ในขณะที่โคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมเพศเมียในกลุ่มที่มีระดับสายเลือดร้อยละ 50 มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ให้โครุ่นลูกมีลักษณะที่ดีกว่าโคในรุ่นปัจจุบัน เพื่อให้โคได้แสดงลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่ ซึ่งคาดว่าลูกโคเนื้อที่มีระดับสายเลือดของโคสายพันธุ์ต่างประเทศที่มีระดับสายเลือดที่สูงขึ้นจะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และให้คุณภาพเนื้อที่ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นการสร้างมูลค่าของลูกโคเนื้อในรุ่นถัดไป ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มสูงขึ้น และมีอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อได้อย่างยั่งยืนต่อไป

References

Chimliang, T., & Luangvaree, P. (2016). Study on status of beef cattle raising of farmers in Chanthaburi Province. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, 10(3), 73-80. (in Thai)

Department of Livestock Development. (2022). *Data on the number of livestock in Thailand in 2022*. Accessed January 23, 2023. Retrieved from <https://region6.dld.go.th/webnew/pdf/it6565.pdf> (in Thai)

Duangsingtham, S., Ratanachai A., & Prapatigu P. (2022). Guidelines for developing beef cattle raising among farmers in Rattaphum district, Songkhla Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 50(3), 668-681. doi: 10.14456/kaj.2022.57

Kanchanakomon, P., & Srion, N. (n.d.). *The evaluation of beef cattle farming management among cattle raisers in Nakhon Pathom Province*. Accessed November 3, 2022. Retrieved from https://region7.dld.go.th/webnew/images/region72562/Yuttasart/Academic_work/2559/42559.pdf (in Thai)

Kantiya, N. (n.d.). *Factors Influencing efficiency of beef production of big farm project Nan Province*. Accessed October 3, 2022. Retrieved from https://pvlolan.dld.go.th/webnew/images/stories/2562/doc_download/techno/23012563/vijai-1.pdf (in Thai)

Masamran, S., & Yenjai, D. (n.d.). *A Study on condition of beef cattle raising of farmers in Chachoengsao Province*. Accessed November 3, 2022. Retrieved from https://region2.dld.go.th/webnew/images/GM_2562/DOC/2563-02/6302261.pdf (in Thai)

National Research Council of Thailand. (2019). *Research and development of beef cattle farming for beef cattle farmers in the southern border*. Accessed October 3, 2022. Retrieved from http://www.thai-explore.net/file_upload/submitter/file_doc/956801455f908170b7b78eac71f9c3c414e2.pdf (in Thai)

Norrapoke, T., Phongchongmit, T., Phakachoe N., Boonmatan, T., & Cherdthong, A. (2019). The study of beef cattle production data of Kalasin farmers and effect of feeding on beef cattle release. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(3), 587-594. doi: 10.14456/kaj.2019.57

Nualtem, M. (n.d.). *Opportunities for Thai beef cattle in ASEAN (AEC)*. Accessed November 3, 2022. Retrieved from <http://www.tpsa.moc.go.th/sites/default/files/1168-img.pdf> (in Thai)

Office of Agricultural Economics. (2022). *Situation of important agricultural products and trends for the year 2023*. Accessed January 25, 2023. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/231225652566.pdf> (in Thai)

Pojun, P., Wongsang, S., & Yeesakhorn, S. (2011). *Need for extension on raising beef cattle of farmers in Lopburi Province: A case study in Phatthana Nikhom, Khok Samrong and Chai Badan districts*. Accessed October 3, 2022. Retrieved from <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/297050> (in Thai)

- Pongwan, P., & Phansri, N. (n.d.). *The strength development of the beef cattle network in Buriram Province*. Accessed October 10, 2022. Retrieved from https://pvlo-brr.dld.go.th/Data/doc1_28022019.pdf (in Thai)
- Prapatigul, P., & Sreshthaputra, S. (2021). Technology transfer of beef cattle raising for productivity improvement based on intensive farming of beef cattle raising group in Pua District, Nan Province. *International Journal of Agricultural Technology*, 17(1), 305-316.
- Saengwong, S., Thannithi, W., Wichaporn, J., & Intawicha, P. (2020). Producing quality beef from cattle in Phrae Province: An assessment of the conditions, problems, and opportunities. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38(2), 254-262. (In Thai)
- Sripua, N., & Prapatigul, P. (2017). Needs for extension of beef cattle farmers in Maha Sarakham Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 14 (1), 104-112. (in Thai)
- Welutanti, A. (2018). *The methods to support the production of beef cattle to be adequate for consumption in the east of Thailand* (Research report). Bangkok: National defense college. (in Thai)

Research article

Study on farm management, genetics using and semen planning management for beef cattle farmers in Muang District, Phetchabun Province

Janjira Tohwankaew and Piphat Chanartaeparporn*

Department of Agriculture (Animal Production Technology), Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Mueang, Phetchabun, 67000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 24 December 2022

Revised: 12 April 2023

Accepted: 12 April 2023

Online published: 28 April 2023

Keyword

beef cattle

semen

planning

farm management

Phetchabun province

ABSTRACT

The objectives of this research were to study: 1) basic farmer information, 2) farm management, 3) number of beef cattle data and genetics using of beef cattle farmers in Muang District, Phetchabun Province. A total of 206 farmers were collected by questionnaires and all data were analyzed for descriptive statistics, frequency and percentage. The results used to plan beef cattle semen management. The results of the study on basic characteristics of farmers were found that most of the farmers were male, 85.44 %, aged 60 years or over, 37.86 %, 78.64 % had primary school education, and 42.23 % had experience in raising cattle for more than 20 years. The results of the study on raising conditions and farm management were found that 72.33 % of the farmers were semi-intensive raising system, 61.65 % of roughage feeding only and 37.86 % of roughage combined with concentrate feeding. The most of the farmers used rice straw, 23.30 %. Farmers used mineral block, 66.02 %. Most of the cattle were vaccinated, 84.95 % and dewormed, 94.17 %. It was found that most of the farmers raised 50 % crossbred of American Brahman with indigenous cattle, 73.99 %. The genetic using, It was found that farmers would be encouraged to use 100 percent pedigree levels frozen semen in each breeds of cattle, and the semen management plan of beef cattle was multiplied by the artificial insemination index with the number of female cattle separated by pedigree level in each breeds for prepare the total amount of frozen semen that will be required for artificial insemination.

*Corresponding author

E-mail address: piphat.cha@pcru.ac.th (P. Chanartaeparporn)

Online print: 28 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.4>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ศักยภาพของสารสกัดกัญชาที่ยับยั้งเชื้อที่ก่อโรคในสัตว์

ยุวดี อินสำราญ^{1*} เนตรชนก จันทร์สว่าง² ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์³ และ เนตรนภา เรืองไชย⁴

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

³สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

⁴สาขาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 20 ธันวาคม 2565

แก้ไข: 12 เมษายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 24 เมษายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 8 พฤษภาคม 2566

คำสำคัญ

กัญชา

สารสกัดหยาบ

การยับยั้งจุลินทรีย์

โรคผิวหนังอักเสบ

แบคทีเรียก่อโรค

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการหาฤทธิ์ของสารสกัดกัญชาสองสายพันธุ์ (สายพันธุ์ฝอยทองภูผายลและสายพันธุ์หางกระรอก ร้อยเอ็ด) ในการต้านจุลชีพก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แบคทีเรียก่อโรคผิวหนังอักเสบในโคนมจำนวน 9 สายพันธุ์ และยีสต์และเชื้อราที่ก่อโรคผิวหนังและระบบทางเดินหายใจจากสัตว์ที่เป็นโรค สารสกัดหยาบจากใบกัญชาได้มาจากการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล อะซิโตน และคลอโรฟอร์ม ทำการทดสอบการออกฤทธิ์ของสารสกัดในการต้านจุลชีพต่าง ๆ ด้วยวิธี Disc diffusion และหาความเข้มข้นของสารสกัดที่น้อยที่สุดในการต้านจุลชีพ (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นของสารสกัดที่น้อยที่สุดในการฆ่าจุลชีพ (Minimum bacteriocidal/Fungicidal concentration, MBC/MFC) ด้วยวิธี Microbroth dilution สารสกัดหยาบโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในวงกว้างในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังอักเสบในโคนมทดสอบ ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรีย แกรมบวกสามสายพันธุ์: *Staphylococcus aureus* A0527, *Staphylococcus haemolyticus* A12321 และ *Staphylococcus pneumonia* 001.12, และกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ: *Pseudomonas aeruginosa* A11015, *Mycoplasma pneumoniae* 001.1, *Klebsiella pneumoniae* 001.3 และ *Escherichia coli* A24622 ที่ค่า MIC 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และ MBC 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ยกเว้นแบคทีเรีย *Staphylococcus faecalis* 001.9 ที่ทนทานต่อการยับยั้ง นอกจากนี้สารสกัดหยาบที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายยังสามารถยับยั้งและฆ่ายีสต์และเชื้อราที่ก่อโรคผิวหนังได้แก่ *Candida albican*, *Malasszia pachydermatis* และ *Trichophyton* sp. รวมถึงยีสต์ก่อโรคในระบบทางเดินหายใจในสัตว์ *Cryptococcus neoformans* ได้ ที่ค่า MIC 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และค่า MBC 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบกัญชามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในสัตว์ จึงควรส่งเสริมมาผลิตยาใช้ในการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ในทางคลินิกและมีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาเป็นยารักษาโรคผิวหนังสำหรับสัตว์อีกหลายชนิด

บทนำ

ความต้านทานของแบคทีเรียจากการรักษาด้วยยาต้านจุลชีพยังเป็นปัญหาสำคัญทั่วโลก เนื่องจากโรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์เป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับสอง ส่งผลให้มนุษย์และสัตว์เสียชีวิตในแต่ละปีเกิดจากติดเชื้อจุลินทรีย์ (Karas et al., 2020) *Klebsiella pneumoniae* ที่ดื้อต่อยา Imipenem พบปริมาณ จากร้อยละ 0.70 เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.40 *Pseudomonas aeruginosa* พบร้อยละ 22 ในปี 2558 พบเชื้อ *Escherichia coli* ที่มียีนดื้อยาชนิด MCR-1 (Arsheewa, 2016) ในหมูและเนื้อสัตว์ในประเทศจีน และระบาดไปสู่คน สามารถถ่ายทอดพันธุกรรมการดื้อยาทาง plasmid ไปสู่แบคทีเรียแกรมลบชนิดอื่น เช่น *Klebsiella* spp. หรือ *Pseudomonas* spp. จากรายงานในปี 2555-2556 ในประเทศไทย พบว่า เชื้อดื้อยา CRE เป็นเชื้อดื้อยาที่สร้างเอนไซม์ NDM-1 ร้อยละ 86 และพบได้ทุกภาคของประเทศ เป็นการสะท้อนให้เห็นว่าอาจจะพบเชื้อดื้อยา MCR-1 นอกจากนี้ใน

ประเทศไทย ปี 2564 มีการรายงานพบการดื้อยา Carbapenems สูงที่สุดจากเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii* และ *Klebsiella pneumoniae* ถึงร้อยละ 34.20, 14.80, 80.00 และ 21.90 ตามลำดับ การดื้อยา Ciprofloxacin จากเชื้อ *Salmonella* spp. ร้อยละ 8.2 การดื้อยา MRSA Oxacillin จากเชื้อ *Staphylococcus aureus* ร้อยละ 15.90 และการดื้อยา NS Oxacillin จากเชื้อ *Streptococcus pneumoniae* ร้อยละ 3.80 จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าแนวโน้มของเชื้อดื้อยาเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีการใช้ยาปฏิชีวนะในปริมาณที่สูงขึ้นในปัจจุบันมีจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถต้านยาปฏิชีวนะได้มากกว่าหนึ่งชนิด จากรายงาน จึงได้มีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยา พ.ศ. 2560 เป้าหมายให้มีการใช้ยาต้านจุลชีพในมนุษย์ลดลงร้อยละ 20 และการใช้ยาต้านจุลชีพในสัตว์ลดลงร้อยละ 30 และใช้พืชสมุนไพรธรรมชาติที่มีคุณสมบัติประสิทธิภาพเท่ากับสารสังเคราะห์

*Corresponding author

E-mail address: yuwadee.in@rmu.ac.th (Y. Insumran)

Online print: 8 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.5>

เช่น พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ (Antimicrobial Resistance Surveillance Center, Thailand, 2022) จากสถานการณ์นี้ จึงมีทางเลือกเพื่อผลิตยาลดการต้านทานแบคทีเรียสายพันธุ์ชนิดต่าง ๆ การผลิตยาปฏิชีวนะเป็นกลไกการนำสารเคมีที่ได้จากสิ่งมีชีวิตมาผลิต เพื่อนำไปสู่การค้นหายาต้านจุลชีพซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ ซึ่งพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ถูกใช้เป็นแหล่งของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติของมนุษย์ สารสกัดจากพืชและองค์ประกอบหลายชนิดมีคุณสมบัติต้านจุลชีพในการต่อต้านเชื้อโรครวมทั้งเชื้อแบคทีเรียที่ดื้อต่อการรักษาทางคลินิก และได้มีการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชหลายชนิดที่ได้รับการทดสอบจากห้องปฏิบัติการของสัตว์ที่ติดเชื้อ สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อต้านกลไกการดื้อต่อแบคทีเรียได้ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการผลิตยาปฏิชีวนะมากขึ้น และมียาปฏิชีวนะมากกว่า 15 ชนิดที่ผลิตขึ้นมาทำลายโครงสร้างต่าง ๆ และยับยั้งกลไกการทำงานของเซลล์แบคทีเรีย

กัญชา (*Cannabis sativa*) เป็นพืชที่นำมาใช้เป็นอาหารและใช้ทางการแพทย์ และมีรายงานว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวกับฤทธิ์ต้านจุลชีพใช้เป็นยาฆ่าเชื้อเพื่อรักษาบาดแผล เช่น ไฟลามทุ่ง โรคแอนแทรกซ์ ภาวะติดเชื้อ โรคบิด และมาลาเรีย (Schofs et al., 2021) สารแคนนาบินอยด์และสารประกอบที่ได้จากกัญชา มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา ใบกัญชาสดมีประโยชน์ที่ต่อสุขภาพมากมาย มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่สารแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) และสารอาหารต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น โยอาอาหาร แคลเซียม ธาตุเหล็ก โพแทสเซียม สังกะสี อีกทั้งยังมีสารอีกหลายชนิด ได้แก่ สารเทอร์ปีน (Terpenes) เป็นสารให้กลิ่นเฉพาะช่วยให้ผ่อนคลาย บรรเทาความเครียด และสารแคนนาบินอยด์ (Cannabinoids) เช่น สารแคนนาบิไดรอล (Cannabidiol, CBD) และเตตระไฮโดรแคนนาบินอล (Tetrahydrocannabinol, THC) ที่พบทั่วไปในกัญชา และได้มีรายงานนำพืชกัญชามาใช้ในการศึกษาการต้านแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhi* และ *Klebsiella* spp. (Galletta et al., 2020) และเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Candida albicans* และ *Fusarium* spp. (Gwin et al., 2022; Khan & Javaid, 2020) จากความสำคัญของการศึกษาประสิทธิภาพการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบกัญชาทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และสายพันธุ์หางกระรอกร้อยเอ็ด ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์ จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเพื่อที่จะนำไปพัฒนาใช้ทั้งในด้านการแพทย์ และในด้านเภสัชศาสตร์ต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างและสารสกัดจากกัญชา

นำใบกัญชา 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และสายพันธุ์หางกระรอกร้อยเอ็ด แสดงดัง Figure 1 ที่ได้จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มข้าวหอมมะลิบ้านหนองโดน อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยเก็บในช่วงเวลา 06.00-07.00 น. แล้วนำใบกัญชามาผึ่งลมในร่มธรรมชาติที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 วัน จากนั้นใบกัญชาที่แห้งมาบดให้ละเอียด และนำผงกัญชาที่ละเอียดมาแช่ในตัวละลาย เอทานอล เมทานอล อะซิโตน และคลอโรฟอร์ม ในอัตราส่วนผงใบกัญชาจำนวน 1 กรัม แชในตัวทำละลาย จำนวน 10 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้น

นำผงใบกัญชาที่แช่มากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 93) นำส่วนใสที่ได้จากการกรองไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ และได้สารสกัดจากใบกัญชา นำมาเป็นเก็บไว้ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย



Figure 1 Cannabis: (A) FoiThongphuphayon (B) Hanggrarok Roei-Et

การตรวจสอบการยับยั้งการเจริญของจุลชีพก่อโรค

การเตรียมเชื้อจุลชีพสำหรับการทดสอบ

นำเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกจากน้ามนโคมนที่มีโรคแต่มวนวักเสบ โดยเก็บอย่างในครั้งนีเลือกพื้นที่วิจัยแบบเฉพาะเจาะจงจาก 12 ฟาร์มเป็นฟาร์มรายย่อยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ.2565 โดยการเก็บตัวอย่างจากน้ามนดิบจากฟาร์มโคมน ที่แจ้งว่ามีปัญหาโรคแต่มวนวักเสบบนแสดงอาการ โดยเก็บน้ามนจากการรีดจากโคมนที่เป็นโรคแต่มวนวักเสบใส่ขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว จำนวนปริมาตร 20-60 มิลลิลิตร และทำเครื่องหมายระบุรหัสฟาร์มและรหัสโคมน และเก็บตัวอย่างน้ามนในกล่องที่มีอุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส นำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการในเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง และได้จำแนกชนิดของแบคทีเรียตามวิธีของ (Oliver, 2004). ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus aureus* A0527, *Streptococcus faecalis* 001. 9, *Staphylococcus haemolyticus* A12321 และ *Streptococcus pneumoniae* 001.12 และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa* A11015, *Mycoplasma pneumoniae* 001. 1, *Klebsiella pneumoniae* 001.3 และ *Escherichia coli* A24622 จากนั้นนำเชื้อดังกล่าวมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว Mueller Hinton Broth (MHB) 5 มิลลิลิตร เมื่อครบเวลานำเชื้อแบคทีเรียที่เจริญมา Streak ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง Mueller Hinton Agar (MHA) เพื่อแยกให้ได้เชื้อโคโลนีเดี่ยว นำเข้าปมในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียทดสอบชนิดละ 1 โคโลนี ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว MHB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำเข้าปมในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบมาใส่ลงในสารละลายเซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.85% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 1.5×10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร CFU/mL โดยเทียบกับสารมาตรฐาน 0.5 McFarland ยีสต์และเชื้อราก่อโรคผิวหนัง *Candida albican*, *Malassezia pachydermatis* และ *Trichophyton* sp. โดยได้คัดแยกมาจากผิวหนังแมวในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม (ห้องปฏิบัติการชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม) และเชื้อยีสต์ *Cryptococcus neoformans* ที่ก่อโรคในระบบทางเดินหายใจที่แยกได้จากสุนัข (ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างเชื้อจาก คณะสัตวแพทย์

ศาสตราจารย์มหาวิทย์และเชื้อราเฉพาะเลี้ยงในอาหาร Sabouraud dextrose broth (SDB) หลังจากนั้นนำเข้าบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน นำเชื้อราที่ต้องการทดสอบมาปรับระดับความเข้มข้นในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 1.5×10^8 CFU/mL โดยเทียบกับสารมาตรฐาน 0.5 McFarland

การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี Agar disc diffusion

เตรียมอาหารแข็ง MHA ในจานเพาะเลี้ยง นำเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบมาปรับความเข้มข้นในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 1.5×10^8 CFU/mL โดยเทียบกับสารมาตรฐาน 0.5 McFarland นำไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อชุบแบคทีเรีย มาทำการ Swab เชื้อให้ทั่วพื้นผิวอาหาร จากนั้นวางแผ่นทดสอบ (Paper disc) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ที่มีปริมาตร 100 ไมโครลิตร ประกอบด้วย สารสกัดจากใบกัญชาปริมาณ 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ละลายด้วยสารไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide (DMSO)) แผ่นทดสอบที่มียาปฏิชีวนะ Genfloxacin ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม และแผ่นทดสอบที่มีสาร DMSO เป็นชุดควบคุม นำมาวางลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA แล้วนำมาบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) ส่วนเชื้อรา นำแผ่นทดสอบที่มีสารสกัดปริมาณ 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ลงบนอาหาร SDA ใช้ยาปฏิชีวนะ Amphotericin B ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม และ DMSO เป็นชุดควบคุม แล้วนำมาบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) ตรวจวัดผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone) วงใสที่ไม่มีเชื้อเจริญรอบ ๆ แผ่นทดสอบ โดยขนาดของโซนวงใส มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ที่ได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบและโซนใสของเชื้อ ลบด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบ (6 มิลลิเมตร) (Sani et al., 2018) และคำนวณร้อยละประสิทธิภาพของการยับยั้งของแต่ละตัวทำลายจากการนำค่า 100 หารด้วยหารด้วยจำนวนเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ และคูณด้วยผลรวมทั้งหมดของเชื้อที่ทดสอบสารสกัดกัญชาสามารถยับยั้งได้จากตัวทำลายโดยคิดจากแต่ละตัวทำลาย

การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimum inhibitory concentration, MIC)

นำสารสกัดใบกัญชา มาปรับความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลาย Dimethyl Sulfoxide (DMSO) นำหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB ที่ผ่านการฆ่าเชื้อหลอดละ 500 ไมโครลิตร จำนวน 11 หลอด ดูดสารสกัดใบกัญชาความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ลงในหลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 หลอดละ 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นดูดสารในหลอดที่ 2 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดที่ 3 ทำนองเดียวกัน จนถึงหลอดที่ 11 ดูดสารละลายทั้งปริมาตร 500 ไมโครลิตร เป็นการเจือจางระดับความเข้มข้นเป็นลำดับ ส่วนจะได้ 400, 200, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125 และ 1.56 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่จะทดสอบปรับ

ความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 1.5×10^8 CFU/mL เทียบกับสารมาตรฐาน 0.5 McFarland แล้วดูดเชื้อลงไปในทุกหลอดที่มีการเจือจางหลอดละ 200 ไมโครลิตร โดยมีชุดควบคุมประกอบด้วยหลอดที่ 1 มีอาหารเลี้ยงเชื้อและสารสกัด หลอดที่ 11 มีอาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อแบคทีเรีย และหลอดที่ 12 มีสารละลาย DMSO และเชื้อแบคทีเรีย และหลอดที่ 13 มีเพียงสารสกัดเพียงอย่างเดียว แล้วนำหลอดทดลองทั้งหมดไปบ่มที่ตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 1-7 วัน นำหลอดทดลองทั้งหมดมาสังเกตความขุ่น เทียบกับชุดควบคุม ขณะเดียวกัน การทดสอบเชื้อราที่ทำเช่นเดียวกันกับแบคทีเรีย โดยใช้สารอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา คือ อาหาร SDB

การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimal bactericidal/Fungicidal concentration, MBC/MBC)

นำหลอดอาหารที่ทดสอบ MIC ทุกหลอดที่ทดสอบมา Streak plate โดยใช้หัวเข็มเชื้อมาตรฐานที่มีปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร (Loop) นำหัวเข็มเชื้อแต่ละเชื้อให้เต็ม Loop จำนวน 1 Loop นำมา Streak ลงบนอาหาร MHA แล้วนำมาบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนเชื้อราทำการบ่มไว้ เป็นระยะเวลา 1-7 วัน จากนั้นให้สังเกตการเจริญของแบคทีเรียแต่ละความเข้มข้น ถ้าความเข้มข้นใดไม่พบการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA จะเป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimal bactericidal concentration, MBC)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อศึกษาด้วยเทคนิค Disc diffusion ที่ระดับความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดจากใบกัญชาทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ กัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ที่สกัดจากตัวทำลาย เอทานอล เมทานอล อะซิโตน และคลอโรฟอร์ม สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกและ แกรมลบ แต่มีเชื้อ *S. faecalis* 001.9 ที่สารสกัดจากใบกัญชาทั้งสองสายพันธุ์ที่สกัดจากตัวทำลายทั้งหมดไม่สามารถยับยั้งได้ และพบว่าจากสารสกัดจากใบกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ที่สกัดด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งในแบคทีเรีย *S. pneumoniae* 001.12 สูงสุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 33.25 ± 4.59 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดใบกัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 26.00 ± 1.41 มิลลิเมตร ส่วนเชื้อรามีประสิทธิภาพการยับยั้งสูงสุดใน *M. pachydermatis* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 9 ± 2.82 มิลลิเมตร และ 7.5 ± 0.70 มิลลิเมตร (Table 1 และ Figure 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Karas et al. (2020) สารสกัดจากใบกัญชาที่สกัดจากทำลายเมทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* 25923 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 14 มิลลิเมตร ส่วน MRSA *E. coli* และ *K. pneumoniae* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 12, 10 และ 7 มิลลิเมตร โดยประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *S. aureus* 25923 สูงถึงร้อยละ 80 และสอดคล้องกับ Nadir et al. (2020) ที่ทดสอบกับเชื้อ *P. aeruginosa* และ *E. coli*

Table 1 Antibacterial activity of the *Cannabis sativa* leaf extracts against the selected pathogens using disc diffusion method

Table 1: Antibacterial activity of the <i>Cannabis sativa</i> leaf extracts against the selected pathogens using disc diffusion method							
Microorganisms	Extract of <i>Cannabis sativa</i>	Inhibition zone (mm.) of concentrations 400 (µg/mL)				Antibiotic/antifungal control	DMSO
		Ethanol	Methanol	Acetone	Chloroform		
Bacteria							
<i>S. aureus</i> A0527	A	10.25 ± 6.01	20.00 ± 7.07	15.00 ± 2.82	14.00 ± 4.94	23.50 ± 0.70	-
	B	11.25 ± 1.76	19.00 ± 2.82	17.50 ± 6.36	17.00 ± 2.82	23.00 ± 8.48	-
<i>S. faecalis</i> 001.9	A	-	-	-	-	17.00 ± 8.48	-
	B	-	-	-	-	17.50 ± 0.70	-
<i>S. haemolyticus</i> A12321	A	-	3.50 ± 4.94	-	-	21.50 ± 2.12	-
	B	-	7.00 ± 0.00	3.50 ± 4.94	-	21.50 ± 0.70	-
<i>S. pneumoniae</i> 001.12	A	12.25 ± 3.18	26.00 ±1.41	23.00 ± 7.07	21.50 ± 0.70	22.25 ± 0.35	-
	B	13.50 ± 2.12	33.25 ± 4.59	30.00 ± 1.41	17.00 ± 2.82	22.50 ± 0.70	-
<i>E. coil</i> A24622	A	-	18.00 ± 4.24	11.75 ± 1.76	12.25 ± 1.76	25.30 ± 14.56	-
	B	-	19.50 ± 0.70	10.00 ± 0.00	12.00 ± 0.00	25.00 ± 0.00	-
<i>K. pneumoniae</i> 001.3	A	-	22.50 ± 3.53	18.25 ± 12.37	14.75 ± 0.35	20.00 ± 0.00	-
	B	-	23.50 ± 2.12	16.50 ± 4.94	30.00 ± 7.07	20.00 ± 0.00	-
<i>M. pneumoniae</i> 001.1	A	-	15.00 ± 2.82	11.00 ± 2.82	8.50 ± 2.12	20.50 ± 0.70	-
	B	-	16.00 ± 1.41	13.50 ± 0.70	12.00 ± 4.24	20.00 ± 1.41	-
<i>P. aeruginosa</i> A11015	A	-	21.50 ± 4.94	14.00 ± 5.65	16.75 ± 2.47	19.50 ± 3.53	-
	B	-	21.00 ± 7.07	15.00 ± 4.24	20.00 ± 0.00	19.00 ± 0.00	-
						Amphotericin B	
Fungi							
<i>C. albicans</i>	A	-	3.5±4.94	-	2.33±4.04	9.66±8.38	-
	B	-	5±7.07	-	3.25±4.59	9.66±8.38	-
<i>C. neoformans</i>	A	-	2.33±4.04	-	-	14.33±6.42	-
	B	-	2.00±0.00	-	-	20±1.73	-
<i>M. pachydermatis</i>	A	8.16±1.75	9±2.82	6.75±0.35	3.25±4.59	7.5±0.86	-
	B	4.66±4.07	7.5±0.70	7±0.00	9.5±2.12	7±0.50	-
<i>Trichophyton</i> sp.	A	-	10.16±0.76	-	-	7±0.00	-
	B	6.75±0.35	7±0.70	4±5.65	-	7±0.00	-

Zone of inhibition represented sensitivity. -: No inhibition zone (resistance), Control: DMSO, Genfloxacin: 10 µg/mL, Control of Bacteria, Amphotericin B: 10 µg/mL (Control of fungal), A: FoiThongphuphayon, B: Hanggrarok Roei-Et.

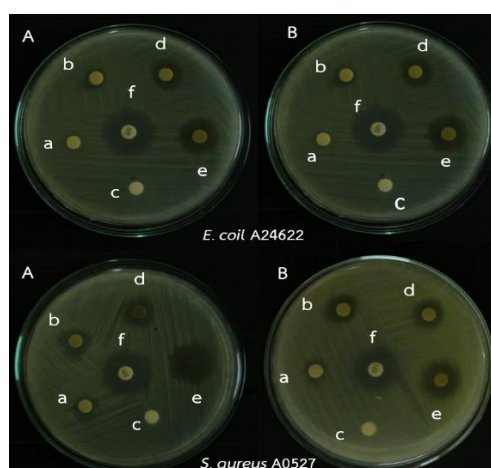


Figure 2 Inhibitory effects of crude leaf extracts of two varieties of *Cannabis sativa*: FoiThongphuphayon var. (A) and Roei-Et var. (B) using different solvents against *E. coli* A24622 and *S. aureus* A0527 by disc diffusion method using 400 µg of each crude extract. a: crude ethanol extract, b: crude acetone extract, d: crude chloroform extract, e: crude methanol extract, c: negative control (100% v/v DMSO) and f, 10 µg of Genfloxacin

Table 2 Minimal inhibitory concentration (MIC) of *Cannabis sativa* extracts: from FoiThongphuphayon cv. (A) and Hanggrarok Roei-Et cv. (B) using ethanol, methanol, acetone, and chloroform as solvent against the selective pathogens

Microorganisms	Extract of <i>Cannabis sativa</i>	Minimal inhibitory concentration (µg/mL)			
		Ethanol	Methanol	Acetone	Chloroform
<i>S. aureus</i> A0527	A	50.00	50.00	50.00	50.00
	B	100.00	50.00	50.00	50.00
<i>S. faecalis</i> 001.9	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
<i>S. haemolyticus</i> A12321	A	-	50.00	-	-
	B	-	50.00	-	-
<i>S. pneumoniae</i> 001.12	A	50.00	50.00	50.00	50.00
	B	50.00	50.00	50.00	50.00
<i>E. coli</i> A24622	A	-	50.00	50.00	50.00
	B	-	50.00	50.00	50.00
<i>K. pneumoniae</i> 001.3	A	-	50.00	50.00	50.00
	B	-	50.00	50.00	50.00
<i>M. pneumoniae</i> 001.1	A	-	50.00	50.00	50.00
	B	-	50.00	50.00	50.00
<i>P. aeruginosa</i> A11015	A	-	50.00	50.00	50.00
	B	-	50.00	50.00	50.00
<i>C. albicans</i>	A	-	50.00	-	200.00
	B	-	50.00	-	200.00
<i>C. neoformans</i>	A	-	50.00	-	-
	B	-	50.00	-	-
<i>M. pachydermatis</i>	A	50.00	50.00	50.00	100.00
	B	50.00	50.00	50.00	50.00
<i>Trichophyton</i> sp.	A	-	50.00	-	-
	B	100.00	50.00	50.00	-
% Resistance	A	25.00	91.67	58.33	66.67
	B	33.33	91.67	66.67	66.67

Table 3 Minimal bactericidal concentration (MIC) of *Cannabis sativa*, FoiThongphuphayon cv. (A) and Hanggrarok Roei-Et cv. (B) extracts using various solvents against the selected pathogens

Microorganisms	Extract of <i>Cannabis sativa</i>	Minimal bactericidal concentration (µg/mL)			
		Ethanol	Methanol	Acetone	Chloroform
<i>S. aureus</i> A0527	A	>400	>400	>400	>400
	B	>400	>400	>400	>400
<i>S. faecalis</i> 001.9	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
<i>S. haemolyticus</i> A12321	A	-	>400	-	-
	B	-	>400	-	-
<i>S. pneumoniae</i> 001.12	A	>400	>400	>400	>400
	B	>400	>400	>400	>400
<i>E. coli</i> A24622	A	-	>400	>400	>400
	B	-	>400	>400	>400
<i>K. pneumoniae</i> 001.3	A	-	>400	>400	>400
	B	-	>400	>400	>400
<i>M. pneumoniae</i> 001.1	A	-	>400	>400	>400
	B	-	>400	>400	>400
<i>P. aeruginosa</i> A11015	A	-	>400	>400	>400
	B	-	>400	>400	>400
<i>C. albicans</i>	A	-	>400	-	>400
	B	-	>400	-	>400
<i>C. neoformans</i>	A	-	>400	-	-
	B	-	>400	-	-
<i>M. pachydermatis</i>	A	>400	>400	>400	>400
	B	>400	>400	>400	>400
<i>Trichophyton</i> sp.	A	-	>400	-	-
	B	>400	>400	>400	-
% Resistance	A	25	91.67	58.33	66.67
	B	33.33	91.67	66.67	66.67

สารสกัดจากใบกัญชาที่สกัดด้วยสารเมทานอลมีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อรามากที่สุด โดยที่สารสกัดจากกัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และสารสกัดกัญชาจากสายพันธุ์หางกระรอก ร้อยละ 91.67 รองลงมาคือ สารสกัดกัญชาจากสารอะซิโตน ร้อยละ 66.67 และคลอโรฟอร์ม ร้อยละ 66.67 และ 58.33 ซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราได้ ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากสารเอทานอลพบว่ามีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในสารสกัดใบกัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และสารสกัดกัญชาจากสายพันธุ์หางกระรอก ร้อยละ 33.33 และ 25.00 จากการศึกษาในครั้งนี้ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อรา คือ 50.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ยกเว้น *S. faecalis* 001.9 และเชื้อรา *Candida albicans* และ *Cryptococcus neoformans* ที่สารสกัดจากใบกัญชาทั้ง 2 สายพันธุ์ไม่สามารถยับยั้งได้ (Table 2)

โดยระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรียและเชื้อรา คือ มากกว่า 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ดังแสดงใน Table 3

จากรายงานในสารสกัดใบกัญชามีกลุ่มสาร Cannabinoids และมีสาร Cannabidiol (CBD) ที่สามารถเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียและทำลายเซลล์ ส่งผลเข้าไปยับยั้งหรือรบกวนกระบวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ได้แก่ ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถแบ่งเซลล์และเจริญเติบโตต่อไปได้ (Appendino et al., 2008; Isahq et al., 2015) สอดคล้องกับการศึกษา Blaskovich, et al. (2021) ซึ่งสารสกัดใบกัญชาสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และจากรายงาน Frassinetti et al. (2020) พบว่าสารสกัดจากแบคทีเรียกัญชาสามารถลดการสร้างไบโอฟิล์มแบคทีเรียโปรไบโอติก (*Lactobacillus* และ *Bifidobacterium*) ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้นอกจากนั้นสาร CBD ในกัญชาสามารถยับยั้งการเจริญเชื้อ *S. aureus* ได้สูงและรวดเร็วเนื่องจากสารชนิดนี้ไม่มีประจุสามารถซึมผ่านเข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายและรวดเร็ว (Sharma et al., 2019) ส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตและมีฤทธิ์ในการยับยั้งหรือรบกวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และยับยั้งเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียส่งผลให้แบคทีเรียไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้ต่อไป ดังนั้นทำให้สารแคนนาบินอยด์มีฤทธิ์เหมือนยาปฏิชีวนะ Cephalothin ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ และจากรายงาน Anjum et al. (2018) ได้ทำการศึกษาศาส์กัด *Cannabis sativa* L. ที่ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา คือ *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *A. niger* และ *Fusarium* spp. ด้วยเทคนิค Disc diffusion และ Agar well diffusion method สารสกัดใบกัญชาจากเอทานอล (Ethanol) และสารสกัดอะซิโตน (Acetone) สามารถยับยั้งจุลินทรีย์สูงสุด รองลงมา คือ สารสกัดจากน้ำกลั่น และสารสกัดคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ของกัญชา ซึ่งจากศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบกัญชาต่อเชื้อราที่ก่อโรค ด้วยตัวทำละลายเอทานอล เมทานอล (Methanol) อะซิโตน และคลอโรฟอร์ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสารสกัดใบกัญชาจากตัวทำละลายเอทานอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก คือ *E. coli* A24622, *K. pneumoniae* 001.3, *M. pneumoniae* 001.1 และ *P. aeruginosa* A11015 ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Chakraborty et al. (2018) ที่ทดสอบสารสกัดกัญชาจากเชื้อ Methicillin-Resistant *S. aureus* (MRSA) Farha et al. (2020) และ Martinenghi et al.

(2020) ที่ทดสอบสารสกัดจากใบกัญชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *S. aureus* และ *S. epidermidis* แต่ไม่สามารถที่จะยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli*, *K. Pneumonia*, *P. Aeruginosa*, *S. aureus* A0527

สารสกัดใบกัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายลที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล สามารถยับยั้งเชื้อราประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Candida albicans* มีค่า MIC ที่ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม สารสกัดจากใบกัญชาทั้ง 2 สายพันธุ์ อาจมีปริมาณสารประกอบ Terpenes, Cannabinoids, Flavonoids และ Phenols (Singh et al., 2018) ที่สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. flavipes* และ *C. albicans* ที่ก่อโรคในมนุษย์ ได้ดีกว่าสารสกัดจากพืชชนิดอื่น ๆ (Nalli et al., 2018) จาการรายงานของ Swain et al. (2016) ใช้สารสกัดจาก *C. sativa* สามารถต้านเชื้อรา *A. Fumigatus*, *A. Flavus*, *Fusarium*, *Penicillium* และ *Mucor*

จากการศึกษาพบว่าสารสกัดกัญชาจากตัวทำละลายเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดี สอดคล้องกับ Khan & Javaid (2020) ได้ศึกษาสารสกัดจาก *C. sativa* ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลในการยับยั้งเชื้อรา *A. flavipes* สารสกัดกัญชาจากเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *A. flavipes* ได้ดีกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ โดยมีค่าประสิทธิภาพการยับยั้งร้อยละ 68-82 รองลงมาที่สกัดด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม และเฮกเซน มีค่าร้อยละ 52-82 และ 42-82 ตามลำดับ รองลงมาสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล อะซิโตนมีค่าร้อยละ 47-76 และที่สกัดด้วยน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *A. flavipes* ได้น้อยที่สุด มีค่าร้อยละ 38-73 ตัวทำละลายเมทานอลอาจมีประสิทธิภาพการดั่งสารสำคัญในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ จากการศึกษานี้พบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดใบกัญชาทั้ง 2 สายพันธุ์จากตัวทำละลายจากเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราสูงสุด ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม รองลงมาส่วนสารสกัดกัญชาจากตัวทำละลายอะซิโตนและคลอโรฟอร์มส่วนสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำสุด

จากการศึกษาในครั้งนี้สารสกัดจากใบกัญชาที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในสัตว์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการนำสารสกัดจากใบกัญชาไปพัฒนายาปฏิชีวนะ ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์โรคเต้านมอักเสบในวัว และเชื้อราที่ก่อโรคผิวหนังสัตว์ที่สามารถใช้เป็นทางเลือกได้ในอนาคต จากใบกัญชา 2 สายพันธุ์ คือ กัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ร้อยละยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคเต้านมอักเสบและเชื้อราจากผิวหนังแมว บ่งชี้ได้ว่าการนำพืชกัญชาเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาเป็นยาต้านจุลชีพต่อไปได้ อย่างไรก็ตามควรนำสารสกัดมาใช้วิเคราะห์แยกชนิดและปริมาณของสารสกัดในใบกัญชา ก่อนการนำมาใช้ทดสอบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ เนื่องจากการทดลองนี้ไม่ได้แยกส่วนของชนิดองค์ประกอบของสารในการนำมาทดสอบ

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจากของสารสกัดสารสกัดจากใบกัญชา 2 สายพันธุ์ คือ กัญชาสายพันธุ์ฝอยทองภูผายล และกัญชาสายพันธุ์หาง

กระรอกร้อยเอ็ดสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคด้านมออักเสบในวัว และเชื้อราจากผิวหนังแมวได้ โดยประสิทธิภาพการยับยั้งของจุลินทรีย์ แต่ละชนิดแตกต่างกัน ความเข้มข้นต่ำสุดสามารถยับยั้งการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และขอขอบคุณ นางสุกัญญา เฮย์วอร์ด ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบกัญชาในการทำวิจัย ในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือในการศึกษาวิจัย จนสำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี

References

- Abdullah Sani, N., Sawei, J., Ratnam, W., & Abdul Rahman, Z. (2018). Physical, antioxidant and antibacterial properties of rice (*Oryza sativa* L.) and glutinous rice (*Oryza sativa* var. glutinosa) from local cultivators and markets of Peninsular, Malaysia. *International Food Research Journal*, 25(6), 2328-2336.
- Anjum, M., Arooj, Z. E., Azam, S., Rehman, P., & Khadim, J. (2018). Evaluation of antimicrobial activity and ethnobotanical study of *Cannabis sativa* L. *Pure and Applied Biology*, 7(2), 706-713.
- Appendino, G., Gibbons, S., Giana, A., Pagani, A., Grassi, G., Stavri, M., Smith, E., & Rahman, M. M. (2008). Antibacterial Cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure–activity study. *Journal of Natural Products*, 71(8), 1427–1430. doi: 10.1021/np8002673
- Arsheewa, W. (2016). Prevalence of carbapenemase enzyme in clinical isolates of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* from Prapokklao Hospital in 2012 – 2013. *The Journal of Prapokklao Hospital Clinical Medical Education Center*, 33(4), 314-325. (in Thai)
- Blaskovich, M. A. T., Kavanagh, A. G., Elliott, A. G., Zhang, B., Ramu, S., Amado, M., Lowe, G. J., Hinton, A. O., Pham, D. M. T., Zuegg, J., Beare, N., Quach, D., Sharp, M. D., Pogliano, J., Rogers, A. P., Lyras, D., Tan, L., West, N. P., Crawford, D. W., Peterson, M. L., Callahan, M., & Thum, M. (2021). The antimicrobial potential of cannabidiol. *Communications Biology*, 4(1), 7. doi: 10.1038/s42003-020-01530-y
- Chakraborty, S., Afaq, N., Singh, N., & Majumdar, S. (2018). Antimicrobial activity of *Cannabis sativa*, *Thuja orientalis* and *Psidium guajava* leaf extracts against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Integrative Medicine*, 16(5), 350-357. doi: 10.1016/j.joim.2018.07.005
- Farha, M. A., El-Halfawy, O. M., Gale, R. T., MacNair, C. R., Carfrae, L. A., Zhang, X., Jentsch, N. G., Magolan, J., & Brown, E. D. (2020). Uncovering the hidden antibiotic potential of Cannabis. *American Chemical Society Infectious diseases*, 6(3), 338-346. doi: 10.1021/acsinfecdis.9b00419
- Frassinetti, S., Gabriele, M., Moccia, E., Longo, V., & Gioia, D. D. (2020). Antimicrobial and antibiofilm activity of *Cannabis sativa* L. seeds extract against *Staphylococcus aureus* and growth effects on probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT-Food Science and Technology*, 124(5), 109149. doi:10.1016/j.lwt.2020.109149
- Gwinn, K. D., Hansen, Z., Kelly, H. , & Ownley, H. B. (2022). Diseases of *Cannabis sativa* caused by diverse *Fusarium* species. *Frontiers in Agronomy*, 3, 796062. doi: 10.3389/fagro.2021.796062
- Galletta, M., Reekie, T. A., Nagalingam, G., Bottomley A. L., Harry, E. J., Kassiou, M., & Triccas, J. A. (2020). Rapid antibacterial activity of cannabichromenic acid against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antibiotics*, 9(8), 523. doi: 10.3390/antibiotics9080523
- Isahq, M. S., Afridi, M. S., Ali, J., Hussain, M. M., Ahmad, S., & Kanwal, F. (2015). Proximate composition, phytochemical screening, GC-MS studies of biologically active cannabinoids and antimicrobial activities of *Cannabis indica*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(11), 897–902. doi: 10.1016/s2222-1808(15)60953-7
- Khan, I. H., & Javaid, A. (2020). Antifungal activity of leaf extract of *Cannabis sativa* against *Aspergillus flavipes*. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 26(4), 447-453. doi: 10.28941/pjwsr.v26i4.883
- Karas, J. A., Wong, L. J. M., Paulin, O. K. A., Mazeh, A. C., Hussein, M. H., Li, J., & Velkov, T. (2020). The antimicrobial activity of cannabinoids. *Antibiotics*, 9 (7), 406. doi: 10.3390/antibiotics9070406
- Martinenghi, L. D., Jonsson, R., Lund, T., & Jenssen, H. (2020). Isolation, purification, and antimicrobial characterization of cannabidiolic acid and cannabidiol from *Cannabis sativa* L. *Biomolecules*, 10(6), 900. doi: 10.3390/biom10060900
- National Antimicrobial Resistance Surveillance Center, Thailand. (2022). *Thailand's integrate antimicrobial resistance surveillance with one health approach guideline*. Accessed March 11, 2023. Retrieved from <http://narst.dmsc.moph.go.th/>. (in Thai)
- Nadir, I., Rana, N. F., Ahmad, N. M., Tanweer, T., Batool, A., Taimoor, Z., Riaz, S., & Ali, S. M. (2020). Cannabinoids and terpenes as an antibacterial and antibiofouling promotor

- for PES water filtration membranes. *Molecules*, 25(3), 691. doi: 10.3390/molecules25030691
- Nalli, Y., Arora, P., Hassan, S. R. U., & Ali, A. (2018). Chemical investigation of *Cannabis sativa* leading to the discovery of a prenylspiroidinone with anti-microbial potential. *Tetrahedron Letters*, 59(25), 2470-2472.
- Oliver., S. P. (2004). *Microbiological procedures for the diagnosis of bovine udder infection and determination of milk quality* (4th ed.). Wisconsin: National Mastitis Council (NMC).
- Schofs, L., Sparo, M. D., & Bruni, S. F. S. (2021). The antimicrobial effect behind *Cannabis sativa*. *Pharmacology Research and Perspectives*, 9 (2), e00761. doi: 10.1002/prp2.761
- Sharma, A., Gupta, V. K., & Pathania, R. (2019). Efflux pump inhibitors for bacterial pathogens: From bench to bedside. *Indian Journal of Medical Research*, 149(2), 129-145. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_2079_17
- Singh, P., Pandit, S., Garnæs, J., Tunjic, S., Mokkaṭṭi, V. R., Sultan, A., Thygesen, A., Mackevica, A., Mateiu, R. V., Dagaard, A. E., Baun, A., & Mijakovic, I. (2018). Green synthesis of gold and silver nanoparticles from *Cannabis sativa* industrial hemp) and their capacity for biofilm inhibition. *International Journal of Nanomedicine*, 13, 3571-3591. doi: 10.2147/IJN.S157958
- Swain, S., Barik, S. K., Behera, T., Nayak, S. K., Sahoo, S. K., Mishra, S. S., & Swain, P. (2016). Green synthesis of gold nanoparticles using root and leaf extracts of *Vetiveria zizanioides* and *Cannabis sativa* and its antifungal activities. *BioNanoScience*, 6,(3)205-213. doi: 10.1007/s12668-016-0208-y

Research article

The potential of Cannabis sativa extract to inhibit pathogens in animals

Yuwadee Insumran^{1*} Natchanok Jansawang² Panuwat Ruenruangrit³
and Netnapha Ruangchai⁴

¹Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham, 44000

²Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham, 44000

³Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000

⁴Department of Physical Education, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham 44000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 20 December 2022

Revised: 12 April 2023

Accepted: 24 April 2023

Online published: 8 May 2023

Keyword

Cannabis sativa

Crude extract

Antimicrobial

Mastitis

Pathogenic microorganism

ABSTRACT

This research was aimed to screen the antimicrobial activities of two varieties of *Cannabis sativa* (FoiThongphuphayon cv. and Hanggrarok Roei-Et cv.) leaf extracts against pathogens including bacteria causing mastitis in dairy cows and some yeasts and filamentous fungi isolated from dermatitis and respiratory disease affected animals. Crude extracts from the leaves of cannabis were obtained using extractions by various solvents including ethanol, methanol, acetone, and chloroform. Disc diffusion was used as an antimicrobial and antifungal activity screening method, and minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bacteriocidal/fungicidal concentration (MBC/MFC) were further measured using the micro broth dilution method. The methanol extracts from both varieties of cannabis were generally effective in inhibiting most of the tested bacterial strains including three gram-positive: *Staphylococcus aureus* A0527, *Staphylococcus haemolyticus* A12321, and *Staphylococcus pneumonia* 001.12, and four gram-negative bacteria: *Pseudomonas aeruginosa* A11015, *Mycoplasma pneumoniae* 001.1, *Klebsiella pneumoniae* 001.3 and *Escherichia coli* A24622 at 50 µg/ml MIC and 400 µg/ml MBC, except for *Staphylococcus faecalis* 001.9 resisting inhibition. The methanol extracts were also effective against the tested dermatitis-causing yeasts and fungus including *Candida albican*, *Malassezia pachydermatis*, *Trichopyton* sp., as well as the respiratory system-affecting fungus, *Cryptococcus neoformans*, at 50 µg/ml MIC and 400 µg/ml MBC. Thus, the extracts from Cannabis are promising and should be promoted to be used clinically for clinical usage as treatment agents against pathogens, and also contain the potential to be used in the pharmaceutical industry going forward.

*Corresponding author

E-mail address: yuwadee.in@rmu.ac.th (Y. Insumran)

Online print: 8 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.5>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อสารหอมระเหย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

จิรนนท์ รัตสีว^{1*} และ ขนิษฐา ฉิมพาลี²

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ 33000

²สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ 33000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 28 กุมภาพันธ์ 2566

แก้ไข: 15 เมษายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 1 พฤษภาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 11 พฤษภาคม 2566

คำสำคัญ

การอบแห้งแบบถาด

สารหอมระเหย

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ เนื้อทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษที่ระดับการสุกพอดี นำมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่สภาวะการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างผงมาวิเคราะห์ค่าสี สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารหอมระเหย ผลการศึกษาพบว่า การอบแห้งทุเรียนภูเขาไฟที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) ของทุเรียนภูเขาไฟน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอบแห้งอื่น ปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP ของตัวอย่างทุเรียนอบแห้งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยตัวอย่างอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP คงอยู่มากที่สุด จากนั้นนำตัวอย่างทุเรียนอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มาวิเคราะห์ปริมาณสารหอมระเหยด้วยวิธี GC-MS โดยพบว่าสาร caryophyllene และ phytol มีปริมาณลดลงหลังจากผ่านการอบแห้ง ในขณะที่สาร bicyclogermacrene มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังผ่านการอบแห้งเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการแปรรูปด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ส่งผลต่อค่าสี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารหอมระเหยของทุเรียน ผลการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการแปรรูปทุเรียนผงเพื่อนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ หรือผลิตภัณฑ์ทุเรียนเพื่อสุขภาพต่อไป

บทนำ

การบริโภคทุเรียนในประเทศไทยได้รับความนิยมมานานและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นรวมถึงทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษ (Lava Durian Sisaket) ซึ่งเป็นทุเรียนที่มีชื่อเสียงของจังหวัดศรีสะเกษ เป็นไม้ผลเศรษฐกิจของท้องถิ่นและจังหวัด มีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นคือเนื้อแห้งกรอบนอก นุ่มใน กลิ่นไม่แรง ไม่หวานจัด และรสชาติมีความมัน โดยทั่วไปแล้วฤดูกาลที่ทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษมีผลผลิตออกสู่ตลาดจะอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม เพราะเป็นช่วงที่ท้ายฤดูของผลผลิตทุเรียนจากภาคตะวันออก ในขณะที่ผลผลิตทุเรียนจากภาคใต้ยังไม่ออกสู่ตลาด โดยทั่วไปนิยมบริโภคผลสดในส่วนเนื้อทุเรียน แต่พบปัญหาคือทุเรียนมีระยะเวลาในการสุกเร็ว เมื่อจำหน่ายไม่หมดเนื้อทุเรียนจะสุกจนเละ ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ จึงมีการนำทุเรียนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น ทุเรียนกวน ทุเรียนทอดกรอบ ไอศกรีม นำไปทำเป็นไส้ขนมต่าง ๆ และทุเรียนอบแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง เป็นต้น มีงานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความแน่นเนื้อและองค์ประกอบของทุเรียนหมอนทอง พบว่าประกอบไปด้วยแป้ง ปริมาณของแข็ง ปริมาณน้ำตาล และเพคติน (Ketsa & Daengkanit,

1998) นอกจากนี้มีงานวิจัยศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในทุเรียนหมอนทองสุก (ripe) พบว่าประกอบไปด้วยปริมาณฟลาโวนอล แอนโทไซยานิน สารประกอบ ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด งานวิจัยนี้ยังพบว่าทุเรียนระยะที่สุกมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าทุเรียนระยะแก่จัดก่อนสุก (mature) ($p < 0.05$) และเลยระยะสุก (overripe fruits) และเนื้อทุเรียนสุกยังเป็นแหล่งของกรดคาเฟอิก (caffeic acid) และสารเคอร์ซีติน (quercetin) รวมไปถึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (Ferric-reducing/antioxidant power) และ CUPRAC (cupric-reducing antioxidant capacity) (Arancibia-Avila et al., 2008)

กระบวนการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดเป็นที่นิยมในการใช้แปรรูปอาหารและถนอมอาหารเนื่องจากการลดความชื้นในอาหารลงจะทำให้ปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) ต่ำ ส่งผลให้จุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารที่ผ่านการทำแห้งลดลงและยังลดอัตราการเติบโตในอาหารลงได้ เก็บรักษาตัวอย่างได้นานยิ่งขึ้น เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางชีวภาพที่เหมือนหรือแตกต่างจากเดิม มีรายงานวิจัยพบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

*Corresponding author

E-mail address: jiranant.r@gmail.com (J. Ratseewo)

Online print: 11 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.6>

แบบถาดส่งผลกระทบต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในตัวอย่างผลผลิตทางการเกษตร ผัก และผลไม้ โดยพบว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลง เช่น ในมะละกอ มะเขือเทศ (Siriamornpun et al., 2015) รำข้าว (Wanyo et al., 2014) และข้าวที่มีสี (Ratseewo et al., 2020) เป็นต้น Raksakantong et al. (2011) ได้ศึกษาปริมาณสารหอมระเหยในตัวอย่างกะเพราที่ผ่านการอบแห้ง พบว่าสารหอมระเหยเกิดการเปลี่ยนแปลง มีสารบางชนิดที่ตรวจพบหลังจากตัวอย่างผ่านการอบแห้งและบางชนิดตรวจไม่พบหลังอบแห้ง อย่างไรก็ตามการอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่ส่งผลกระทบต่อสารหอมระเหย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษ ยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดต่อสารหอมระเหย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษ เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบถาด เป็นข้อมูลสำหรับการแปรรูปทุเรียนเพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ทราบการคงอยู่ของของสารสำคัญ รวมทั้งการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบื้องต้นในการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ของทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่างการอบแห้งทุเรียนด้วยลมร้อนแบบถาดที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ

ตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟคัดเลือกจากสวนทุเรียน ในจังหวัดศรีสะเกษ โดยเลือกผลที่สุกปานกลาง แกะเปลือกออก นำเมล็ดออก เก็บเนื้อทุเรียนมาหั่นเป็นชิ้นหนา 1.5 เซนติเมตร ปั่นให้ละเอียด ทำการอบแห้งเนื้อทุเรียนด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่สภาวะอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อบแห้งจนกระทั่งความชื้น ไม่เกินร้อยละ 8 วัดค่าความชื้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48–72 ชั่วโมง (AOAC, 1990) จากนั้นใช้เครื่องปั่นบดตัวอย่างให้เป็นผงละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช เก็บรักษาไว้ในถุงสุญญากาศที่ -4 องศาเซลเซียส ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ปิดผนึกสำหรับใช้ในการศึกษาต่อไป

การศึกษาค่าสีของตัวอย่าง

นำตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟ ศรีสะเกษสดและทุเรียนที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดทั้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มาวิเคราะห์ค่าสี (color) ด้วยระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี (MINOTA CR400, Japan) จากนั้นนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่าง ค่าความแตกต่างที่ยอมรับได้ของสี ΔE^* (delta E) คำนวณจากสูตร $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (Ratseewo et al., 2016)

การสกัดตัวอย่าง

ตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษทั้งสดและผ่านการอบแห้ง 1 กรัมของน้ำหนักแห้ง นำมาผสมกับสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองเอาส่วนใสแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็วรอบ 1400 × g เป็นเวลา 20 นาที ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ เก็บรักษาตัวอย่างที่สกัดแล้วที่อุณหภูมิ

-20 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ต่อไป (Ratseewo et al., 2016)

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์โดยใช้วิธี Folin- Ciocalteus method (Ratseewo et al., 2016) สารมาตรฐาน Folin- Ciocalteus reagent ปริมาตร 2.25 มิลลิลิตร นำมาผสมกับสารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นนำมาเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 20 (w/v) ปริมาตร 2.25 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน เก็บหลอดทดลองในที่มืดเป็นเวลา 90 นาที นำหลอดทดลองที่ครบเวลามาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำมาประมวลผลเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่จุดสมมูล (gallic acid equivalent) เพื่อหาความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดที่ทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg GAE/g sample)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์โดยใช้วิธี colorimetric (Ratseewo et al., 2016) ปิเปตสารสกัดตัวอย่างทุเรียนสดและอบแห้ง 0.5 มิลลิลิตร นำมาผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนเตรดร้อยละ 5 (w/v) 0.15 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ทำการเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที นำมาเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรตร้อยละ 10 (w/v) 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้นำมาประมวลผลเทียบกับกราฟมาตรฐานสารรูทีนที่จุดสมมูล (rutin equivalent) เพื่อหาความเข้มข้นของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของสารรูทีนต่อตัวอย่าง 100 กรัม (mg RE/100g sample)

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

1. DPPH• radical-scavenging activity

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธี DPPH radical scavenging assay (Ratseewo et al., 2016) เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ทำโดยเตรียม DPPH ร้อยละ 0.004 (w/v) ในเอทานอล ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างหลอดละ 3 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณหาประสิทธิภาพฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างที่นำมาทดลอง

จากสูตรดังนี้

$$[(A_o - A_e)/A_o] \times 100$$

เมื่อ A_o = absorbance of DPPH without extract; A_e = absorbance with extract)

2. Ferric reducing/antioxidant power (FRAP)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing/antioxidant power (FRAP) (Ratseewo et al., 2016) การวิเคราะห์เริ่มจากการนำสารละลาย FRAP ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 180 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมสารสกัดปริมาตร 60 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย FRAP เป็น blank แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาประมวลผลเทียบกับกราฟมาตรฐาน $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ เพื่อหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ รายงานผลในหน่วยของไมโครโมลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมตัวอย่าง ($\mu mol FeSO_4/g$ sample)

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อปริมาณสารหอมระเหยของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

นำตัวอย่างที่ผ่านการศึกษาด้านปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมาคัดเลือกสภาวะการอบแห้งที่คงเหลือปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดแล้วนำมาวิเคราะห์สารหอมระเหยเปรียบเทียบกับตัวอย่างสดด้วยการใช้วิธี GC-MS โดยอ้างอิงวิธีการศึกษาจาก Ratseewo et al. (2016) และ Raksakantong et al. (2011) โดยใช้เครื่อง GC/MS-QP2010 (Shimadzu, Japan) ใช้แก๊ซตัวพา คือ แก๊ซฮีเลียม ความดัน 134.2 กิโลปาสกาล อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) รายงานค่าในรูปค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้านต่าง ๆ โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อค่าสีของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีผลการศึกษาดังนี้ ตัวอย่างทุเรียนสดมีปริมาณค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด (88 ± 2.31) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้

อบแห้งพบว่าส่งผลกระทบต่อค่าความสว่างของสีทุเรียนโดยพบว่าความสว่างของทุเรียนมีค่าลดลง ($p < 0.05$) (Table 1) การอบแห้งทุเรียนภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (79 ± 1.56) สูงกว่าตัวอย่างที่อบแห้ง 50 และ 70 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นสีเขียวและสีเหลืองพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของทุเรียนมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) แสดงได้จากการรวมกันของพารามิเตอร์ค่า L^* a^* และ b^* การศึกษาชี้ให้เห็นว่าการอบแห้งทุเรียนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่า ΔE น้อยสุด สีของอาหารเป็นคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงดูดของผู้บริโภค การเสื่อมของสีในผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปอาหารส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความร้อน (Siriamornpun et al., 2015) การเปลี่ยนแปลงของสีอาหารเป็นลักษณะที่บ่งบอกผลจากกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนซึ่งมีผลต่อลักษณะของสีของอาหารจากวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกันส่งผลให้ลักษณะสีของอาหารคล้ำลง ค่าความสว่างลดลง สีของตัวอย่างทุเรียนหลังอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากความร้อนดังกล่าวและอาจเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์ เนื่องจากความร้อนรวมกับการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) หรือแคทีคอลออกซิเดส คือเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลกับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 6.8 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวเริ่มลดลงและเสียสภาพที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป (Lv et al., 2017) ส่งผลให้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าความสว่างต่ำสุดเพราะเอนไซม์เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสทำงานได้ดีกว่าที่อุณหภูมิอื่น ขณะที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส อาจจะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล และยังรวมไปถึงการทำลายเม็ดสีที่มีอยู่ในตัวอย่างพืช มีงานวิจัยอื่นที่ศึกษาการอบแห้งอาหาร การต้ม การลวก การนึ่ง และการทอด ใบมะกรูด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔE ของการลวก นึ่ง และย่าง ใบมะกรูด มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทอดและอบแห้งด้วยลมร้อน สีในการลวกนึ่ง และต้มใบมะกรูดมีค่าใกล้เคียงใบสดมากกว่า (Ratseewo et al., 2016) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีหลังอบแห้งด้วยลมร้อนในมะละกอ มะเขือเทศ (Siriamornpun et al., 2015) และลำข้าว (Wanyo et al., 2014) เป็นต้น

Table 1 Color parameters of dried Lava Durian Sisaket by different temperatures of hot-air drying

Samples	Color parameters			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
Fresh durian	88.03 ± 2.31^a	-1.90 ± 0.04^a	20.61 ± 0.74^d	-
Dried durian 50 °C	71.03 ± 1.64^d	-3.01 ± 0.08^b	22.04 ± 0.65^c	17.09 ± 0.23^a
Dried durian 60 °C	79.01 ± 1.56^b	-4.04 ± 0.06^c	23.01 ± 0.52^b	9.55 ± 0.21^c
Dried durian 70 °C	75.04 ± 1.89^c	-5.02 ± 0.05^d	24.03 ± 0.84^a	13.79 ± 0.17^b

Values are expressed as means $\pm$ standard deviation ($n = 3$). Means with different letters in the same column were significantly different at the level $p < 0.05$.

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบกดต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

1. ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของตัวอย่างทุเรียนอบแห้ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ ที่ผ่านการอบแห้งที่สภาวะ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงใน Figure 1 จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างทุเรียนสดมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด คือ 60 mg GAE/g sample รองลงมาคือ ตัวอย่างอบแห้งที่ใช้ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (50 mg GAE/g sample) ($p < 0.05$) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของทุเรียนภูเขาไฟลดลงเมื่อผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบกด มีการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อทุเรียนสดที่ระยะสุกพอดี (Arancibia-Avila et al., 2008) พบว่าในเนื้อทุเรียนระยะสุกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 374.4 ± 32.4 mg GAE/100 g เมื่อศึกษาชนิดและปริมาณของกลุ่มกรดฟีนอลิกในตัวอย่างทุเรียนที่พบสูงสุดคือ กรดคาเฟอิก กรดพารา-คูมาริก และกรดซินนามิก ซึ่งให้เห็นว่าเนื้อทุเรียนสุกถือเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก การใช้ลมร้อนในการแปรรูปผักและผลไม้ถือเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากช่วยลดความชื้นและน้ำในตัวอย่าง ใช้ต้นทุนไม่สูง มีวิธีทำไม่ยุ่งยาก แต่การใช้ลมร้อนในการอบแห้งนั้นส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ รวมถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืชอีกด้วย ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบกดนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อผลของปริมาณฟีนอลิกในมะละกอ มะเขือเทศ (Siriamornpun et al., 2015) ข้าวสาลีพันธุ์ไทย (Ratseewo et al., 2020) และใบกะเพรา (Raksakantong et al., 2011) เป็นต้น การแปรรูปด้วยความร้อนส่งผลต่อคุณลักษณะของพืช เช่น สี เนื้อสัมผัสของพืชเหล่านั้นแล้วยังมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทำให้ปริมาณของสารฟีนอลิกลดลง เหตุดังกล่าวอาจเกิดจากความร้อนและการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) หรือแคทีคอลออกซิเดส คือเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลกับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล จะทำลายหรือทำให้โครงสร้างของสารประกอบเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารชนิดใหม่ที่ไม่ใช่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ หรือเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มอื่น กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเอนไซม์จะค่อย ๆ ถูกทำให้เสียสภาพจนไม่สามารถทำงานได้ (Lv et al., 2017) ดังนั้นจึง สอดคล้องกับผลจากงานวิจัยนี้ที่การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบกดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการคงอยู่ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่น ในขณะที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสยังคงทำงานได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิ 70 องศา

เซลเซียส จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีกว่า แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจส่งผลต่อการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด ส่งผลให้การอบแห้งตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด การสลายตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางชนิดในเนื้อเยื่อผลไม้ อาจทำให้เกิดกิจกรรมทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งลดลง การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการคายน้ำหรือการอบแห้งพืชกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่นเดียวกับลักษณะทางกายภาพ (Ratseewo et al., 2016; Ratseewo et al., 2020) นอกจากนี้การแปรรูปด้วยความร้อนแบบอื่นส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เช่น มีรายงานการลวกบรอกโคลี (Zhang & Hamaizu, 2004) มะกรูดไทยอบแห้งด้วยลมร้อน (Raksakantong et al., 2011) และข้าวอบแห้งด้วยลมร้อน (Wanyo et al., 2014) เป็นต้น นอกจากนี้ Ouyang et al. (2021) ได้รายงานถึงการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในฟักทองหั่นอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการคงอยู่มากกว่าที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามนอกจากการลดลงแล้วยังมีหลายการศึกษาที่พบว่าความร้อนสามารถเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกในกระบวนการปรุงอาหารของผักและผลไม้ Wachtel-Galor et al. (2008) รายงานปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในผักใบเขียวเพิ่มขึ้นหลังจากต้ม นึ่ง และไมโครเวฟ ในทำนองเดียวกันไอน้ำในการนึ่งชี้ให้เห็นว่าสามารถรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพของผักตระกูลกะหล่ำและตามด้วยการใช้ไมโครเวฟ ความร้อนในการแปรรูปเหล่านี้มีผลต่อลักษณะต่าง ๆ ของพืช พันธุ์ สี โครงสร้าง คุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้ง Tangkhawanit & Siriamornpun (2021) พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนของากแก้วเหลืองส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นนี้อาจสันนิษฐานว่ากระบวนการแปรรูปทางอาหารในบางกรณีสามารถเร่งให้ฟีนอลที่ถูกติดด้วยพันธะทางเคมีไว้กับสารประกอบอื่นถูกปล่อยออกมาจากการที่พันธะหรือแรงทางเคมีที่ไม่แข็งแรงถูกทำลายหรือการสลายตัวของเซลล์เมื่อได้รับความร้อนทำให้สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด เช่น กลุ่มฟีนอล เทนิน เปลี่ยนเป็นสารกลุ่มกรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ที่มีโครงสร้างเล็กลง (Ratseewo et al., 2022) นอกจากนี้สาเหตุดังกล่าวแล้วความร้อนจากการแปรรูปที่เพียงพอและมีระยะเวลาที่เหมาะสมสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในระหว่างการปรุงอาหาร นำไปสู่การยับยั้งการย่อยสลายโพลีฟีนอล ซึ่งการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดอาจขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียม วิธีการแปรรูปโดยใช้ความร้อน ชนิดของพืช ระยะเวลาที่ใช้รวมถึงชนิดของสารฟีนอลิก



Figure 1 Total phenolic content (TPC, mg GAE/g sample), Total flavonoid content (TFC, mg RE/100g sample) of dried Lava Durian Sisaket by different temperatures of hot-air drying values are expressed as means $\pm$ standard deviation ($n = 3$). Means with different letters in the same parameters were significantly different at the level $p < 0.05$.

2. ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของตัวอย่างทุเรียนอบแห้ง ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของตัวอย่างทุเรียนอบแห้งด้วย ลมร้อนแบบถาดที่สภาวะ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงใน Figure 1 พบว่าตัวอย่างทุเรียนสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุด คือ 110 mg RE/100g sample รองลงมาคือตัวอย่างทุเรียนอบแห้งที่ใช้ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณ 70 RE/100g sample ($p < 0.05$) จากงานวิจัยนี้พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลง หลังผ่านการอบแห้งในทุกสภาวะอุณหภูมิ โดยแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า เนื้อทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษระยะสุกเป็นแหล่งของสารประกอบฟลาโวนอยด์ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Arancibia-Avila et al. (2008) ที่ศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในทุเรียนระยะสุกมี ปริมาณ 97.9 ± 9.3 mg CE/100 g sample และพบว่าเนื้อทุเรียนนั้น อุดมด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ เคอร์ซีติน ไมริซิติน อะพิจินิน และแคมเฟอร์อล สารฟลาโวนอยด์เป็นสารธรรมชาติที่สำคัญที่สุดที่จัด อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลเป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นหนึ่งในสารที่มีความ หลากหลายและเป็นกลุ่มสารประกอบจากธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปใน พืช นอกจากฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแล้วฟลาโวนอยด์ได้รับการ พิสูจน์อย่างหลากหลายในส่วนของฤทธิ์ทางชีวเคมีและเภสัชวิทยา ได้แก่ ต้านการอักเสบ ต้านไวรัส ต้านภูมิแพ้ ต้านมะเร็ง ต่อด้านริ้วรอย (Prasad et al., 2009) ในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า เมื่อทำการใช้ลมร้อน อบแห้งส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเนื้อทุเรียนภูเขาไฟซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการรายงานการเปลี่ยนแปลง ปริมาณของฟลาโวนอยด์ที่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการทางความ ร้อนและชนิดของผักและผลไม้ ได้แก่ การศึกษาการอบแห้งด้วยลม ร้อนต่อผลของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในมะละกอ มะเขือเทศ (Siriamornpun et al., 2015) ข้าว (Ratseewo et al., 2020) ใบ กะเพราขาว (Raksakantong et al., 2011) และรำข้าว (Wanyo et al., 2014) ในการอบแห้งใบมะกรูด (Ratseewo et al., 2016) ด้วย ลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ ทั้งหมดลดลงราวร้อยละ 20 ผลของการอบแห้งทุเรียนภูเขาไฟต่อ ปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ยังมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับ สารฟีนอลิกที่ลดลงเมื่อผ่านการอบแห้งเช่นกัน ฟลาโวนอยด์มีอยู่ในรูป ของเอสเทอร์หรือไกลโคไซด์ ดังนั้นจึงสามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้บางส่วน ในระหว่างการให้ความร้อนจากการทำแห้ง และการเปลี่ยนแปลงทาง

ไฮโดรไลติกนี้มีอิทธิพลต่อการกระจายของฟลาโวนอยด์ระหว่างเฟส ของไขมันและที่เป็นน้ำ และปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ปรากฏการณ์นี้ อาจส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารอาหารหรือองค์ประกอบทางจุลภาค อย่างไรก็ดีตามในทางตรงกันข้ามสารประกอบฟลาโวนอยด์บางชนิด สามารถตรวจพบเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างสดได้หลังผ่านการอบแห้งด้วย วิธีการอื่น เช่น การใช้รังสีอินฟราเรดอบแห้งข้าว เป็นต้น (Ratseewo et al., 2022)

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบถาดต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของ ทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

1. DPPH• radical-scavenging activity

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ของสารสกัดจากทุเรียนภูเขาไฟโดยใช้ตู้อบลม ร้อนแบบถาดด้วยอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงดัง Table 2 ตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟสดมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูล อิสระสูงสุดที่ร้อยละ 40.03 $\pm$ 1.0 รองลงมาคือ ทุเรียนภูเขาไฟที่อบแห้ง ที่ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 33.75 $\pm$ 0.79) จากผล การศึกษาพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ของตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟหลังผ่านการแปรรูป ด้วยความร้อนด้วยที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับ ตัวอย่างสด โดยอุณหภูมิการอบแห้งด้วยลมร้อน 70 องศาเซลเซียส มีการยับยั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของทุเรียนภูเขาไฟต่ำ ที่สุด การอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูล อิสระของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด) ที่มีปริมาณลดลงหลังผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนเช่นกัน ผลกระทบนี้ อาจเกิดจากการที่สารกลุ่มฟีนอลขนาดใหญ่ได้รับความร้อนแล้วความ ร้อนนั้นสามารถสลายโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เกิดการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างไปหรือถูกทำลายในระหว่างกระบวนการอบแห้งด้วยเอนไซม์โพลี ฟีนอลออกซิเดสซึ่งกระบวนการอบแห้งเนื้อทุเรียนไม่ได้มีการลวกหรือให้ ความร้อนที่สามารถทำลายหรือลดความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสลงทันที ในระหว่างเริ่มต้นการอบแห้งอุณหภูมิดังกล่าว ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นี้ได้ ดังนั้นในระหว่างกระบวนการอบแห้งที่ ระดับอุณหภูมิห้องจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่กำหนดแล้วสามารถทำลาย เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้อาจจะก่อให้เกิดการทำลายสารฟีนอลบาง ชนิด ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง (Ratseewo et al., 2020)

Table 2 FRAP and DPPH of dried Lava Durian Sisaket by different temperatures of hot-air drying

Samples	DPPH (% Inhibition)	FRAP ($\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g sample}$)
Fresh durian	40.03 $\pm$ 1.0 ^a	231.40 $\pm$ 1.5 ^a
Dried durian at 50 °C	24.04 $\pm$ 0.79 ^c	190.94 $\pm$ 0.34 ^c
Dried durian at 60 °C	33.75 $\pm$ 0.79 ^b	216.71 $\pm$ 0.29 ^b
Dried durian at 70 °C	22.29 $\pm$ 0.91 ^d	175.61 $\pm$ 0.20 ^d

Values are expressed as means $\pm$ standard deviation (n = 3). Means with different letters in the same column were significantly different at the level p < 0.05.

2. Ferric reducing/antioxidant power (FRAP)

การยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) ของทุเรียนภูเขาไฟสดและที่ผ่านการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบภาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แสดงดัง Table 2 พบว่าตัวอย่างทุเรียนสดมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP สูงที่สุด 231.40 $\pm$ 1.5 $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g sample}$ รองลงมาคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ 216.71 $\pm$ 0.29 $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g sample}$ การอบแห้งทุเรียนภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิอื่น ทุเรียนสุกนอกจากอุดมด้วยสารฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์แล้วยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเนื้อทุเรียนสุกมีปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 270.4 $\pm$ 27.2 μMTE (Arancibia-Avila et al., 2008) จากการแปรรูปด้วยลมร้อนทำให้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟลดลง อาจอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการก่อตัวของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่างจากการทำงานของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสที่ส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ลดลงเช่นเดียวกับวิธี DPPH

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากทุเรียนที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบภาด ด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า สารสกัดจากทุเรียนที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด สอดคล้องกับหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานไว้ว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระหลังผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนสามารถส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของอาหารและพืชผลทางการเกษตร โดยมีงานวิจัยในใบมะกรูด (Ratseewo et al., 2016) พบว่าการใช้ลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียสทำให้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงจากใบมะกรูดสดประมาณร้อยละ 5 และ FRAP ลดลงประมาณร้อยละ 18 นอกจากนี้ยังพบการลดลงในมะละกอ มะเขือเทศ (Siriamornpun et al., 2015) และข้าว (Wanyo, et al., 2014) ความร้อนได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ หรือทำลายสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติในอาหารเหล่านั้นให้มีโครงสร้างเปลี่ยนไป (Ratseewo et al., 2020) จึงส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของอาหารเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาที่แตกต่างกันพบว่า ผลของการแปรรูปอาหารนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ขั้นตอนการทำอาหาร ระดับความร้อน การชะล้างลงในตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำและออกซิเจน (Wachtel-Galor et al., 2008) นอกจากนี้การแปรรูปด้วยความร้อนในหลายวิธีและในตัวอย่างที่แตกต่างกันก็ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่างกัน (Valadez-Carmona, et al., 2017) รวมถึงอาจเกิดจากส่วนประกอบภายในที่มีความไม่เสถียรทางความร้อนที่แตกต่างกันของพืช

การศึกษาผลของการอบแห้งแบบภาดต่อปริมาณสารหอมระเหยของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ

จากผลการทดลองพบว่า สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีที่สุด คือ สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จึงได้คัดเลือกการอบแห้งที่สภาวะดังกล่าวนี้มาทำการศึกษาสารหอมระเหยในตัวอย่างทุเรียนแสดงดัง Table 3 เมื่อนำตัวอย่างทุเรียนมาศึกษาสารหอมระเหยด้วยการใช้วิธี GC-MS โดยพบว่าสารในกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ (sulfur) นั้นประกอบด้วยสาร diethyl disulfide พบมากที่สุดในตัวอย่างทุเรียนสด รองลงมาคือ สาร 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane และ สาร methyl ethyl disulfide ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม หลังจากผ่านการอบแห้งมีปริมาณลดลงจนตรวจไม่พบ ขณะที่สาร 2-myristinoyl pantetheine ไม่พบในตัวอย่างสด แต่พบในตัวอย่างหลังอบแห้ง กลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์นี้เป็นสารที่ให้กลิ่นฉุนเฉพาะตัวของทุเรียนสด ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีในพืชตระกูลหอมด้วยเช่นกัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 7 ทำให้กลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ส่วนใหญ่ถูกทำลายหรือระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ทุเรียนอบแห้งจนหมด ดังแสดงใน Table 3 สารหอมระเหยกลุ่มที่พบมากที่สุดในตัวอย่างทุเรียนสดคือ สารประกอบกลุ่มเอสเทอร์ (ester) โดยพบว่าสาร ethyl acetate พบปริมาณสูงที่สุดในสารประกอบกลุ่มเอสเทอร์ และสารหอมระเหยทั้งหมดของทุเรียนสด นอกจากนี้ในเนื้อทุเรียนสดยังพบสารหอมระเหยชนิดสารประกอบกลุ่มคีโตน (ketone) คือ สาร 16-hentiacontanone และสารฟีนอลิกคือสาร phenol, 4-(2-propenyl) ซึ่งสารเหล่านี้ไม่พบหลังการอบแห้ง ซึ่งอาจจะถูกทำลายจากความร้อนหรือระเหยออกจากทุเรียนจนหมด ในขณะที่สารประกอบกลุ่มเอสเทอร์บางชนิดพบว่าไม่พบในตัวอย่างสด แต่พบในตัวอย่างอบแห้งเช่น สาร 1-butanol, 3-methyl-, acetate สาร n-propyl 9-tetradecenoate สาร 9-octadecenoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester, (E,E,E) สาร dodecyl cis-9,10-epoxyoctadecanoate เป็นต้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังผ่านการอบแห้งเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด

ชนิดของสารหอมระเหยที่พบในทุเรียนภูเขาไฟสดจากการศึกษาครั้งนี้ยังพบสารที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาสารหอมระเหยในตัวอย่างพืชชนิดอื่น เช่น ทุเรียนพันธุ์หมอนทองของไทยจากจังหวัดจันทบุรีที่พบสาร ethyl acetate ซึ่งให้กลิ่นหอมลักษณะเหมือนกลิ่นผลไม้สุก กลิ่นเหมือนองุ่น และเหล้ารัม สาร diethyl disulfide สาร 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane ให้กลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นหอมและกระเทียมเป็นต้น (Di Cesare et al., 2004) สาร octadecanal, 2-bromo และ deoxyspergualin ก็พบเฉพาะในตัวอย่างทุเรียนอบแห้งเช่นเดียวกัน ซึ่ง octadecanal, 2-bromo นั้นมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านกระบวนการตายของเซลล์ที่ไม่เหมาะสมหรือเซลล์กลายพันธุ์ (apoptotic) โดยนอกจากในการศึกษานี้ที่พบในตัวอย่างทุเรียนอบแห้งแล้ว มีหลายการศึกษาที่พบสารเหล่านี้ในตัวอย่างพืชชนิดอื่น เช่น ผักตบชวา (Dinesh Kumar et al., 2018)

deoxyspergualin ในใบมะรุ้ม (Okechukwu et al., 2021) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการอบแห้งส่งผลต่อองค์ประกอบของสารหอมระเหยของพืชโดยชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากกระบวนการแปรรูป สารหอมระเหยถูกพบได้ในสารสมุนไพรรและพืชหลายชนิดหลังจากการอบแห้ง เช่น สาร eugenol ในใบกระวาน (Díaz-Maroto et al., 2002) การเปลี่ยนแปลงของสีและสารหอมระเหยของใบมะกรูดและใบโหระพาหลังการอบแห้ง (Ratseewo et al., 2016; Barbieri et al., 2004) เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างของคุณสมบัติด้านเคมีฟิสิกส์ของสารหอมระเหย อาจเกิดขึ้นในขณะที่การอบแห้งกำลังดำเนินอยู่ ส่งผลต่อความเข้มข้นของสารหอมระเหยและคุณภาพของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง นอกจากนี้

ในงานวิจัยนี้พบว่าสารหอมระเหยชนิดฟีนอลตรวจพบเฉพาะในตัวอย่างสด ไม่พบในตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งจึงสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบว่าลดลงหลังการทำแห้ง เช่นเดียวกัน สารประกอบที่ศึกษาอาจจะตรวจพบหรือไม่พบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วิธีการแปรรูปและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใต้แปรรูปนั้น ในบางกรณีที่มีส่วนประกอบบางอย่างมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังการอบแห้งตัวอย่างเนื่องจากในระหว่างกระบวนการอบแห้งอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไฮโดรไลซิสของไกลโคไซด์ จึงเกิดสารประกอบใหม่ขึ้น ซึ่งการแตกของผนังเซลล์ตัวอย่างจะช่วยปลดปล่อยสารประกอบที่เกิดขึ้น (Bartley & Jacobs, 2000)

Table 3 Volatile compounds (% area) of dried Lava Durian Sisaket by different temperatures of hot-air drying

Compounds		Sample (%)	
		Fresh durian	Dried durian (60°C)
Sulfur	Diethyl disulfide	3.53±0.09 ^e	ND
	Methyl ethyl disulfide	0.78±0.001 ^h	ND
	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	2.56±0.06 ^f	ND
	2-Myristinoyl pantetheine	ND	0.87±0.01 ⁱ
	Ethanethiol	11.60±0.02 ^b	ND
Ester	Ethyl acetate	30.32±0.19 ^a	ND
	Estragole	6.55±0.05 ^c	ND
	Propylcarbamate	0.86±0.02 ^g	ND
	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	ND	1.39±0.01 ^g
	n-Propyl 9-tetradecenoate	ND	3.48±0.01 ^d
Aldehyde	Octadecenoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester, (E,E,E)		
	Dodecyl cis-9,10-epoxyoctadecanoate	ND	3.74±0.02 ^c
	Heptanal, 2-methyl-	ND	0.92±0.01 ^h
	Hexadecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester	ND	1.75±0.01 ^f
	16-Hentriacantanone	5.76±0.07 ^d	ND
Alcohol	2,3-Butanediol	ND	10.82±0.07 ^a
Organic Compounds	Phenolic		
	Phenol, 4-(2-propenyl)	0.53±0.01 ⁱ	ND
	Octadecanal, 2-bromo	ND	4.94±0.08 ^b
	Deoxyspergualin	ND	2.75±0.02 ^e

Values are expressed as means ± standard deviation (n = 3). Means with different letters in the same column were significantly different at the level p < 0.05. ND is not detected.

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่มีผลต่อคุณภาพทางสี ปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP รวมถึงสารหอมระเหยของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษ การเปลี่ยนแปลงค่าสีของทุเรียนภูเขาไฟระหว่างการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออบแห้งด้วยลมร้อนค่าความสว่าง (L*) ของทุเรียน ลดลง ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) และสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นทุกตัวอย่างอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด การอบแห้งทุเรียนภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE) น้อยที่สุด (9.55) การอบแห้งด้วยลมร้อนส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ FRAP ลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด ตัวอย่างทุเรียนภูเขาไฟอบแห้งที่ใช้ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการคงอยู่ของสารดังกล่าวสูงสุด เมื่อนำตัวอย่างอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นี้มาศึกษาสารหอมระเหยพบว่าสาร diethyl disulfide และ ethyl acetate มีปริมาณสูงสุดในตัวอย่างทุเรียนสดแต่ไม่พบหลังจากผ่าน

การอบแห้ง ในขณะที่สาร 2-myristinoyl pantetheine สาร octadecanal, 2-bromo และสาร deoxyspergualin พบเฉพาะในตัวอย่างอบแห้งเท่านั้น การศึกษานี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบถาดมีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของทุเรียนภูเขาไฟ จากการศึกษาการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลเป็นลบน้อยที่สุดต่อค่าสี สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบความเข้มข้นของสารระเหยที่ได้รับผลกระทบจากการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่าอุณหภูมิการใช้ลมร้อนในการแปรรูปทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษมีอิทธิพลต่อสารหอมระเหย สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมทั้งกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบกระบวนการหรือแผนการแปรรูปเพื่อรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพของทุเรียนภูเขาไฟศรีสะเกษต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ผู้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

References

- Association of official analytical chemists (AOAC). (1990). *Official methods of analysis* (15thed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemist.
- Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Park, Y. S., Jung, S. T., Kang, S. G., Heo, B. G., Lee, S. H., Sajewicz, M., Kowalska, T., & Gorinstein, S. (2008). Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. *LWT-food Science and Technology*, 41(10), 2118-2125. doi :10.1016/j.lwt.2007.12.001
- Barbieri, S., Elustondo, M., & Urbicain, M. (2004). Retention of aroma compounds in basil dried with low pressure superheated steam. *Journal of Food Engineering*, 65(1), 109-115.
- Bartley, J. P., & Jacobs, A. L. (2000). Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(2), 209-215. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000115)80:2<209::AID-JSFA516>3.0.CO;2-8
- Diaz-Maroto, M. C., Perez-Coello, M. S., & Cabezudo, M. D. (2002). Effect of drying method on the volatiles in bay leaf (*Laurus nobilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4520-4524.
- Di Cesare, L. F., Forni, E., Viscardi, D., & Nani, R. C. (2004). Influence of drying techniques on the volatile phenolic compounds, chlorophyll and colour and colour of oregano (*Organum vulgare* L. ssp. *prismaticum* Gaudin). *Italian Journal of Food Science*. 16(2), 165-175.
- Dinesh Kumar, G., Karthik, M., & Rajakumar, R. (2018). GC-MS analysis of bioactive compounds from ethanolic leaves extract of *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms. and their pharmacological activities. *The Pharma Innovation Journal*, 7(8), 459-462.
- Ketsa, S., & Daengkanit, T. (1998). Physiological changes during postharvest ripening of durian fruit (*Durio zibethinus* Murray). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(5), 575-577.
- Lv, Y., Cai, L., Yang, M., Liu, X., Hui, N., & Li, J. (2017). Purification, characterisation, and thermal denaturation of polyphenoloxidase from prawns (*Penaeus vannamei*). *International Journal of Food Properties*, 20(Suppl. 3), S3345–S3359.
- Okechukwu, V. U., Eze, S. O., Omokpariola, D. O., & Okereke, J. C. (2021). Evaluation of phytochemical constituents of methanol extract of *Moringa oleifera* Lam. whole leaf by gas chromatography-mass spectrometry and fourier transform infrared spectroscopy analysis. *Natural Sciences*, 37, 18-30.
- Ouyang, M., Cao, S., Huang, Y., & Wang, Y. (2021). Phenolics and ascorbic acid in pumpkin (*Cucurbita maxima*) slices: effects of hot air drying and degradation kinetics. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 247-255. doi: 10.1007/s11694-020-00618-7
- Prasad, K. N., Yang, B., Dong, X., Jiang, G., Zhang, H., Xie, H., & Jiang, Y. (2009). Flavonoid contents and antioxidant activities from *Cinnamomum* species. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4), 627-632. doi: 10.1016/j.ifset.2009.05.009
- Raksakantong, P., Siriamornpun, S., Ratseewo, J., & Meeso, N. (2011). Optimized drying of Kaprow leaves for industrial production of holy basil spice powder. *Drying Technology*, 29(8), 974-983. doi: 10.1080/07373937.2011.558649
- Ratseewo, J., Warren, F. J., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2022). Effects of far-infrared radiation drying on starch digestibility and the content of bioactive compounds in differently pigmented rice varieties. *Foods*, 11(24), 4079. doi: 10.3390/foods11244079
- Ratseewo, J., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2020). Changes in amino acids and bioactive compounds of pigmented rice as affected by far-infrared radiation and hot air drying. *Food Chemistry*, 306, 125644.
- Ratseewo, J., Tangkhawanit, E., Meeso, N., Kaewseejan, N., & Siriamornpun, S. (2016). Changes in antioxidant properties and volatile compounds of kaffir lime leaf as affected by cooking processes. *International Food Research Journal*, 23(1), 188-196.
- Siriamornpun, S., Ratseewo, J., Kaewseejan, N., & Meeso, N. (2015). Effect of osmotic treatments and drying methods on bioactive compounds in papaya and tomato. *RSC Advances*, 5(24), 18579-18587.
- Tangkhawanit, E., & Siriamornpun, S. (2021). Bioactive compounds, biological activity, and starch digestibility of dried soy residues from the soybean oil industry and the effects of hot-air drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(4), 1719-1728.
- Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C. P., Hernandez-Ortega, M., Hernandez-Navarro, M. D., Villarreal, F., Necoechea-Mondragon, H., Ortiz-Moreno, A., & Ceballos-Reyes, G.

- (2017). Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 378-386. doi: 10.1016/j.ifset.2017.04.012
- Wachtel-Galor, S., Wong, K. W., & Benzie, I. F. F. (2008). The effect of cooking on *Brassica* vegetables. *Food Chemistry*, 110(3), 706-710.
- Wanyo, P., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2014). Effects of different treatments on the antioxidant properties and phenolic compounds of rice bran and rice husk. *Food Chemistry*, 157, 457-463. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.061
- Zhang, D., & Hamaizu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88(4), 503-509.

Research article

Effect of hot air drying on volatile compounds, bioactive compounds and antioxidant activities of Lava Durian Sisaket

Jiranan Ratseewo^{1*} and Khanittha Chimphali²

¹*Program of Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Mueang, Sisaket 33000, Thailand*

²*Program of Sports Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Mueang, Sisaket 33000, Thailand*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 28 February 2023

Revised: 15 April 2023

Accepted: 1 May 2023

Online published: 11 May 2023

Keyword

Tray drying

Volatile compounds

Bioactive compounds

Antioxidant activities

Lava Durian Sisaket

ABSTRACT

This present study aimed to investigate the effect of hot-air drying (by tray dryer) on the color, bioactive compounds and antioxidant activities of Lava Durian Sisaket. The Lava Durian Sisaket were purchased at local durian garden and collected the ripeness level. The samples were treated by a tray dryer with a hot air system at three drying conditions: 50, 60, and 70 °C. Dried durian powder samples were analyzed for color values, total phenolic and flavonoid contents (TPC and TFC), antioxidant activities and volatile compounds. The results showed that drying treatments of Lava Durian Sisaket at 60 °C revealed a change in color value (ΔE) by at least compared to dried samples. The TPC and TFC of dried powder samples were lower when compared with the fresh durian, while the antioxidant activities of DPPH and FRAP assays of dried durian samples were similar to the TPC and TFC. The samples dried at 60°C showed the most stable antioxidant activities (DPPH and FRAP). Thus, dried durian samples at 60 °C were collected for further analysis of the volatile compounds by GC-MS method. Caryophyllene and phytol compounds were decreased the contents of volatile compounds, while the content of bicyclogermacrene was increased after drying treated when compared to fresh samples. This research indicated that thermal processing by tray dryer affected the color value, bioactive compounds, and antioxidant activities, including the volatile compounds of dried durian. The results of this study can also be used as information for processing durian powder to be used as an ingredient in other products or healthy durian products in the future.

*Corresponding author

E-mail address: jiranan.r@gmail.com (J. Ratseewo)

Online print: 11 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.6>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคเลนติเตนภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ

ธีระรัตน์ ชินแสน* แสงเดือน ชนะชัย ชัยนต์ ภัคทีไทย อัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์

ปิยะรัตน์ จังพล หนูธรรม บุญนิม และ กรองกาญจน์ ป้องปัญจมิตร

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 4 มกราคม 2566 แก้ไข: 16 มีนาคม 2566 ตอบรับการตีพิมพ์: 7 เมษายน 2566 ตีพิมพ์ออนไลน์: 12 พฤษภาคม 2566 คำสำคัญ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ค่า SCMR	การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นหนึ่งในกระบวนการตอบสนองของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำซึ่งรวมถึงค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) และค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำและหลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยหลัก คือ (1) การให้น้ำตามความต้องการของพืช และ (2) งดการให้น้ำนาน 14 วัน ที่อายุ 96 - 109 วันหลังปลูก (ระยะแตกกอ) และปัจจัยรอง คือ พันธุ์/โคเลนอ้อยติเตน ได้แก่ (1) KK11-516 (2) KK14-030 (3) KK14-136 (4) LK92-11 และ (5) KK3 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2565 จากการศึกษาพบว่า เมื่อขาดน้ำ ค่า SCMR ของอ้อยจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างพันธุ์/โคเลนพบว่า โคเลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงสุด ที่อายุ 139 วันหลังปลูก (หลังกลับมาได้รับน้ำนาน 30 วัน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.14 SPAD-unit ขณะเดียวกัน พบว่า เมื่อขาดน้ำค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยทุกพันธุ์/โคเลนมีค่าลดลง แต่พบว่า โคเลน KK14-030 มีค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบและการคายน้ำใกล้เคียงกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ หลังได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน เท่ากับ 0.07 และ 2.16 mmol m⁻²s⁻¹ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการศึกษาด้านพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยหรือใช้ประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ในประเทศไทยในลำดับต่อไป

บทนำ

การขาดแคลนน้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่อาจจะประสพระหว่างการเพาะปลูกพืช โดยหากพืชได้รับน้ำในปริมาณที่จำกัดหรืออัตราการคายน้ำของพืชมีค่าลดลง พืชดังกล่าวจะเริ่มเข้าสู่สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ (Drought stress) ซึ่งส่งผลกระทบต่อพืชในหลายลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น หากพืชขาดน้ำยาวนานพืชจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาและตายในที่สุด และโดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชขาดน้ำแรงดันเต่งของเซลล์พืชจะลดลงส่งผลให้การขยายขนาดของเซลล์ลดลงและมีผลให้การเจริญเติบโตถูกยับยั้งอันส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในลำดับต่อไป ขณะเดียวกัน การขาดน้ำยังส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พบว่า มีผลให้การเปิดปากใบ การคายน้ำ และการดูดใช้คาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Lisar et al., 2012) อย่างไรก็ตาม Wolfe et al. (1988) และ Aguilera et al. (2002) กล่าวว่า ปริมาณผลผลิตของพืชที่ถูกจำกัดโดยความเครียดจากสภาพแวดล้อมจะมีความ

แปรปรวนจากอิทธิพลของจีโนไทป์ภายในสปีชีส์นั้น ๆ ขณะเดียวกัน Kasemsap (2006) รายงานว่า นักวิทยาศาสตร์ได้มีการจำแนกกลไกการทนทานหรือการตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืชออกเป็นสามกลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ (1) Desiccation postponement คือ พืชสามารถคงน้ำในเนื้อเยื่อพืชไว้ได้ในสภาวะขาดแคลนน้ำในดิน (2) Desiccation tolerance คือ พืชสามารถมีชีวิตอยู่ได้และดำเนินกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาได้แม้ว่าพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำหรือมีระดับ/ปริมาณน้ำในต้นน้อยกว่าปกติ และ (3) Drought escape คือ พืชมีวงจรชีวิตสั้นสุดในช่วงฤดูกาลที่มีน้ำพอเพียง ก่อนที่สภาพแวดล้อมจะขาดแคลนน้ำ (drought avoider)

อ้อยพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลหรืออุตสาหกรรมพลังงาน ด้านการเจริญเติบโตนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 5 ระยะ ได้แก่ ระยะออกระยะแตกกอ ระยะย่างปล้อง ระยะแก่ และระยะสะสมน้ำตาล (FCRI, 1994) โดย Ramesh (2000) รายงานว่า ระยะแตกกอและย่างปล้องเป็นระยะที่มีความสำคัญต่อการสร้างและสะสมอาหารในลำอ้อย หาก

*Corresponding author

E-mail address: nongtheerarat@gmail.com (T. Chinnasaen)

Online print: 12 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.7>

อ้อยขาดน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย ขณะที่ การผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต และอาจประสบปัญหาขาดแคลนน้ำหรือฝนทิ้งช่วงในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนซึ่งตรงกับระยะแตกกอหรือระยะย่างปล้องของอ้อยส่งผลให้ผลผลิตอ้อยลดลงหรือไม่สามารถไว้ต่อในฤดูต่อไปได้ ดังนั้น เพื่อทราบถึงการตอบสนองของพืชภายใต้การขาดแคลนน้ำจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่พืชสามารถแสดงออกภายในระยะเวลาอันสั้น Silva et al. (2007) รายงานว่า ในสภาวะขาดน้ำพันธุ์อ้อยที่อ่อนแอต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index (หรือค่า SCMR) ต่ำกว่า การได้รับน้ำตามปกติ ขณะที่ ค่า SPAD index ของพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันในสภาวะทั้งสอง และ Da Silva et al. (2012) รายงานว่า ค่าดัชนีการเปิด-ปิดปากใบ การคายน้ำ และ SPAD index สามารถนำไปเป็นดัชนีบ่งชี้ศักยภาพความทนทานต่อความแห้งแล้งในอ้อยได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Da Graca et al. (2010) ที่เสนอว่า พารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประกอบการประเมินและจำแนกพันธุ์อ้อยที่ทนทานหรืออ่อนแอต่อความแห้งแล้ง

จากตัวอย่างการศึกษาข้างต้นนอกจากจะทำให้ทราบถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของอ้อยแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาจำแนกพันธุ์อ้อยที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ขณะที่ การปรับปรุงพันธุ์อ้อยเพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่สูงภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำยังเป็นอีกหนึ่งความท้าทายต่อการพัฒนาอ้อยพันธุ์ใหม่ในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะแตกกอซึ่งเป็นอีกหนึ่งช่วงการเจริญเติบโตที่อ้อยต้องการปัจจัยการเจริญเติบโตสูงสุด (FCRI, 1994) การนำการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความเครียดจากการขาดน้ำจึงอาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ รวมถึงทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของอ้อยโคลนดีเดนที่ปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทยภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้น การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลนดีเดน (โคลนอ้อยชุดปี 2557 ซึ่งอยู่ในขั้นการเปรียบเทียบในไร่เกษตรกรของขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโรงงาน โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นแนวทางประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ที่ทนทานต่อความแห้งแล้งหรือมีลักษณะของค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงที่ทนทานต่อความแห้งแล้งในลำดับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

แผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยหลัก (a) คือ การจัดการการให้น้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่ ให้น้ำตามความต้องการของพืช (Paisanchaoen et al. (2012)) และงดการให้น้ำนาน 14 วัน โดยเริ่มงดที่อายุ 96 - 109 วันหลังปลูก (ระยะแตกกอ)

ทั้งนี้ หลังช่วงงดการให้น้ำจะกลับมาให้น้ำแก่อ้อยตามความต้องการของพืชอีกครั้ง และปัจจัยรอง (b) คือ พันธุ์/โคลนอ้อยที่แตกต่างกัน จำนวน 5 พันธุ์/โคลน ได้แก่ อ้อยโคลนดีเดน จำนวน 3 โคลน คือ KK11-516 KK14-030 KK14-136 และพันธุ์เปรียบเทียบกับ คือ LK92-11 และ KK3 สำหรับการให้น้ำตามความต้องการของพืช (อ้อย) แสดงดังสมการด้านล่าง (Smith (1992) และ Doorenbos & Kassam (1979)) โดยให้น้ำทุก ๆ 7 วัน

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

เมื่อ ET_c = ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มม./วัน)

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_o = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

วิธีดำเนินการทดลอง

ปลูกอ้อยพันธุ์/โคลนที่ต้องการศึกษา ณ แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ปี 2565 ในวงคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 80 ซม. สูง 100 ซม. ดินที่ใช้ปลูกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.4 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.033 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 0.014 เปอร์เซ็นต์ 27.49 mg/g 47.21 ppm และ 280.53 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้ ดินปลูกมีความจุความชื้นสนาม และความหนาแน่น เท่ากับ 14.00 เปอร์เซ็นต์ และ 1.50 กรัม/ลูกบาศก์ซม.ตามลำดับ ดำเนินการปลูกอ้อยพันธุ์/โคลนละ 3 หน่วยการทดลองต่อซ้ำ และน้ำหนักดินปลูกเฉลี่ยต่อหน่วยการทดลองมีค่าประมาณ 345 กก. ให้น้ำตามความต้องการของอ้อยหลังปลูกเพื่อให้ต้นอ้อยตั้งตัวได้ จากนั้น ที่อายุ 96 วันหลังปลูก จึงจัดการให้น้ำตามแผนการทดลองที่กำหนด สำหรับการใส่ปุ๋ยดำเนินการโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก (15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่) ครั้งที่ 2 ใส่หลังจากครั้งแรก 2 ½ เดือน (สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่) ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช และควบคุมการเข้าทำลายของโรคและแมลงตลอดช่วงการเพาะปลูก ในกรณีที่ฝนตกระหว่างช่วงที่งดการให้น้ำใช้พลาสติกคลุมวงบ่อคอนกรีตเพื่อป้องกันฝนจากนั้นที่อายุ 109 วันหลังปลูก จึงกลับมาให้น้ำอ้อยที่งดการให้น้ำอีกครั้ง

การบันทึกข้อมูล

ดำเนินการบันทึกค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อย รวมถึงข้อมูลประกอบระหว่างการดำเนินการทดลองดังนี้

(1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บันทึกข้อมูลทางสภาพอากาศทุกวันตลอดการดำเนินการทดลอง ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

(2) ความชื้นดิน วัดความชื้นดินปลูกอ้อยที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-80 ซม. ระหว่างดำเนินการทดลองที่อายุ 90 95 (ก่อนการควบคุมการให้น้ำ) 105 (งดการให้น้ำนาน 10 วัน) 109 (งดการให้น้ำนาน 14 วัน วัดความชื้นดิน ก่อนกลับมาให้น้ำอีกครั้ง) 111 119 126 133 และ 139 วันหลังปลูก (หลังกลับมาให้น้ำอีกครั้ง)

นาน 2 10 17 24 และ 30 วัน ตามลำดับ) โดยใส่ตัวอย่างดินในกระป๋องอะลูมิเนียมซึ่งน้ำหนักดินก่อนอบแล้วอบตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักดินหลังอบ เมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงนำตัวอย่างดินกลับใส่เข้าไปในกระถางตามเดิม จากนั้นจึงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน (Khonghintaesong et al., 2017) โดยเทียบกับน้ำหนักดินหลังอบ

(3) ค่า SCMR (SPAD chlorophyll meter reading) สุ่มวัดใบอ้อยเช่นเดียวกับการบันทึกค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเครื่อง SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta SPAD-502 meter Tokyo, Japan) โดยวัดส่วนโคน กลาง และปลายใบแล้วหาค่าเฉลี่ย (Khonghintaesong et al., 2017)

(4) สรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสง วัดค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเครื่อง LCpro T Advanced Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK) โดยสุ่มวัดจากตัวอย่างใบอ้อยที่สมบูรณ์ในใบที่ 2 หรือ 3 จากยอดที่กางเต็มที่ ในเวลา 08.00-12.00 น. และเป็นวันที่มีแสงแดดจัด กำหนดค่าความเข้มแสงที่ใช้วัด เท่ากับ $1500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Liu et al., 2020) ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมระหว่างการบันทึกข้อมูลในวันนั้น ๆ โดยค่าพารามิเตอร์ที่บันทึก ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthesis rate; A) การคายน้ำ (Transpiration rate; E) ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ (Stomatal conductance; g_s) ที่อายุ 95 (ก่อนการควบคุมการให้น้ำ) 105 (งดการให้น้ำนาน 10 วัน) 109 (งดการให้น้ำนาน 14 วัน) 110 111 119 126 และ 139 วัน หลังปลูก (หลังจากกลับมาให้น้ำอีกครั้งนาน 1 2 10 17 และ 30 วัน ตามลำดับ) เพื่อทราบการตอบสนองหลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งหรือการฟื้นตัวของอ้อยที่กลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง พร้อมคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ดังสมการ $\text{Water use efficiency (WUE)} = A/E$ (Sun et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละลักษณะที่ทำการศึกษานในแต่ละพันธุ์/โคลน ตามแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะที่ทำการศึกษาระหว่างการได้รับน้ำที่แตกต่างกันโดย pare T-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ข้อมูลอุณหภูมิตามวันและความชื้นดิน

ระหว่างดำเนินการทดลองเมื่ออ้อยมีอายุ 90-139 วันหลังปลูก พบว่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันอยู่ในช่วง 21.50-39.00 และ 18.00-27.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่ ความชื้นสัมพัทธ์รายวันและความชื้นสัมพัทธ์รายวันเฉลี่ยอยู่ในช่วง 57-95 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ ระหว่างการงดการให้น้ำ (เมื่ออ้อยมีอายุ 96-109 วันหลังปลูก) พบว่า มีวันที่มีฝน จำนวน 3 วัน คือ วันที่ 7 11 และ 14 ของการงดการให้น้ำ โดยมีปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาดังกล่าวรวม 22.00 มม. ขณะที่ ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดการทดลองมีค่า เท่ากับ 191.30 มม. (Figure 1-A) อย่างไรก็ตาม ฝน

ที่ตกระหว่างการงดการให้น้ำไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองเนื่องจากได้คลุมพลาสติกเพื่อป้องกันฝน และพิจารณาจากความชื้นดินที่มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอ้อยของปัจจัยหลักทั้งการให้น้ำ ที่อายุ 109 วันหลังปลูก หรือ หลังการงดการให้น้ำ ที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-80 ซม. ดินมีความชื้นเพียง 4.11 4.59 และ 4.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เท่านั้น ขณะที่ดินมีความจุความชื้นสนามกว่า 14.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้อ้อยแสดงอาการขาดน้ำอย่างรุนแรงโดยลักษณะอาการที่แสดงออก คือ ใบอ้อยทุกใบที่มีสีเขียวม้วนเข้าหากันตามแนวเส้นกลางใบตลอดทั้งวัน (กลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีจำนวนใบที่มีสีเขียวเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่งดการให้น้ำ (หลังควบคุมการให้น้ำนาน 10 วัน) เท่ากับ 6.10 และ 4.30 ใบต่อต้นตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล)) และอาจมีผลให้อ้อยตายในลำดับต่อไป ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงกลับมาให้น้ำอีกครั้งเมื่ออ้อยมีอายุ 109 วัน หรือหลังงดการให้น้ำนาน 14 วัน อย่างไรก็ตาม พบว่า การให้น้ำตามความต้องการของพืชมีผลให้ดินมีความชื้นต่ำกว่าค่าความจุความชื้นสนามโดยหลังการให้น้ำดินมีความชื้น ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น จะลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ จึงครบรอบกลับมาให้น้ำอีกครั้งคือ ให้น้ำทุก ๆ 7 วัน ตามค่าการให้น้ำที่คำนวณได้ (Figure 1-B, D)

การให้น้ำตามความต้องการของพืชที่ให้แก่อ้อยในการทดลองครั้งนี้อ้างอิงจากการศึกษาของ Paisanchoen et al. (2012) ซึ่งพิจารณาจากปริมาณน้ำที่พืชใช้โดยเปรียบเทียบกับการระเหยน้ำของพืชอ้างอิงจนทำให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (the crop coefficient; Kc) ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตของอ้อยปลูกได้กว่า 43-74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน ขณะเดียวกัน Paisanchoen et al. (2012) ได้รายงานค่าจุดเหี่ยวถาวรของดินปลูกอ้อยมีค่า เท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ดินปลูกอ้อยทั้งการให้น้ำมีความชื้นเพียง 4-5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น อ้อยจึงแสดงอาการขาดน้ำอย่างรุนแรงหลังงดการให้น้ำนาน 14 วัน

ค่า SCMR

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่า ที่อายุ 95 วันหลังปลูก อ้อยมีค่า SCMR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 38.27 SPAD-unit แต่เมื่ออ้อยมีอายุเพิ่มขึ้น พบว่า โคลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ โดยเฉพาะที่อายุ 139 วันหลังปลูก (หลังจากกลับมาได้รับน้ำนาน 30 วัน) มีค่า SCMR เฉลี่ยเท่ากับ 40.14 SPAD-unit ขณะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์/โคลนเดียวกัน พบว่า การขาดน้ำมีผลให้ค่า SCMR ต่ำกว่าการได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญหรืออย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติในอ้อยพันธุ์/โคลนนั้น ๆ (Figure 2) และถึงแม้ว่าอ้อยจะกลับมาได้รับน้ำตามปกติอีกครั้ง กล่าวคือ หลังจากกลับมาได้รับน้ำนาน 1 2 และ 10 วัน พบว่า ค่า SCMR ของอ้อยกลุ่มที่ผ่านการงดการให้น้ำยังต่ำกว่าอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ แต่ค่า SCMR เฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ที่ได้รับน้ำตามปกติและขาดน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติหลังจากกลับมาได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 17 แต่หากเปรียบเทียบในพันธุ์/โคลนเดียวกัน หลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนานกว่า 17 วัน ค่า SCMR ของอ้อยบางพันธุ์/โคลนยังมีค่าแตกต่างกัน

เช่น โคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 ที่อายุ 139 วัน หลังปลูก (Figure 2-A, C, D)

การให้น้ำมีผลให้ค่า SCMR ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ความเสียหายของอวัยวะและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ เนื่องจาก การให้น้ำทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ยับยั้งการสร้าง 5-aminolevulinic acid (ALA) (2) ยับยั้งการรวมตัวของ ALA เป็น porphobilinogen และ primary tetrapyrrole ที่จะเปลี่ยนเป็น protochlorophyllide (3) ยับยั้งการเปลี่ยน protochlorophyllide เป็น chlorophyllide โดยแสง และ (4) ยับยั้งการสังเคราะห์ Chlorophyll a และ b (Lisar et al., 2012; Dongsansuk, 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ Silva et al. (2007) ที่รายงานว่า พันธุ์อ้อยที่อ่อนแอต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index หรือค่า SCMR ในสถานะแล้งต่ำกว่าได้รับน้ำตามปกติ เท่ากับ 36.56 และ 42.58 SPAD-unit ตามลำดับ ขณะที่ ที่พันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ Da Silva et al. (2012) รายงานว่า อ้อยพันธุ์ RB92579 มีค่า SPAD index ในสถานะได้รับน้ำตามปกติและในสถานะแล้ง ประมาณ 36 และ 30 SPAD-unit ตามลำดับ ดังนั้น หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง ค่า SCMR ของอ้อยที่ผ่านการงดการให้น้ำจึงมีค่าเพิ่มขึ้น รวมถึงต้องการเวลาในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ขึ้นใหม่ทำให้ค่า SCMR ของอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติและอ้อยที่หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกันแต่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกัน หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งพบว่า อ้อยบางพันธุ์/โคลนยังมีค่า SCMR แตกต่างกันทางสถิติซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจาก พันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกันอาจมีความต้องการน้ำสำหรับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่ แตกต่างกัน นอกจากนี้ Chinnasaen et al. (2021) รายงานว่า พันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน ที่อายุ 6 เดือน มีค่า SCMR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยโคลน KK07-599 มีค่าสูงสุด ขณะที่ พันธุ์ LK92-11 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 41.6 และ 30.3 SPAD-unit ตามลำดับ ดังนั้น ค่า SCMR จึงเป็นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ประกอบการคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง

ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Net photosynthesis rate; A) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกันพบว่า ที่อายุ 95 วันหลังปลูก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $16.58 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 และ 14 วัน พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 17.23 และ $5.01 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ และ 8.15 และ $1.49 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 หรือ 2 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 10 พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการ

กลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ (Figure 2)

การคายน้ำ (Transpiration rate; E) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า อ้อยมีการคายน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $3.17 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 และ 14 วัน พบว่า การคายน้ำเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 2.90 และ $1.20 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ และ 2.50 และ $0.85 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 หรือ 2 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 10 พบว่า การคายน้ำของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบการคายน้ำของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้การคายน้ำต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยโคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 (Figure 3)

ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ (Stomatal conductance; gs) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.12 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 วัน พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบเฉลี่ยของอ้อยโคลน KK11-516 มีค่าสูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ เท่ากับ $0.11 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ขณะเดียวกัน ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยในกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 0.13 และ $0.04 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 2 พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบการคายน้ำของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 วัน มีผลให้ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยโคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 (Figure 3)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water use efficiency; WUE) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า อ้อยพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเท่ากับ $6.00 \mu\text{molmol}^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 วัน พบว่า การจัดการการให้น้ำและพันธุ์/โคลนที่ต่างกันมีปฏิสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการจัดการการให้น้ำมีผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยภายใต้สถานะขาดน้ำอ้อยโคลน KK11-516 และพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด เท่ากับ 4.54 และ $4.48 \mu\text{molmol}^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ พันธุ์ LK92-11 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำสุด เท่ากับ $2.28 \mu\text{molmol}^{-1}$ ทั้งนี้ หลังการให้น้ำนาน 14 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในกลุ่มที่ได้รับ

น้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำ เท่ากับ 3.92 และ 2.02 μmolmol^{-1} ตามลำดับ และอ้อยยังคงแสดงลักษณะดังกล่าวแม้ว่าอ้อยจะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 2 หรือ 10 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.18 และ 3.89 5.07 และ 4.52 และ 5.05 และ 4.44 μmolmol^{-1} ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า

การขาดน้ำนาน 10 หรือ 14 วัน และหลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยต่ำกว่าการได้รับน้ำตามปกติ เช่น การได้รับน้ำที่แตกต่างกันมีผลให้อ้อยพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำแตกต่างกันที่อายุ 105 วันหลังปลูก (หลังขาดน้ำนาน 10 วัน) (Figure 3)

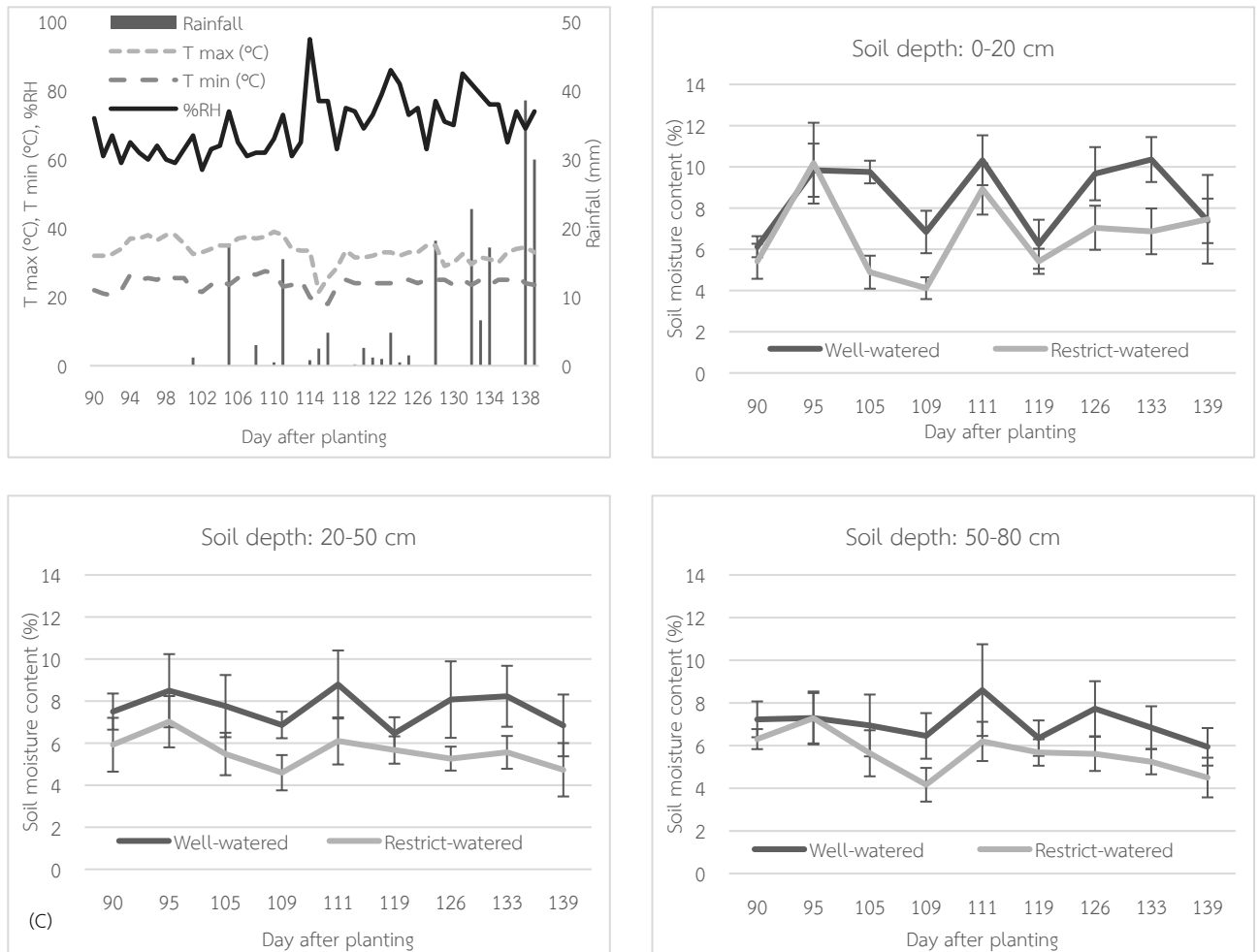


Figure 1 Daily climate (A) and soil moisture content at various soil depths; 0-20 cm (B), 20-50 cm (C), 50-80 cm (D), (data are mean $\pm$ SE) during conduct the experiment at Khon Kaen Field Crops Research Center, Khon Kaen Province on 7 April to 26 March, 2022, restrict-watered period is among 96-109 day after planting.

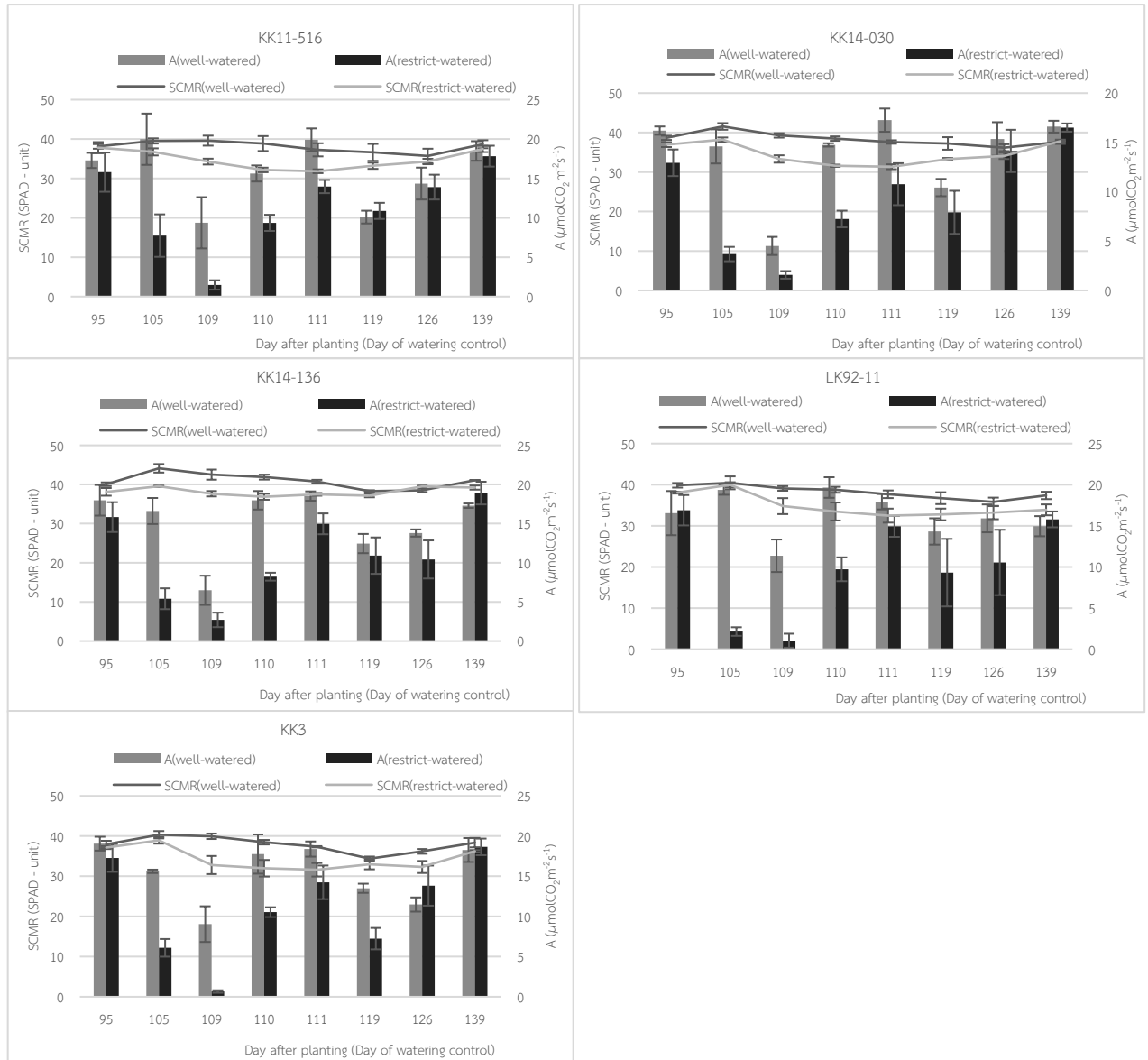


Figure 2 SCMR and net photosynthesis rate; A of KK11-516 (A), KK14-030 (B), KK14-136 (C), LK92-11 (D), and KK3 (E) (data are mean±SE) during conduct the experiment, restrict-watered period is among 96-109 day after planting, - = day after restrict-water, + = day after rehydration. Comparison among varieties are capital letters, nearby the graphs but not show the mean values of their parameters and between various watered are lower case letters, nearby the graphs in each parameter, () for SCMR, and [] for A. Mean followed by the same letter in each day are not significantly different by DMRT for varieties comparison, by T-test for various watered. *=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$.

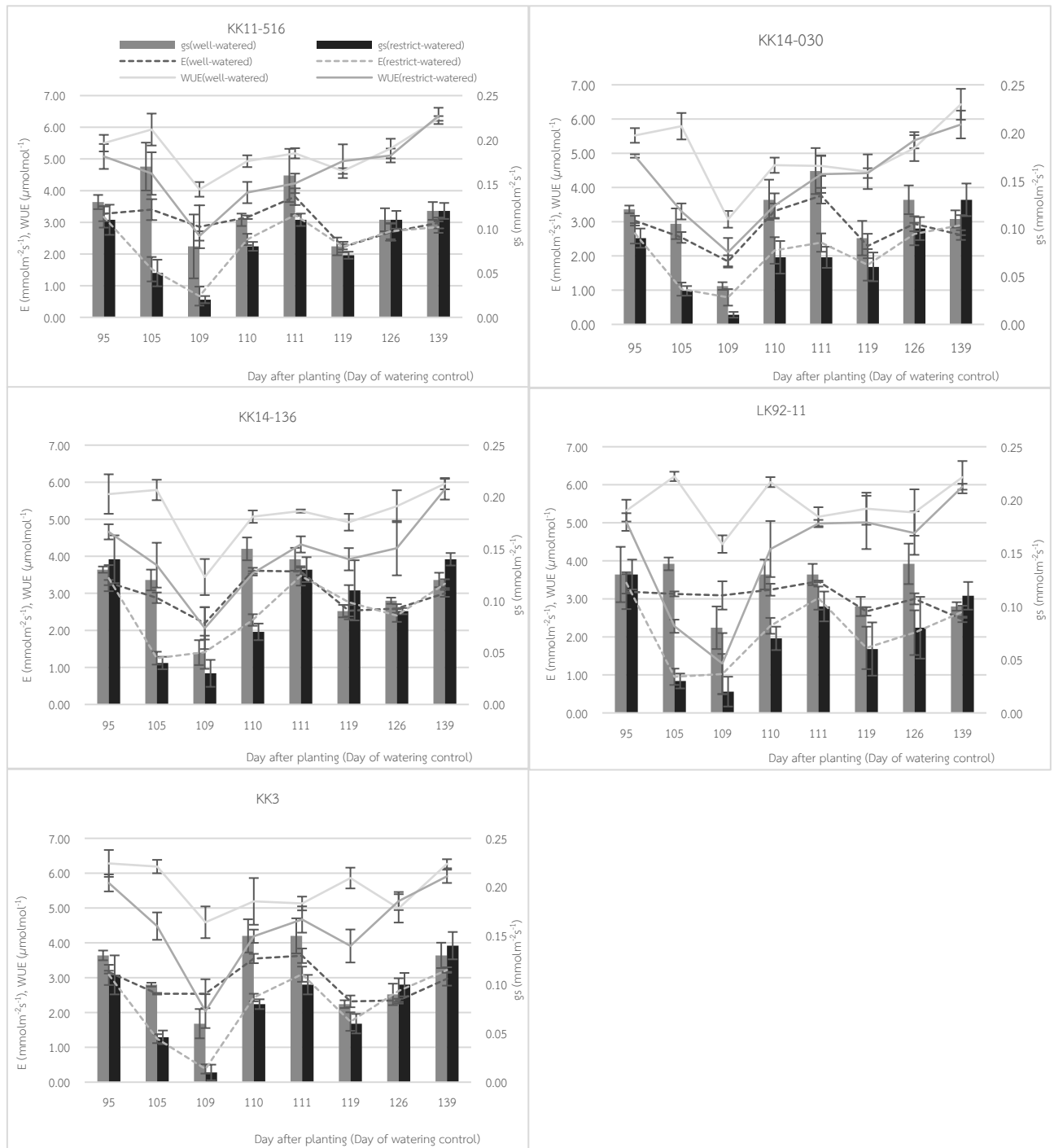


Figure 3 Transpiration rate; E , stomatal conductance; g_s , and water use efficiency; WUE of KK11-516 (A), KK14-030 (B), KK14-136 (C), LK92-11 (D), and KK3 (E) (data are mean $\pm$ SE) during conduct the experiment, restrict-watered period is among 96-109 day after planting, - = day after restrict-water, + = day after rehydration. Comparison among varieties are capital letters, nearby the graphs but not show the mean values of their parameters and between various watered are lower case letters, nearby the graphs in each parameter, [] for E , { } for g_s , and () for WUE . Mean of well-watered and restrict-water followed by the same letter in each day are not significantly different by DMRT for varieties comparison, by T-test for various watered. *=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$.

การเปลี่ยนแปลงแรกที่จะเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืชคือ การปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการคายน้ำของพืช โดยเกิดขึ้นจากแรงเต่งภายในเซลล์คุมลดลงพร้อมกับเกิดการสร้างและสะสม Absciscic acid (ABA) เพื่อชักนำให้ปากใบปิดเมื่อพืชขาดน้ำ (Kasemsap, 2006; Li et al., 2016; Dongsansuk, 2017) ซึ่งส่งผลกระทบต่อพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงในลำดับต่อไป ดังนั้น จากการทดลองในครั้งนี้จึงพบว่า การเปิดปากใบของอ้อยในแต่ละพันธุ์/โคลนจึงมีค่าลดลง เมื่ออ้อยเปิดปากใบลดการคายน้ำของอ้อยจึงมีค่าลดลงเช่นกัน และมีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยมีค่าลดลง เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำ โดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา (light reaction) และกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon fixation) ซึ่งเมื่อพืชมีน้ำจำกัดและเปิดปากใบลดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีค่าลดลง (Kasemsap, 2006; Jaiphong et al., 2016) เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการใช้น้ำ หรือ WUE ที่ลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง เพราะ WUE เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชเพื่อแลกกับการตรึง CO₂ ดังนั้น หากพืชมีค่า WUE สูง จึงแสดงว่าพืชสามารถตรึง CO₂ ได้มากแต่สูญเสียน้ำในปริมาณที่น้อย ขณะที่ WUE ต่ำ แสดงว่าพืชสามารถตรึง CO₂ ได้น้อยหรืออยู่ภายใต้สภาวะแล้ง (Kasemsap, 2006) สอดคล้องกับหลายการทดลองที่ผ่านมา เช่น Jaiphong et al. (2016) รายงานว่า อ้อยพันธุ์ NIF8 มีพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ และการคายน้ำลดลงเมื่ออ้อยขาดน้ำนาน 15 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ Da Graça et al. (2010) รายงานว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยพันธุ์ SP83-2847 (พันธุ์อ้อยทนแล้ง) เริ่มมีค่าแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติและกลุ่มที่ขาดน้ำในวันที่ 7 เป็นต้นไปของการควบคุมการให้น้ำ ขณะที่ การขาดน้ำมีผลให้อ้อยเปิดปากใบมากกว่าการได้รับตามปกติในวันที่ 5 ของการควบคุมการให้น้ำ เท่ากับ 1.16 และ 1.11 molm⁻²s⁻¹ ตามลำดับ ด้านพันธุ์ SP86-155 ที่อ่อนแอต่อการขาดน้ำ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิและค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบมีค่าน้อยกว่าพันธุ์ที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง นอกจากนี้ Wang et al. (2022) กล่าวว่า ลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชทนแล้งไม่เพียงแต่สามารถสังเกตได้ภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำเท่านั้น แต่ยังสามารถพิจารณาได้จากกระบวนการฟื้นฟูของพืชภายหลังการได้รับน้ำอีกครั้ง เช่นเดียวกับที่ Aidar et al. (2014) รายงานว่า พืชทนแล้งจะสามารถฟื้นฟูกระบวนการทำงานทางสรีรวิทยาได้ทันทีที่ส่งผลให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชในลำดับต่อไป ทั้งนี้ จากศึกษาในครั้งนี้พบว่า อ้อยพันธุ์ KK3 สามารถฟื้นฟูอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิหลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งในวันที่ 2 นั้น อาจเนื่องมาจาก อ้อยพันธุ์ KK3 สามารถเพิ่มการสร้างรากใหม่ในดินชั้นล่าง (ต่ำกว่า 30 ซม.จากผิวดิน) เมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง (Namwongsa et al., 2019) เช่นเดียวกับที่ Buakom et al. (2020) กล่าวว่า จากหลายการทดลองที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า อ้อยพันธุ์ KK3 ถือเป็นพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งที่นิยมเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ถึงแม้ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยที่ได้รับน้ำตามความต้องการของพืชจะมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับอ้อยที่ไม่ได้รับน้ำ แต่ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวกลับมีค่าใกล้เคียงกับอ้อยที่ไม่ได้รับน้ำหรือต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามความต้องการของพืชในช่วงของการวัดข้อมูลซึ่งอาจเกิดจาก การให้น้ำตามความต้องการของพืชในการศึกษาครั้งนี้ได้น้ำแก่อ้อยในทุก ๆ 7 วัน จึงเป็นสาเหตุให้ดินมีปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เริ่มมีอย่างจำกัดในช่วงก่อนครบกำหนดการให้น้ำอีกครั้ง และการวัดข้อมูลที่อายุ 109 วันหลังปลูกหรือขาดน้ำนาน 14 วัน เป็นวันที่ครบกำหนดการให้น้ำอีกครั้ง จึงดำเนินการวัดข้อมูลในช่วงเช้าและให้น้ำแก่อ้อยในช่วงบ่ายของวันเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำอ้อยโคลนดีเด่นและพันธุ์เปรียบเทียบกับจะตอบสนอง โดยค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงที่วัดได้มีค่าลดลงทุกพันธุ์/โคลนเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ทั้งนี้ อ้อยโคลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์/โคลนอื่น ๆ ขณะที่พันธุ์ LK92-11 และ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าโคลนดีเด่นทุกโคลน สำหรับโคลน KK14-030 พบว่า สามารถคืนค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบและการคายน้ำให้ใกล้เคียงกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติภายหลังได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน จากการทดลองในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลนดีเด่นจะยังไม่ได้แสดงออกอย่างชัดเจนถึงการมีประสิทธิภาพที่ดีเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำหรือการทนทานต่อความแห้งแล้ง แต่โคลนอ้อยดังกล่าวยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อให้อ้อยยังสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงที่ขาดน้ำนาน 14 วัน รวมถึงสามารถฟื้นฟูกระบวนการทางสรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสงหลังได้รับน้ำอีกครั้งในวันที่ 10 วัน ขณะเดียวกัน จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาถึงค่า SCMR และค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยที่จะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำ ทั้งนี้ เพื่อให้การศึกษาครั้งต่อไปสมบูรณ์ยิ่งขึ้นควรกำหนดจำนวนครั้งในการวัดข้อมูลให้ถี่ขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมการให้น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

References

- Aguilera, C., Stirling, C. M., & Long, S. P. (2002). Genotypic variation within *Zea mays* for susceptibility to and rate of recovery from chill-induced photoinhibition of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 106(4), 429–436. doi:10.1034/j.1399-3054.1999.106411.x
- Aidar, S. T., Meirelles, S. T., Oliveira, R. F., Chaves, A. R. M., & Fernandes-Júnior, P. I. (2014). Photosynthetic response of poikilochlorophyllous desiccation-tolerant *Pleurostima purpurea* (Velloziaceae) to dehydration and rehydration. *Photosynthetica*, 52(1), 124–133. doi:10.1007/s11099-014-0014-0
- Buakom, W., Krachal P., Gonkhamdee, S., Songsri, P., & Jongrunklang, N. (2020). Responses of rooting and physiological characteristics of sugarcane grown under mimic drought stress as low water potential at early stage. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(6), 1442–1457. doi:10.14456/kaj.2020.127
- Chinnasaen, T., Cheakittisak, R., Jungpol, P., Chanachai, S., & Pakdeethai, C. (2021). Studies on agronomic traits and cane yield of sugarcane promising clones under irrigated and rain-fed conditions. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(1), 17–26. doi:10.14456/paj.2021.2 (in Thai)
- Da Graca, J. P., Rodrigues, F. A., Farias, J. R. B., De Oliveira, M. C. N., Hoffmann-Campo, C. B., & Zingaretti, S. M. (2010). Physiological parameters in sugarcane cultivars submitted to water deficit. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22(3), 189–197. doi: 10.1590/S1677-04202010000300006
- Da Silva, P. P., Soares, L., Da Costa, J. G., Da Silva Viana, L., De Andrade, J. C. F., Goncalves, E. R., Dos Santos, J. M., De Souza Barbosa, G. V., Nascimento, V. X., Todaro, A. R., Riffel, A., Grossi-de-Sa, M. F., Barbosa, M. H. P., Santana, A. E. G., & Neto, C. E. R. (2012). Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 11–19. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.11.015
- Dongsansuk, A. (2017). *Physiological responses of plants to environments*. Khon Kaen: Faculty of Agriculture Khon Kaen University. (in Thai)
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). *Yield response to water*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.1016/B978-0-08-025675-7.50021-2
- Field Crops Research Institute (FCRI). (1994). *Field crops plantation*. Bangkok: Field Crops Research Institute Department of Agriculture. (in Thai)
- Jaiphong, T., Tominaga, J., Watanabe, K., Nakabaru, M., Takaragawa, H., Suwa, R., Ueno, M., & Kawamitsu, Y. (2016). Effects of duration and combination of drought and flood conditions on leaf photosynthesis, growth and sugar content in sugarcane. *Plant Production Science*, 19(3), 427–437. doi: 10.1080/1343943X.2016.1159520
- Kasemsap, P. (2006). *Biology 2*. Bangkok: The project of science and mathematics book, the Promotion of Academic Olympiad and Development of Science Education Foundation. (in Thai)
- Khonghintaisong, J., Songsri, P., & Jongrunklang, N. (2017). Growth and physiological patterns of sugarcane cultivars to mimic drought conditions in late rainy season system. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(2), 102–112.
- Li, C., Nong, Q., Solanki, M. K., Liang, Q., Xie, J., Liu, X., Li, Y., Wang, W., Yang, L., & Li, Y. (2016). Differential expression profiles and pathways of genes in sugarcane leaf at elongation stage in response to drought stress. *Scientific Reports*. 6, 25698. doi: 10.1038/srep25698
- Lisar, S. Y. S., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M., & Rahman, I. M. (2012). *Water stress in plants: Causes, effects and responses*. Accessed February 2, 2023. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/221921924_Water_Stress_in_Plants_Causes_Effects_and_Responses
- Liu, Y. Y., Li, J., Liu, S. C., Yu, Q., Tong, X. J., Zhu, T. T., Gao, X. X., & Yu, L. X. (2020). Sugarcane leaf photosynthetic light responses and their difference between varieties under high temperature stress. *Photosynthetica*, 58(4), 1009–1018. doi: 10.32615/ps.2020.038
- Namwongsa, J., Jongrunklang, N., & Songsri, P. (2019). Genotypic variation in root distribution changes and physiological responses of sugarcane induced by drought stress. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 51(4), 470–493.
- Paisanchaoen, K., Sansayawichai, T., Luanmanee, S., Thippayarugs, S., Chusorn, K., Chuenrung, J., & Pakdeethai, C. (2012). Water requirement and Kc values of Khon Kaen 3 sugarcane variety. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 40 (Suppl. 3), 103–114. (in Thai)

- Ramesh, P. (2000). Sugarcane breeding institute, coimbatore, India effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(2), 83-89. doi: 10.1046/j.1439-037x.2000.00404.x
- Silva, M. De A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A. G., & Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(3), 193-201. doi: 10.1590/S1677-04202007000300003
- Smith, M. (1992). *CROPWAT- A computer program for irrigation planning and management*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Sun, J. K., Li, T., Xia, J. B., Tian, J. Y., Lu, Z. H., & Wang, R. T. (2011). Influence of salt stress on ecophysiological parameters of *Periploca sepium* Bunge. *Plant, Soil and Environment*, 57(4), 139–144. doi.org/10.17221/227/2010-PSE
- Wang, J., Zhang, X., Han, Z., Feng, H., Wang, Y., Kang, J., Han, X., Wang, L., Wang, C., Li, H., & Ma, G. (2022). Analysis of physiological indicators associated with drought tolerance in wheat under drought and re-watering conditions. *Antioxidants*, 11(11), 2266. doi.org/10.3390/antiox11112266
- Wolfe, D. W., Henderson, D. W., Hsaio, T. C., & Alvino, A. (1988). Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy Journal*, 80(6), 865-870.

Research article

The Change in Photosynthetic Parameters of Sugarcane Promising Clones under Drought Stress

Theerarat Chinnasaen* Sangduan Chanachai Chayan Pakdeethai Ammarawan
Tippayawat Piyarat Jungpol Thanutham Boonchim and Krongkan Pongpanchamit

Khon Kaen Field Crops Research Center, Sila sub-district, Mueang district, Khon Kaen, 40000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 4 January 2023

Revised: 16 March 2023

Accepted: 7 April 2023

Online published: 12 May 2023

Keyword

Net photosynthesis rate

Transpiration rate

Stomatal conductance

Water use efficiency

SPAD chlorophyll meter reading

ABSTRACT

Physiological change in plants is one of the responding processes in plants under drought stress, including the SCMR or photosynthetic parameters. Therefore, the aim of this study was to evaluate the changes in photosynthetic parameters in sugarcane under drought stress and after rehydration. The experimental design was split plot design in RCB with 3 replications, main plots were (1) well-watered based on plant requirement, and (2) restrict-watered for 14 days at 96-109 days after plantation (tillering period), and sub plots were sugarcane varieties: (1) KK11-516, (2) KK14-030, (3) KK14-136, (4) LK92-11, and (5) KK3. This experiment was carried out in 2022 at Khon Kaen Field Crops Research Center, Mueang district, Khon Kaen Province. The results showed that the SCMR of sugarcanes decreased under drought condition that compared to sugarcane varieties, it was obtained that the highest SCMR was KK14-136 as 40.14 SPAD-unit at 139 days after plantation (30 days after rehydration), as well as the capacities of photosynthetic parameters of sugarcane decreased under drought condition; regardless, the stomatal conductance (gs) and the transpiration rate (E) of KK14-030 were similar to well-watered after re-watering for 1 day as 0.07 and 2.16 mmol m⁻²s⁻¹, respectively. The results of this study can be used as a guideline for the study of photosynthetic parameters of sugarcane or to select new sugarcane varieties in Thailand going forward.

*Corresponding author

E-mail address: nongtheerarat@gmail.com (T. Chinnasaen)

Online print: 12 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.7>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น

ณัฐดา แก้วแสนชัย* และ ไกรเลิศ ทวีกุล

สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 22 มีนาคม 2566

แก้ไข: 11 พฤษภาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 12 พฤษภาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 18 พฤษภาคม 2566

คำสำคัญ

แนวทางการส่งเสริมและพัฒนา

วิสาหกิจชุมชน

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน

ข้าวฮางอก

กระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพบริบทสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง 2) สภาพการผลิตข้าวและการแปรรูปผลิตภัณฑ์และการตลาดผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง 3) แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง โดยใช้แบบวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง จำนวน 30 คน วิธีการเลือกแบบเจาะจง ด้วยการสัมภาษณ์ การจัดประชุมกลุ่มย่อย และการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการด้วยกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม ผลการศึกษา พบว่า สมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง มี 30 คน เป็นหญิง 17 คน และชาย 13 คน อายุเฉลี่ย 57 ปี สมาชิกครัวเรือนเฉลี่ย 5 คน มีพื้นที่ถือครองทำเกษตรกรรม เฉลี่ย 12 ไร่ มีรายได้ครัวเรือน เฉลี่ย 126,667 บาท หนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 88,500 บาท แหล่งเงินทุนส่วนใหญ่ คือ กองทุนหมู่บ้าน ประกอบกิจการแปรรูปข้าวเป็นข้าวฮางอก ผงขมิ้นผงขมิ้นข้าวฮางผสมงาดำ แป้งขมิ้นข้าว ไอศกรีมข้าว น้ำจิ้มข้าว โดยได้รับรองมาตรฐานออร์แกนิกสหรัฐอเมริกา และผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มมีแหล่งเงินทุนจากเงินทุนของตนเอง กู้ยืม และระดมทุนจากสมาชิก มีช่องทางจำหน่ายทั้งออฟไลน์และออนไลน์ แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชน มี 3 แนวทาง คือ 1) การจัดทำโครงการชุดตลาดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อบรรเทาการขาดแคลนนํ้าจากการเกษตร 2) การจัดทำโครงการสร้างโรงงานแปรรูปข้าวตามมาตรฐาน GMP เพื่อยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และ 3) การจัดทำโครงการโรงสีข้าวครบวงจรเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต

บทนำ

วิสาหกิจชุมชนเป็นแนวทางของภาครัฐที่มีแนวคิดยกระดับขีดความสามารถด้านเศรษฐกิจของประเทศ เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤติเศรษฐกิจและปรับตัวสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจของโลก ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) ด้วยการขับเคลื่อนนโยบายส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มของประชาชนเพื่อสร้างรายได้จากการประกอบการผลิตสินค้าหรือบริการ มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจระดับชุมชนให้สามารถพึ่งพาตนเองในระยะยาวอย่างยั่งยืน โดยให้ประชาชนได้รู้จักการประยุกต์ใช้ทรัพยากรและองค์ความรู้ภูมิปัญญาที่มีในท้องถิ่นตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง นับว่าวิสาหกิจชุมชนมีบทบาทเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่จะช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจชุมชนที่เข้มแข็ง เป็นรากฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศตามลำดับ (Office of the National Economics and Social Development Council, 2017)

พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน ได้จัดตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ในปัจจุบันมีวิสาหกิจชุมชน จำนวน 94,679 แห่ง มีผลการประเมินการดำเนินงานศักยภาพวิสาหกิจชุมชนจัดอยู่ใน

เกณฑ์ระดับดี ปานกลาง และต้องปรับปรุง ร้อยละ 29.36, 54.04 และ 16.60 ตามลำดับ ในจำนวนนั้นมีวิสาหกิจชุมชนจังหวัดขอนแก่นอยู่จำนวน 2,465 แห่ง จำแนกตามกลุ่มชนิดผลิตภัณฑ์สินค้า ได้แก่ สินค้าด้านพืช ร้อยละ 32.18 สินค้าด้านปศุสัตว์ ร้อยละ 28.11 ด้านสิ่งทอ ร้อยละ 8.86 และอื่นๆ ร้อยละ 30.85 ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนภายในจังหวัดขอนแก่น มีผลการประเมินศักยภาพวิสาหกิจชุมชนอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ปานกลาง และต้องปรับปรุง ร้อยละ 23.89, 43.81 และ 32.29 ตามลำดับ โดยอำเภอมืองขอนแก่นมีการจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชน ทั้งสิ้นจำนวน 262 แห่ง เป็นวิสาหกิจชุมชนที่ดำเนินกิจการผลิตข้าว จำนวน 38 แห่ง รวมทั้งวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง เป็นอีกหนึ่งวิสาหกิจชุมชนที่จัดตั้งขึ้นในรูปแบบของศูนย์ข้าวชุมชนเพื่อให้การประกอบอาชีพของเกษตรกรในชุมชนมีสร้างความเข้มแข็งขึ้น โดยทำการขึ้นทะเบียนวิสาหกิจชุมชนเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2553 ซึ่งเป็น 1 ใน 5 กลุ่มศูนย์ข้าวชุมชนของจังหวัดขอนแก่น (Khonkaen Rice Seed Center, 2021) มีสมาชิกแรกเริ่มจำนวน 22 คน ได้ดำเนินงานในรูปแบบการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยนำผลผลิตมารวมกันขายและการแปรรูปข้าวเป็น ข้าวกล้อง ข้าวฮางอกสပါ จมูกข้าวผสมงาดำ น้ำจิ้มข้าว ไอศกรีมจมูกข้าวและอาหารไก่ แต่ละ

*Corresponding author

E-mail address: natrada.ka@kku.ac.th (N. Kaewsanchai)

Online print: 18 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.8>

กิจกรรมของกลุ่มจะไม่ซ้ำซ้อนกับกลุ่มเกษตรกรหรือองค์กรอื่นใดในท้องถิ่น เพื่อแก้ปัญหาการตลาดมีรูปแบบการบริหารงานกลุ่มโดยให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการผลิตและการตลาดร่วมกัน ในปัจจุบันมีสมาชิกจำนวน 30 คน กลุ่มมีรายได้ในปี 2563 ประมาณ 1.6 ล้านบาท และได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการเกษตรแปลงใหญ่ โดยจัดตั้งกลุ่มในชื่อแปลงใหญ่ทั่วไป (ข้าว) บ้านโนนรัง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีสมาชิกทั้งสิ้น 194 คน พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 970 ไร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้เกิดการลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ รวมทั้งการพัฒนาคุณภาพสินค้าให้ได้มาตรฐานตรงความต้องการของตลาด ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด (Mueang Khonkaen District Agricultural Office, 2020)

ในปัจจุบันพบว่าวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรังยังประสบปัญหาในด้านต่างๆ เช่น ปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำใช้ทางการเกษตรทำให้มีปริมาณผลผลิตข้าวไม่เพียงพอ ปัญหาการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ปัญหาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ยังไม่มีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของกลุ่ม และปัญหาการตลาด (Mueang Khonkaen District Agricultural Office, 2020) ส่งผลต่อการพัฒนาหรือดำเนินกิจการไม่เป็นไป อย่างต่อเนื่องและยังไม่สามารถพึ่งพาตนเองได้ ซึ่งแนวทางการพัฒนาให้มีความเข้มแข็งและอยู่รอดได้อย่างยั่งยืนนั้น วิสาหกิจชุมชนต้องมีการบริหารจัดการกลุ่มด้วยการดำเนินการตามแผนอย่างมีระบบ อีกทั้งกลุ่มต้องมีความพร้อมในการปรับตัวและพัฒนาศักยภาพในทุกด้านอยู่เสมอ รวมทั้งการตระหนักถึงการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ถือเป็น การสร้างความได้เปรียบด้านการค้าให้แก่วิสาหกิจชุมชน (Community Enterprise Promotion Division, 2021)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน บ้านโนนรัง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิก วิสาหกิจชุมชน สภาพการผลิตและการแปรรูป และแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง ตลอดจนศึกษาสภาพปัญหาและข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชนให้สามารถยกระดับการพัฒนาขึ้นตามลำดับสู่ความเป็นองค์กรเกษตรกรต้นแบบ (Smart Group) และยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันเชิงการค้าเชื่อมโยงสู่การพัฒนาสินค้าทางการเกษตรที่มีคุณภาพได้มาตรฐานตรงกับความต้องการของตลาด (Smart Product) ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้วิธีเก็บข้อมูลจากคณะกรรมการและสมาชิกทุกคนของวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รวมผู้ให้ข้อมูลจำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 เครื่องมือ ดังนี้

การเก็บข้อมูลจากสมาชิกของวิสาหกิจชุมชน โดยสัมภาษณ์รายเดี่ยว ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Structured Interview) โดยสมาชิกจำนวน 30 คน เป็นผู้ให้ข้อมูล

การเก็บข้อมูลจากการจัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ใช้แบบฟอร์มประเด็นอภิปรายแนวทางการสนทนากลุ่ม โดยผู้ให้ข้อมูลได้แก่ ประธานและคณะกรรมการของวิสาหกิจชุมชน จำนวน 9 คน

การเก็บข้อมูลแบบกลุ่ม ใช้แบบฟอร์มการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) กระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม Appreciation Influence Control (AIC) โดยมีคณะกรรมการและสมาชิกวิสาหกิจชุมชนเข้าร่วมการ จัดกระบวนการ จำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์รายเดี่ยวและการจัดประชุมกลุ่มย่อย โดยการใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้นำมาเรียบเรียงหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยง และนำเสนอข้อมูล ในลักษณะของการพรรณนา

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการ ด้วยกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (Appreciation Influence Control; AIC) โดยการนำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่จัดลำดับจากน้ำหนักที่สมาชิกที่เข้าร่วมประชุมได้ร่วมกำหนดและให้คะแนน แล้ววิเคราะห์เนื้อหาและสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย ตลอดจนการจัดทำโครงการตามแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชน

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สภาพบริบททางสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง

ข้อมูลพื้นฐานของวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 109/2 หมู่ที่ 22 อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น รหัสทะเบียนวิสาหกิจชุมชนเลขที่ 4-40-01-08/1-0025 มีสมาชิก จำนวน 30 คน มีการกำหนดระเบียบข้อบังคับ และมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของคณะกรรมการกลุ่มอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ Chanthawongsri (2004) ที่ได้ศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่า บทบาทของการเป็นผู้นำและการมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่ม เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนยังมีกิจกรรมให้ความรู้และการศึกษาฐานเพื่อเพิ่มความรู้และทักษะต่างๆ ให้แก่สมาชิกอย่างต่อเนื่อง มีการดำเนินกิจกรรมด้านการผลิตข้าวครบวงจรด้วยการนำเทคโนโลยีในการบริหารจัดการผลิต ด้วยจุดเด่นที่หลากหลายทั้งการผลิตและการแปรรูป จึงทำให้กลุ่มได้รับการส่งเสริมจัดตั้งเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านการผลิต การตลาด การแปรรูปข้าวแบบครบวงจร

ลักษณะพื้นฐานด้านสังคมของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง พบว่า มีสมาชิกทั้งหมด 30 คน เพศหญิง ร้อยละ 56.67 เพศชาย ร้อยละ 43.33 ส่วนใหญ่อายุ 50-60 ปี อายุเฉลี่ย 57.00 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.33 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.00 คน

ลักษณะพื้นฐานด้านเศรษฐกิจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง พบว่า สมาชิกทั้งหมดทำอาชีพทำนาเป็นหลัก มีพื้นที่ถือครองทำการเกษตรเฉลี่ย 12.05 ไร่ รายได้ต่อครัวเรือนเฉลี่ย 126,666.67 บาท มีภาระหนี้สินเฉลี่ย 88,500.00 บาท และมีสมาชิก ร้อยละ 13.33 ที่ไม่มีภาระหนี้สิน แหล่งเงินทุนจากการกู้ยืมของสมาชิกส่วนใหญ่ ร้อยละ 46.67 มาจากกองทุนหมู่บ้าน (Table 1)

สภาพการผลิตข้าวและการแปรรูปผลิตภัณฑ์และการตลาดผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง

สภาพการผลิตข้าว พบว่า สมาชิกมีประสบการณ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 10.83 ปี มีพื้นที่ที่ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 5.50 ไร่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ ร้อยละ 46.67 มีสภาพพื้นที่นาเป็นที่ยู่ระหว่างที่ลุ่มและดอน ลักษณะดิน ส่วนใหญ่ ร้อยละ 40.00 มีลักษณะดินร่วนปนทราย ทั้งนี้สมาชิกส่วนใหญ่ ร้อยละ 70.00 ใช้น้ำจากน้ำฝนและบ่อน้ำ มีการไถกลบตอซัง ใช้วิธีการทำนาแบบนาหว่าน มีวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวด้วยวิธีกลและใช้สารอินทรีย์ สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ได้ป้องกันกำจัดโรคและแมลง ร้อยละ 36.67 และมีวิธีป้องกันและกำจัดวัชพืชด้วยการใช้วิธีกลควบคู่กับการใช้สารอินทรีย์ ทั้งนี้สมาชิกมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว การเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่ ร้อยละ 86.67 ทำด้วยรถเกี่ยวนาข้าว และการเก็บรักษาส่วนใหญ่ ร้อยละ 76.67 มีพื้นที่เก็บรักษาที่ถูกสุขลักษณะเพื่อรอจำหน่ายที่ถูกต้องตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

ด้านการแปรรูปผลผลิตและผลิตภัณฑ์ พบว่า กลุ่มมีการจัดตั้งศูนย์ข้าวชุมชน เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี ปัจจุบันนอกจากกลุ่ม

จะผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีแล้วยังแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว เช่น ข้าวฮางอก ผงขงติ่มจุกข้าวฮางผสมงาดำ แป้งจุกข้าว ไอศกรีมจากข้าว น้ำจุกข้าว เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็น Product Champion ของกลุ่ม คือ ผลิตภัณฑ์ข้าวฮางอก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยมีการบริหารจัดการการผลิตตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ เป็นการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าว (GAP) ทำให้กลุ่มได้รับใบรับรองมาตรฐานออร์แกนิกสหรัฐอเมริกา และได้รับคัดสรรเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ระดับ 4 ดาว อีกทั้งยังได้รับรองมาตรฐานฮาลาลด้วย ทั้งนี้กลุ่มได้มีการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ให้เข้ากับยุคสมัยตามความต้องการของตลาดที่มีการแข่งขันสูงอีกด้วย

ด้านต้นทุนในการแปรรูปผลผลิต รายได้สุทธิ พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปข้าวของกลุ่มที่มีกำไรต่อหน่วยสูงสุด ได้แก่ ผงขงติ่มจุกข้าวฮางผสมงาดำและแป้งจุกข้าว คิดเป็นร้อยละ 300.00 รองลงมา ได้แก่ น้ำจุกข้าวและไอศกรีมจากข้าว คิดเป็นร้อยละ 233.33 และ 185.71 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่มีกำไรต่อหน่วยต่ำที่สุดคือ ข้าวฮางอก คิดเป็นร้อยละ 60.00 (Table 2)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้สูงสุด ได้แก่ ข้าวฮางอก คิดเป็นร้อยละ 36.30 รองลงมา ได้แก่ ผงขงติ่มจุกข้าวฮางผสมงาดำ แป้งจุกข้าว ไอศกรีมจากข้าว และเมล็ดพันธุ์ข้าว คิดเป็นร้อยละ 27.22, 18.15, 8.03 และ 9.44 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้ต่ำที่สุดคือ น้ำจุกข้าว คิดเป็นร้อยละ 0.42 ทั้งนี้รายได้ของปี 2564 มีรายได้ลดลงเมื่อเทียบกับ ปี 2563 คิดเป็นร้อยละ 89.67 เนื่องจากเป็นผลกระทบจากการเกิดการระบาดของไวรัส COVID-19 ทำให้ผู้บริโภคสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ลดลง (Table 3)

Table 1 Social and economic characteristics of community enterprise members of Ban Non Rang Community Rice Seed Production Center

Personal Information	Number (Person) (N=30)	Percentage (%)
1. Sex		
Male	13	43.33
Female	17	56.67
2. Age		
Less than 50 years	3	10.00
50 – 60 years	19	63.33
More than 60 years	8	26.67
Min. 44.00 years Max. 67.00 years Mean 57.00 years S.D. 5.85		
3. Education level		
Primary school	16	53.33
Junior high school	3	10.00
Senior High school	11	36.67
4. Number of family members		
1-3 person	5	16.67
4-6 person	21	70.00
7-9 person	3	10.00
More than 10 people	1	3.33
Min. 3 people Max. 15 people Mean 5.00 people S.D. 2.24		
5. Occupation		
Farmer	30	100.00
6. Agricultural holding area		
Less than 5 rai	5	16.67
5 - 10 rai	13	43.33
11 - 20 rai	8	26.67
More than 21 rai	4	13.33
Min. 2 rai Max. 43 rai Mean 12.05 rai S.D. 9.17		

Personal Information	Number (Person) (N=30)	Percentage (%)
7. Revenue		
Less than 50,000 Bath	3	10.00
50,001 - 100,000 Bath	12	40.00
100,001 - 150,000 Bath	10	33.33
More than 150,001 Bath	5	16.67
Min. 39,000.00 Bath Max. 245,000.00 Bath		
Mean 126,666.67 Bath S.D. 56,761.04		
8. Indebtedness		
No debt	4	13.33
Less than 50,000 Bath	10	33.33
50,001 - 100,000 Bath	8	26.67
100,001 - 150,000 Bath	3	10.00
More than 150,001 Bath	5	16.67
Min. 4,000.00 Bath Max. 400,000.00 Bath		
Mean 102,115.38 Bath S.D. 95,154.75		
S.D. 95142.27		
9. Sources of funds or borrowing sources		
Family	4	13.33
Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives	9	30.00
Agricultural Cooperative	3	10.00
Village fund	14	46.67

Table 2 Processing costs and product income data of community enterprise Ban Non Rang community rice seed product center

Product	Cost (THB/kg.)	Sales Value (THB/kg.)	Profit (THB/kg.)	Profit (%)
1. Hang germinated rice (THB/kg.)	50.00	80.00	30.00	60.00
2. Hang rice germ drinking powder mixed with black sesame (THB/kg.)	150.00	600.00	450.00	300.00
3. Rice germ powder (THB/kg.)	100.00	400.00	300.00	300.00
4. Rice ice cream (THB/bucket)	700.00	2,000.00	1,300.00	185.71
5. Rice germ juice (THB/ bottle)	3.00	10.00	7.00	233.33

Table 3 Net Income of community enterprise Ban Non Rang community rice seed product center in 2021

Product	Net Profit (THB)	Percentage
1. Rice Seed 2,000 kg. (7 THB per kg.)	14,000	8.47
2. Hang rice germinated 2,000 kg. (30 THB per kg.)	60,000	36.30
3. Hang rice germ drinking powder mixed with black sesame 100 kg. (450 THB per kg.)	45,000	27.22
4. Rice germ powder 100 kg. (300 THB per kg.)	30,000	18.15
5. Rice ice cream 12 bucket (1,300 THB per bucket)	15,600	9.44
6. Rice germ juice 100 bottle (7 THB per bottle)	700	0.42
<u>Total</u>	165,300	100

ด้านเงินทุน พบว่า แหล่งที่มาของเงินทุนสำหรับใช้หมุนเวียนในกิจการของวิสาหกิจชุมชน มีมาจาก 3 แหล่ง ได้แก่ 1) เงินทุนมาจากเงินของตนเอง 2) เงินทุนมาจากแหล่งเงินกู้ 3) เงินทุนมาจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

ด้านการตลาดและช่องทางการจำหน่าย พบว่า การทำการตลาดของวิสาหกิจชุมชนมีช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า ดังนี้ 1) ที่ทำการกลุ่มของวิสาหกิจชุมชน 2) งานออกร้านในงานนิทรรศการแสดงสินค้า OTOP ที่จัดโดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรม

ส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงพาณิชย์ เป็นต้น 3) ร้าน Agro outlet อุทยานเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ 4) จำหน่ายทางออนไลน์ ได้แก่ Line : 0896773099 และ Facebook Fanpage : ธนาคารเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านโนนรัง

ด้านบทบาทและการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีหน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงานเข้ามาร่วมกันบูรณาการให้วิสาหกิจชุมชนเกิดการพัฒนา และเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อน

ในด้านต่างๆ ได้แก่ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองขอนแก่น สำนักงานพัฒนาที่ดินขอนแก่น สำนักงานตรวจบัญชีสหกรณ์ขอนแก่น สำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่น ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และธนาคารออมสิน ตลอดจนสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ในพื้นที่ สอดคล้องกับ Promsaka Na Sakolnakorn & Sungkharat (2013) ได้ศึกษาจากเรื่องแนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในเขตลุ่มทะเลสาบสงขลา ที่ว่าภาครัฐเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน

ด้านสภาพปัญหาในการผลิตและการตลาด พบว่า ในมุมมองของคณะกรรมการวิสาหกิจชุมชน กลุ่มประสบปัญหา มีดังนี้ 1) ปัญหาด้านการแปรรูป คือ มาตรฐานของกระบวนการผลิต เนื่องจากสถานที่ผลิตสินค้าแปรรูปยังไม่ตรงตามมาตรฐานในการขอรับรองมาตรฐานอยู่. และมาตรฐานการผลิตขั้นต้น GMP ซึ่งปัญหานี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ และการเสียโอกาสทางการค้าในช่องทางการตลาดต่าง ๆ 2) ปัญหาด้านการตลาด คือ ประสบปัญหาการทำตลาดออนไลน์ ซึ่งยังขาดผู้ที่จะดำเนินการอย่างต่อเนื่องด้วยสมาชิกส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการทำตลาดแบบออนไลน์ ส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนเสียโอกาสในการจำหน่ายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ ทั้งนี้ Worrawasunthara (2017) ได้กล่าวถึงการวางบทบาทและการสื่อสารของสินค้าบน Social Media เป็นสิ่งสำคัญมากในการทำตลาดออนไลน์ เนื่องจากการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อการสร้างการรับรู้และการตัดสินใจซื้อสินค้า 3) ปัญหาด้านแหล่งทุน ที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนของภาครัฐ และวิสาหกิจชุมชนขาดความรู้และทักษะในการบริหารจัดการต่าง ๆ ภายในกลุ่ม เช่น การบัญชี การเงิน การตลาด การสร้างแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเขียนแผนธุรกิจ การจัดการสินค้าและวัตถุดิบ เป็นต้น และ 4) ปัญหาด้านบรรจุภัณฑ์และตราสินค้า คือ รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ไม่ได้รับรองมาตรฐาน ซึ่งเป็นปัญหาสืบเนื่องมาจากการขาดเครื่องจักรและโรงงานผลิตที่ยังไม่ได้มาตรฐาน อีกทั้งรูปแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้า ยังไม่เป็นที่น่าสนใจผู้บริโภค ซึ่งตรงกับ Tanisro (2010) ที่กล่าวถึงความสำคัญในการใช้วิธีการสื่อสาร ตราสินค้า เพื่อสร้างความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นในตราสินค้าให้แก่ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายได้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย

แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่นบ้านโนนรัง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

จากการจัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) กระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (AIC) เพื่อให้สมาชิกวิสาหกิจชุมชนได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการวิเคราะห์การจัดการผลิตและการตลาดในอดีต และการจัดการผลิตและการตลาดในปัจจุบัน ตลอดจนความต้องการแนวทางการพัฒนาเพื่อการพึ่งพา

ตนเองของวิสาหกิจชุมชนศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรังในอนาคต ทำให้ได้ประเด็นของปัญหา ดังนี้ 1) ปัญหาการขาดแคลนแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อใช้ทำการเกษตร เนื่องจากภายในหมู่บ้านไม่มีแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้เป็นแหล่งน้ำ จึงส่งผลให้ขาดแคลนน้ำในช่วงฝนทิ้งช่วงก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร มีแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการขุดเจาะบ่อบาดาลพร้อมติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 2) ปัญหาการสีข้าวที่ยังมีประสิทธิภาพต่ำและกำลังการผลิตของเครื่องสีข้าวที่มีอยู่ยังไม่เพียงพอ ทำให้การสีข้าวเปลือกเพื่อนำไปขายและแปรรูปต่อไปนั้นเกิดความล่าช้า โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างโรงสีข้าวแบบครบวงจรตั้งแต่กระบวนการเข้าสีข้าว จนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ 3) ปัญหาการแปรรูปข้าว ที่ยังขาดสถานที่ทำการผลิตและเครื่องมือเครื่องจักรที่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างโรงงานแปรรูปข้าวตามมาตรฐาน GMP 4) ปัญหาไร่นาเสียหายจากภาวะแล้งขาดแคลนน้ำในพื้นที่ทำการเกษตรและขาดแคลนแหล่งอาหาร แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดให้มีโครงการบริหารจัดการพื้นที่ทำไร่นาสวนผสม เพื่อให้มีแหล่งอาหาร และมีรายได้ ลดรายจ่ายเพิ่มรายได้หมุนเวียนตลอดปี 5) ปัญหาด้านการตลาด สมาชิกยังขาดความรู้ทักษะในการบริหารจัดการในการจัดจำหน่าย แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการพัฒนาความรู้และทักษะการบริหารจัดการด้านการตลาด 6) ปัญหาการทำเกษตรที่ยังมีการใช้สารเคมีอยู่ แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดให้มีโครงการทำเกษตรอินทรีย์แบบร้อยละ 100 7) ปัญหาขาดแคลนงบประมาณในการลงทุน แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดทำโครงการหาแหล่งงบประมาณสนับสนุนจากภายนอก 8) ปัญหาการปลูกพืชเชิงเดี่ยวมีความเสี่ยงสูง เมื่อต้องประสบปัญหาภัยธรรมชาติหรือศัตรูพืช ทำให้ต้องแบกรับความเสี่ยงหากผลผลิตเกิดความเสียหาย การขาดแคลนอาหารและความเสี่ยงด้านราคาผลผลิตที่ตกต่ำ แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดให้มีโครงการปลูกผักปลอดภัย 9) ปัญหาขาดแคลนรถขนส่ง ทำให้ไม่สะดวกในการขนส่งสินค้าและปัจจัยการผลิต ส่งผลต่อการดำเนินการที่ล่าช้าและการควบคุมต้นทุนการผลิตได้ยาก แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดให้มีโครงการซื้อรถขนส่งเพื่อใช้ภายในกลุ่ม และ 10) ปัญหาบรรจุภัณฑ์ที่ยังไม่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร แนวทางการแก้ไขด้วยการจัดให้มีโครงการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร และมีประเด็นความต้องการ ดังนี้ 1) สมาชิกมีความต้องการบ่อเลี้ยงปลา เพื่อเป็นแหล่งอาหารและเป็นแหล่งน้ำผิวดินไว้ใช้ในยามขาดแคลนน้ำ แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดให้มีโครงการเลี้ยงปลา 2) สมาชิกต้องการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเป็นแหล่งอาหารและเป็นอีกหนึ่งอาชีพที่เป็นทางเลือกในการสร้างรายได้ แนวทางการแก้ไขด้วยการจัดให้มีโครงการเลี้ยงโคเนื้อ หลังจากที่ได้ระบุปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาลแล้ว ให้สมาชิกลงคะแนนตามที่ตนเองคิดว่ามีความจำเป็นและเร่งด่วนที่สุด (Table 4)

Table 4 Ranking of projects whose members have an urgent need

Project	Score	Ranking
1. Solar energy well drilling project	124	1
2. Complete rice mill project	37	4
3. Project to build a rice processing factory according to GMP standards	71	2
4. Mixed farming project	51	3
5. Marketing knowledge development project	9	9
6. 100 % Organic farming project	29	6
7. Projects to provide funding sources for support	30	5
8. Safe vegetable planting project	0	-
9. fish farming project	0	-
10. Beef farming project	23	7
11. Transport vehicle procurement project	20	8
12. Packaging design and development project	9	9

เมื่อได้โครงการที่ต้องการพัฒนาเร่งด่วน 3 โครงการแล้ว จึงทำการเขียนโครงการเพื่อเป็นแนวทางการทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง จำแนกได้เป็นกิจกรรมได้ 2 ด้าน จำนวน 3 โครงการ ดังนี้

1) ด้านการผลิต คือ โครงการชุดบ่อบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นโครงการที่สมาชิกส่วนใหญ่ให้ความสำคัญและความจำเป็นเร่งด่วนอันดับที่หนึ่ง เพื่อบรรเทาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตร ในภาวะฝนทิ้งช่วง ทำให้สมาชิก มีน้ำใช้เพื่อการเกษตรได้ตลอดทั้งปี รวมถึงลดภาระต้นทุนด้านน้ำประปาและไฟฟ้า

2) ด้านการแปรรูปผลผลิต

2.1) โครงการสร้างโรงงานแปรรูปข้าวตามมาตรฐาน GMP เพื่อเพิ่มความสามารถด้านการผลิตและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และเป็นการเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันให้แก่วิสาหกิจชุมชน ผ่านกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพและการควบคุมคุณภาพสินค้าที่ได้มาตรฐาน

2.2) โครงการโรงสีข้าวครบวงจร เพื่อให้วิสาหกิจชุมชนสามารถทำการสีข้าวได้อย่างมีคุณภาพ ถึงแม้ว่าจะเป็นโครงการพัฒนาที่สมาชิกลงคะแนนให้เป็นลำดับที่ 4 แต่เป็นโครงการที่เป็นแนวทางการพัฒนาของวิสาหกิจชุมชนที่เกี่ยวกับข้าว ซึ่งการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวของชุมชนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โดยทั้ง 3 โครงการ มีแนวทางการดำเนินโครงการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้วยการกำหนดคณะกรรมการผู้รับผิดชอบโครงการของวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง ร่วมกับการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง

สรุปผลการวิจัย

วิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง มีสมาชิกทั้งหมด 30 คน อายุเฉลี่ย 57.00 ปี ประกอบอาชีพทำนาเป็นหลัก รายได้ต่อครัวเรือนเฉลี่ย 126,666.67 บาท มีภาระหนี้สินเฉลี่ย 88,500.00 บาท มีประสบการณ์ ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 10.83 ปี มีพื้นที่ที่ใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 5.50 ไร่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่ระหว่างที่ลุ่มและดอน มีลักษณะดินร่วนปนทราย ทำการเกษตรโดยอาศัยน้ำฝนและบ่อน้ำ วิสาหกิจชุมชนมีการแปรรูปผลผลิตข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้สูงที่สุดได้แก่ ข้าวฮางอก ผงขมิ้นผงข้าวฮางผสมงาดำ แป้งงอกข้าวโอ๊ตกรีนจากข้าว และเมล็ดพันธุ์ข้าว ตามลำดับ โดยมีแหล่งที่มาของ

เงินทุนสำหรับใช้หมุนเวียนในกิจการ มีช่องทางการจำหน่ายทั้งทางออนไลน์และออฟไลน์ และได้รับในการพัฒนาจากการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้สมาชิกวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ประสบปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำใช้ในภาคการเกษตร เนื่องจากภายในหมู่บ้านไม่มีแหล่งน้ำผิวดิน ปัญหาการแปรรูปข้าวที่ยังขาดสถานที่และเครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตที่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร อีกทั้งปัญหาในการสีข้าวที่ยังมีประสิทธิภาพต่ำและกำลังการผลิตของเครื่องสีข้าวที่มีอยู่ยังไม่เพียงพอ จึงมีแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนโดยการจัดทำโครงการชุดบ่อบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อบรรเทาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตร ในภาวะฝนทิ้งช่วง การจัดทำโครงการสร้างโรงงานแปรรูปข้าวตามมาตรฐาน GMP เพื่อเพิ่มความสามารถด้านการผลิตและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และจัดทำโครงการโรงสีข้าวครบวงจร เพื่อให้วิสาหกิจชุมชนสามารถทำการสีข้าวได้อย่างมีคุณภาพ เพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันให้แก่วิสาหกิจชุมชน ทั้งนี้โครงการจะสำเร็จลุล่วงได้วิสาหกิจชุมชนควรมีการกำหนดหน้าที่ผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจนและมีการควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ ตลอดจนได้รับการสนับสนุนจากการบูรณาการร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องในแต่ละโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโนนรัง อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนา การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

References

- Chanthawongsri, W. (2004). *Factors Affecting the Success of Small and Micro Community Enterprise in Kuntarawichai District, Maha Sarakham Province*. Khonkaen: Khonkaen University. (in Thai)
- Community Enterprise Promotion Division. (2021). *Strategy to promote community enterprises*. Accessed July

- 29, 2021. Retrieved from http://www.sceb.doae.go.th/Documents/Strategy_sceb.pdf. (in Thai)
- Khonkaen Rice Seed Center. (2021). *Register a list of community rice centers*. Accessed Jan 10, 2022.Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1hJ7cj3HRnJmmyw60Ep6wfbrFfn-yVrL/view>.(in Thai)
- Mueang Khonkaen District Agricultural Office. (2020). *Mueang Khonkaen District agricultural extension and development plan in 2019*. Khonkaen: Mueang Khonkaen District Agricultural Officer.(in Thai)
- Office of the National Economics and Social Development Council. (2017). *The 12th national economic and social development plan*. Accessed May 21, 2021. Retrieved from <https://www.nesdc.go.th/download/plan12.pdf>. (in Thai)
- Promsaka Na Sakolnakorn, T. & Sungkharat, U. (2013). *Development guidelines for small and micro community enterprises in Songkhla Lake Basin*. Songkhla: Prince of Songkhla University. (in Thai)
- Tanisro, S. (2010). *Study problems and formulate business strategies and marketing strategies to increase business efficiency in the bagged rice business. A case study of rice packed in MBK bags of Pathum rice mill and granary public company limited*. Bangkok. University of the Thai Chamber of Commerce. (in Thai)
- Worrawasunthara, J. (2017). *Digital marketing communication base on consumer journey that Impact to consumer's purchasing through E-commerce Website*. Bangkok. Bangkok University. (in Thai).

Research article

Guidelines for Extension and Development of Community Enterprise Ban Non Rang Community Rice Seed Production Center, Mueang District, Khon Kaen Province

Natrada Kaewsaenchai* and Krailert Taweekul

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

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 22 March 2023

Revised: 11 May 2023

Accepted: 12 May 2023

Online published: 18 May 2023

Keyword

Extension and development guideline

Community enterprise

Community Rice Seed Center

Hang germinated rice

Appreciation Influence Control (AIC)

ABSTRACT

The objectives of this study were to study 1) The social and economic context of community enterprise members at Ban Non Rang Community Rice Seed Production Center; 2) The conditions of rice production, product processing and product marketing of Ban Non Rang community rice seed production center community enterprise. 3) The guidelines for extension and development of Ban Non Rang Rice Seed Production Center. A Qualitative Research method was used to collect data from 30 community enterprise members of Ban Non Rang Community Rice Seed Production Center by interviews, a focus group, and a workshop forum with a participatory planning process. The results of the study showed that community enterprise members at Ban Non Rang Rice Seed Center, it was that a total of 30 members, 17 females and 13 males, with an average age of 57 years, 5 average household members, and 12 Rai average agricultural holdings. The average household income was 126,667 baht, and the average household debt was 88,500 baht. The source of funds is the village fund. The operation of the production of germinated rice Hang rice germ drinking powder mixed with black sesame, rice germ powder, rice ice cream, rice germ juice, which was certified by the organic standards in the United States and OTOP products. The Group's sources of funding are funds, loans and member funding. In terms of marketing, there are both offline and online distribution channels. The guidelines for extension and development of Ban Non Rang community enterprise, it was found that there were 3 aspects: 1) a project to dig a solar-powered artesian well to alleviate water scarcity in the agricultural sector; 2) a project to build a rice processing plant according to GMP standards to raise product standards; and 3) a complete rice mill project to increase production potential.

*Corresponding author

E-mail address: natrada.ka@kkumail.com (N. Kaewsaenchai)

Online print: 18 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.8>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเธรการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปิยพล ช่วยคุณ และ ไชยธีระ พันธุ์รักดี*

สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 15 มีนาคม 2566

แก้ไข: 8 พฤษภาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 12 พฤษภาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 24 พฤษภาคม 2566

คำสำคัญ

ปัจจัย

การปฏิเธร

ข้าวชัยนาท 1

เมล็ดพันธุ์ข้าว

ขอนแก่น

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเธรการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่นจำนวน 94 คน ที่แสดงความประสงค์ไม่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และใช้สถิติการถดถอยพหุคูณ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ของเกษตรกรกับการปฏิเธรการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 67 และมีประสบการณ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 13 ปี ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเธรการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 มีอยู่ 3 ประการ ได้แก่ การฝึกอบรมของผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ความรู้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว 1 ปัจจัยดังกล่าวมาจากการที่เกษตรกรไม่มีความรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ถูกต้อง จากการไม่ได้รับการอบรมจากเจ้าหน้าที่ เพราะภาระหน้าที่ในไร่ และเวลาการอบรมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่สอดคล้องกับเวลาของเกษตรกร มีผลให้เกษตรกรเหล่านี้มีทัศนคติเชิงลบต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ด้วยเหตุนี้ เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวแก่เกษตรกรตามความเหมาะสม รวมไปถึงรับฟังความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวประกอบการส่งเสริม เพื่อนำไปสู่การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพ

บทนำ

เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าอาชีพหลักของคนไทยคือเกษตรกร ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกข้าว เนื่องจากคนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Panpakdee et al., 2021) พิจารณาได้จากการที่ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวสูงถึง 56 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 57 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด มีครัวเรือนเกษตรกรที่ทำนา 3.70 ล้านครัวเรือน จากเกษตรกรทั่วประเทศ 5.60 ล้านครัวเรือน (Wanmaung et al., 2021) และได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 28-30 ล้านตันต่อปี ซึ่งสามารถสร้างรายได้ต่อปี ทั้งจากตลาดภายในประเทศ และต่างประเทศสูงถึง 260,000-300,000 ล้านบาท (Bank of Thailand, 2020; Dechraksa et al., 2021)

อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศผู้ผลิตข้าวด้วยกันในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น เวียดนามและกัมพูชา ผลผลิตข้าวของไทยยังมีปริมาณเป็นรองจากประเทศเหล่านี้อย่างมากด้วยหลายปัจจัย เช่น ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก (Climate change) การขาดเทคโนโลยีการผลิตระดับสูง สังคมผู้สูงอายุของเกษตรกร (Bunyanit & Sirisunyaluck, 2019) รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่ต้นน้ำของการผลิตอย่างการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้มาตรฐานมาทำพันธุ์ สิ่งนี้เกิดจากการที่เกษตรกรจำนวนหนึ่งมองข้ามความสำคัญของการใช้เมล็ดพันธุ์คุณภาพดี ทั้งที่หลักฐานทางวิชาการได้มีการพิสูจน์ชัดแล้วว่า การใช้เมล็ดพันธุ์คุณภาพดี ไม่เพียงแต่มีผลทำให้ผลผลิต และคุณภาพการผลิตเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยลด

ต้นทุนการผลิตด้วย ทั้งนี้ จากการศึกษาของ Akudugu et al. (2012) พบว่า การใช้เมล็ดพันธุ์คุณภาพดีในอัตราที่เหมาะสม ช่วยลดต้นทุนได้ประมาณ 300 บาทต่อไร่ เพราะเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี มีความงอกสูงจะส่งผลให้ใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ทั่วไป (Wachirawongsakorn & Jamnongkarn, 2022) อีกทั้งเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีจะทำให้ต้นข้าวมีความแข็งแรง เจริญเติบโตเร็ว ทนทานต่อสภาพแวดล้อม จึงช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในเรื่องสารกำจัดศัตรูพืชลดลง (Palinthorn et al., 2022) กระนั้น ความต้องการเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีกับความสามารถในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของประเทศไทยยังไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากประเทศไทยมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวประมาณ 1,364,800 ตันต่อปี แต่การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยหน่วยงานภาครัฐและเอกชนรวมกันอยู่ที่ประมาณ 537,000 ตันต่อปีเท่านั้น (Mueangham et al., 2018) และปริมาณดังกล่าวก็มีแต่ลดลงในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อันเป็นผลจากการระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดการปิดพรมแดนและห้ามโยกย้ายแรงงาน และผลกระทบของอุทกภัยและวาตภัยที่ทวีความรุนแรงขึ้น (Panpakdee & Palinthorn, 2021) นอกจากนี้ จากข้อมูลของ Phisanulok Rice Seed Center (2021) ยังระบุว่าปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวในประเทศไทยนั้น ยังเกิดจากการระบาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวปลอมปน โดยเฉพาะในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบกับการที่ภาคส่วนที่เกี่ยวข้องขาดการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อทดแทนของเดิมที่มีอายุการใช้งานนานและประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้

*Corresponding author

E-mail address: chaiteera.p@gmail.com (C. Panpakdee)

Online print: 24 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.9>

เมล็ดพันธุ์ปัจจุบัน เป็นต้น (Nakpeng et al., 2023) เพื่อแก้ไขปัญหาขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าว ภาครัฐจึงได้เร่งรัดให้กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หาแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการผลิตให้เพียงพอความต้องการของเกษตรกร โดยมีการแนะนำให้เกษตรกรที่สนใจผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และแจ้งถึงมาตรการจูงจูงรับรองควบคุมการปฏิบัติตั้งแต่เริ่มฤดูการผลิตจนถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Wachirawongsakorn & Jamnongkarn, 2022) การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนนี้ ได้ถูกดำเนินการไปพร้อมกับการสนับสนุนงบประมาณให้กับศูนย์ข้าวชุมชนลงทุนจัดซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตจาก 85,000-90,000 ตัน/ปี เป็น 120,000 ตัน/ปี (Agricultural Research Development Agency Public Organization, 2017)

ทั้งนี้ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว ที่มีพันธกิจในการผลิตเมล็ดพันธุ์และกระจายเมล็ดพันธุ์สู่ชุมชน มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผ่านการจัดตั้งศูนย์ข้าวชุมชนเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดเทคโนโลยีกระจายไปยังชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง (Wetchakama & Chinnasaen, 2018) อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวและศูนย์ข้าวชุมชนผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรภายในประเทศนั้น นอกเหนือจากมิติของปริมาณที่ต้องเพียงพอต่อความต้องการแล้วยังต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี ตลาดต้องการ และสอดคล้องกับภูมิสังคมนั้น ๆ เพื่อเอื้อต่อการส่งเสริมและขยายผลในวงกว้างให้เกษตรกรปลูก โดยหนึ่งในสายพันธุ์ข้าวที่ตรงกับคุณสมบัติทั้งหมดที่กล่าวไปคือ พันธุ์ข้าวชัยนาท 1 (Akudugu et al., 2012) เพราะเป็นพันธุ์ข้าวซึ่งได้จากการผสมพันธุ์สามทางระหว่าง IR13146-158-1, IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 จนได้สายพันธุ์ข้าว CNTBR82075-43-2-1 (Kongseree et al., 1999) ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุประมาณ 119-130 วัน ลำต้นแข็งแรง ให้ผลผลิตสูงและที่สำคัญเป็นข้าวที่มีอมิโลส (Amylose) สูง หรือข้าวที่หุงสุกแล้วมีลักษณะอ่อนนุ่ม เป็นต้น จากคุณสมบัติทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 มีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรไทยเพาะปลูก

ด้วยเหตุนี้ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในฐานะผู้ปรับปรุงพันธุ์ จึงได้เสนอสายพันธุ์ข้าวนี้ต่อสถาบันวิจัยข้าว และกรมวิชาการเกษตร เพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองตั้งแต่วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2536 (Porjai et al., 2017) และได้กระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ไปตามศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวทั่วทุกภูมิภาค (Puphoun et al., 2020) ต่อมากองเมล็ดพันธุ์ข้าวได้อนุมัติให้ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครราชสีมา และศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 เพื่อให้สอดคล้องกับศักยภาพการผลิต และความต้องการของตลาด โดยที่จังหวัดขอนแก่นเป็นพื้นที่สร้างงานสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และก็เป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวขนาดใหญ่ที่สำคัญของประเทศไทย โดยที่มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวจำนวน 29,570 ไร่ มีเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จำนวน 1,486 ราย ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว 3,700 ตันต่อปี ยิ่งไปกว่านั้นยังมีแหล่งน้ำ และสภาพอากาศที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วย (Porjai et al., 2017) จากเหตุผลดังกล่าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี (Sawongnam &

Taweekul, 2020) โดยเกษตรกรส่วนหนึ่งที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ให้กับศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น คือเกษตรกรกลุ่มอำเภอเมืองขอนแก่น โดยทำการคัดเลือกกลุ่มเกษตรกรจากประสบการณ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว พื้นที่การเกษตรมีแหล่งน้ำที่เพียงพอต่อการผลิต รวมถึงมีความพร้อมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ผ่านการรับรองมาตรฐาน เป็นต้น (Wanmaung et al., 2021)

อย่างไรก็ดี เมื่อภาครัฐเข้าไปส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดี และได้จัดทำแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ขึ้นในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2564 พบว่าจากจำนวนเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเป็นกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ให้กับศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น 201 ราย มีเกษตรกรจำนวน 94 ราย ขอสิทธิไม่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 (Puphoun et al., 2020) ทั้งที่เกษตรกรกลุ่มนี้มีทักษะในการจัดการด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว (Wachirawongsakorn & Jamnongkarn, 2022) และมีผลการตรวจคุณภาพผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 โดยห้องปฏิบัติการของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่รับรองอีกด้วย (Chaiwicha et al., 2021) การสละสิทธิ์ดังกล่าว อาจเกิดจากปัจจัยและข้อจำกัดหลาย ๆ ด้วยกัน เช่น เกิดจากการที่เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ไม่สามารถสร้างผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระดับที่น่าพอใจแก่ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ การขาดการสนับสนุนเครื่องจักรกล เช่น รถไถ รถเกี่ยวข้าว เป็นต้น รวมถึงขัดแย้งกับวิถีชีวิต ความเป็นอยู่และวัฒนธรรมของเกษตรกรและผู้บริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่นิยมบริโภคข้าว กข. 15 และ กข. 105 เป็นหลัก (Kummanee et al., 2018; Sawongnam & Taweekul, 2020)

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษา “ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น” ปัญหาการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความสำคัญมากทั้งในเชิงวิชาการและภาคปฏิบัติ เพราะหากไม่มีแนวทางการแก้ไข ก็อาจทำให้เป้าหมายผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ไม่เพียงพอต่อความต้องการและส่งผลกระทบต่อเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 เกิดการขาดแคลนได้ในอนาคต และหากไปกว่านั้นจะส่งผลให้ประสบกับปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าวเช่นเดียวกับวิกฤติการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2560 ที่ผ่านมา (Wetchakama & Khaengkhan, 2018) โดยผลจากการศึกษาคาดว่าจะเกิดประโยชน์ในแง่ของการระบุ (Identify) ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 เพื่อนำไปสู่แนวทางการส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่าง เดือนสิงหาคม – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เพื่อให้วิธีการดำเนินการศึกษาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ผลคือได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 ราย ในพื้นที่ 5 หมู่บ้าน 2 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 รายนี้ เป็นเกษตรกรที่ขอสิทธิไม่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ให้ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น และถือครองพื้นที่เพาะปลูก 677 ไร่ และมีผลผลิตรวมกันประมาณ 400 ตัน นับเป็นสมาชิกผู้ผลิต

เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สำคัญของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น เพราะมีทักษะการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นอย่างดี และมีผลการตรวจคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Puphoun et al., 2020) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบปิด (Closed-ended question) และคำถามแบบเปิด (Open-ended question) โดยแบบสอบถามนี้ได้ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงและคุณภาพกับประชากรที่มีลักษณะคล้ายจำนวน 30 คน แต่ไม่ใช่ประชากรกลุ่มเป้าหมาย (Target population) และได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาช (Cronbach co-efficiency alpha, α) ที่ระดับ 0.708 หมายถึงมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงได้ (Kanjana-wasee, 2001) และแบบสอบถามนี้ยังได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ใบรับรอง HE653185 (Krajangchom et al., 2016)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Wachirawongsakorn & Jamnongkarn, 2022) และใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistic) คือ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) จำนวน 10 ตัวแปรที่แทนเป็นสัญลักษณ์ ดังนี้ x1 เพศ, x2 อายุ, x3 ประสบการณ์การปลูกข้าว, x4 สภาพแวดล้อมในการผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, x5 จำนวนแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือน, x6 ต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1, x7 แหล่งตลาดรับซื้อผลผลิต, x8 การฝึกอบรมของผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว, x9 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ และ x10 ทักษะคิดของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 กับตัวแปรตาม (Dependent variable) ที่แทนด้วยตัวแปร Y จำนวน 1 ตัวแปร คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม (Wanmaung et al., 2021)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของเกษตรกร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 คน ผู้วิจัยขอแบ่งการนำเสนอผลการศึกษออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 นำเสนอข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่ม

ตัวอย่าง และตอนที่ 2 นำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ของกลุ่มตัวอย่าง ดังมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม

ผลการศึกษาแสดงดัง Table 1 พบว่า เกษตรกรเป็นเพศชาย 63 ราย คิดเป็นร้อยละ 67.02 อายุเฉลี่ย 32 ปี อายุมากที่สุด 71 ปี เกษตรกรส่วนมากมีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ DEPA (2020) ที่ระบุว่า แม้ทุกวันนี้เกษตรกรจำนวนหนึ่งจะจบการศึกษาสูงกว่าอดีต โดยเฉพาะยุคหลังการระบาดของโรคโควิด-19 แต่ในภาพรวมของประเทศ เกษตรกรไทยยังคงเป็นผู้สูงอายุ และจบการศึกษาต่ำกว่าการศึกษาภาคบังคับ นอกจากนี้ พบว่า เกษตรกรส่วนมากเป็นสมาชิกธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร คิดเป็นร้อยละ 41.49 รองลงมา ได้แก่ เป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์การเกษตร สมาชิกกลุ่มเกษตรกร สมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร และสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทั้งนี้ การเป็นสมาชิกกลุ่มจำนวนมากและหลากหลายของเกษตรกรไทยนับเป็นเรื่องที่พบได้ทั่วไป เพราะการเป็นสมาชิกกลุ่มไม่เพียงจะนำมาซึ่งการได้รับการสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่ งบประมาณ ปัจจัยการผลิต โอกาสในการศึกษาดูงานและฝึกอบรมทักษะต่าง ๆ เป็นต้น แต่การเป็นสมาชิกกลุ่มยังเอื้อต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของระหว่างเกษตรกรภายในกลุ่ม และนำข้อมูลที่ได้ไปยกระดับการผลิตอีกด้วย (Phungpracha et al., 2016)

ทางด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ผลการศึกษาชี้ว่า เกษตรกรมีประสบการณ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 13 ปี ส่วนใหญ่มีจำนวนแรงงานภาคการเกษตรไม่เกิน 2 รายต่อครัวเรือน และมีพื้นที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 อยู่ 6 ถึง 10 ไร่ จำนวนแรงงานและพื้นที่การผลิตข้างต้นน้อยมากหากเป็นการปลูกข้าวเชิงเศรษฐกิจ แต่ตัวเลขนี้ถือเป็นเรื่องปกติของการผลิตเมล็ดพันธุ์ เพราะการผลิตเมล็ดพันธุ์เป็นกระบวนการที่ละเอียด ต้องอาศัยความเอาใจใส่จากเกษตรกร อย่างไรก็ตามค่าตอบแทนที่ได้ก็สูงกว่าการขายข้าวเปลือกราว >100% ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และความต้องการ (Demand) ของตลาดเวลานั้น (Wetchakama & Khaengkhan, 2018)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 พบว่ามี 3 ตัวแปรจากทั้งหมด 10 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ การฝึกอบรมของผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ความรู้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 (Table 2)

Table 1 Socio-economic characteristics of the informants (n = 94)

Content	Number	Percentage
Sex		
Male	63	67.02
Female	31	32.98
Education level		
Uneducated	21	22.34
Primary school	58	61.70
Junior high school	9	9.57
Senior high school/ Vocational certificate	3	3.19
High vocational certificate	1	1.07
Bachelor's degree	2	2.13
Agricultural group membership		
BAAC group	39	41.49
Agricultural cooperatives	26	27.66
Farmer group	14	14.89
Farmer's housewife group	5	5.32
Community enterprise group	3	3.19
Non-member of groups	7	7.45
Rice cultivation experience	12	12.77
Less than or equal to 5 years	19	20.21
6-10 years	23	24.47
11-15 years	40	42.55
More than 15 years		
<i>Mean = 13 years, S.D. = 11.910 years, Min = 4 years, Max = 22 years</i>		
The number of agricultural labors in the household		
Less than or equal to 2 persons	60	63.83
3-4 person	21	22.34
More than 4 persons	13	13.83
<i>Mean = 3 person, S.D. = 1.173 persons, Min = 1 person, Max = 5 person</i>		
Area used to produce Chai Nat 1 rice seeds		
Less than or equal to 5 rai	28	29.79
6-10 farm	53	56.38
More than 10 farm	13	13.83
<i>Mean = 11 rai, S.D. = 4.186 farm, Min = 2 rai, Max = 20 farm</i>		

Table 2 Regression coefficient of independent variables related Chai Nat 1 rice seed production

Variables	Unstandardized coefficients	t	Sig.
Constant	4.332	1.463	0.128
1. Sex	0.637	1.219	0.123
2. Age	0.042	0.876	0.354
3. experience in rice seed production	0.148	1.640	0.075
4. Area size used to produce Chai Nat 1 rice seeds	0.043	1.056	0.262
5. The number of agricultural household workers	0.032	0.441	0.628
6. The cost of planting Chai Nat 1 rice in the past year	0.459	1.876	0.086
7. The availability of distribution market	0.346	0.187	0.916
8. Training on amongst rice seed producers	0.372	5.826	0.032*
9. Knowledge of rice seed producers	0.732	1.826	0.041*
10. Attitudes towards Chai Nat 1 rice seed production	0.361	6.472	0.027*
R = 0.452 R ² = 0.204 SEE = 4.231 F = 6.431 Sig. of = 0.000			

* significantly different at $P < 0.05$.

จาก Table 2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ได้ดังนี้

1. การฝึกอบรมของผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว มีอิทธิพลต่อการปฏิเสธการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ข้อมูลแบบสอบถามในส่วนของการเปิดใจว่า ด้วยเหตุผลหลาย ๆ ประการ เช่น ภาระหน้าที่ในฟาร์มที่รัดตัว เพราะมีจำนวนแรงงานในครัวเรือนน้อย และตารางการอบรมของหน่วยงานที่ไม่สอดคล้องกับเวลาของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรจำนวนหนึ่งไม่เคยผ่านการอบรมศาสตร์

ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเลย จึงเป็นเรื่องยากที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติตามหลักการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดี จนผ่านการรับรองมาตรฐานโดยศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่นได้ แม้ว่าจะมีแรงจูงใจ (Incentive) ในเรื่องผลตอบแทนที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่นรับซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวนาปรังที่ผลิตโดยเกษตรกรที่ลงทะเบียนผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าราคาตลาดร้อยละ 25 ก็ตาม (ภาครัฐ 16 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ราคาตลาด 10-11 บาทต่อกิโลกรัม) (Khon Kaen Rice Seed Center, 2020) ผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ

Mueangham et al. (2018) เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการจัดการเทคโนโลยีศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน” และ Agricultural Research Development Agency Public Organization (2017) ที่ระบุว่า หากเกษตรกรไม่มีโอกาสเข้ารับการฝึกอบรมเรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ หรือมีโอกาสแต่ไม่ให้ความสนใจอย่างจริงจัง อัตราการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรกลุ่มนั้น ๆ จะลดลงหรือละทิ้งการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกและจัดการอบรมควรเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระดับที่น่าพอใจและเชื่อมโยงกับเครือข่ายที่สร้างโอกาสการจัดจำหน่ายแก่ผู้ซื้อ ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ เพื่อจูงใจให้เกษตรกรให้ความร่วมมือเข้าอบรมอย่างต่อเนื่อง

2. ความรู้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ตัวแปรนี้ (x_9) เป็นผลสืบเนื่องจากตัวแปรที่แล้ว (x_8) กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรไม่ได้รับการอบรมจากเจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ก็ทำให้พวกเขาไม่มีความรู้ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จึงอยู่บนพื้นฐานความรู้ดั้งเดิม (Traditional knowledge) สมัยผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวท้องถิ่นไว้ใช้เองในครัวเรือน และการลองผิดลองถูก (Trials and errors) นี่จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ของพวกเขาไม่อาจปฏิบัติตามข้อกำหนดการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดีได้อย่างครบถ้วนและสม่ำเสมอ สอดคล้องกับการศึกษาของ Panpong et al. (2021) และ Janthong & Sakkatat (2020) ที่ระบุว่า การไม่มีความรู้เรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว รวมถึงไม่ได้รับการติดตามจากเจ้าหน้าที่มีผลให้เกษตรกรละทิ้งการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว เพราะกิจกรรมนี้ ต้องการการวางแผนตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ตรงตามมาตรฐานของหน่วยงานที่รับซื้อ

3. ทักษะจิตของเกษตรกรต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ตัวแปรนี้ (x_{10}) เป็นผลสืบเนื่องของตัวแปร x_8 และตัวแปร x_9 รวมกัน กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรไม่ได้รับการอบรม และการผลิตเมล็ดพันธุ์ถูกขับเคลื่อนด้วยความรู้ดั้งเดิมและการลองผิดลองถูก ทักษะจิตที่เกษตรกรมีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 จึงไม่เป็นคุณ (Negative) และไม่เอื้อต่อการดำรงการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ต่อไป นอกจากนี้ Janjhua et al. (2018) กล่าวว่า ทักษะจิตมีความสำคัญ เพราะเป็นตัวกำหนดความคิดและการกระทำของเกษตรกร หากเกษตรกรมีทัศนคติที่เป็นลบต่อสิ่งบุคคลหรือการกระทำหนึ่ง ๆ ความมุ่งมั่น (Willingness) และความสามารถ (Ability) ที่จะเรียนรู้ เพื่อพัฒนาเปลี่ยนแปลงและแก้ไขปัญหาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการระบบฟาร์มก็จะลดลง เพราะไม่เห็นว่าการกระทำนั้น จะสามารถสร้างผลผลิต (Productivity) และการบรรลุเป้าหมาย (Fulfillment) ให้ตนได้ (FAO, 2022)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น พบว่ามี 3 ปัจจัยที่มีผลอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การฝึกอบรมของผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ความรู้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 จากจุดนี้เห็นได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัยเป็นเรื่องของทุน

มนุษย์ (Human asset) ทั้งหมด หากพิจารณากรอบแนวคิดระบบการดำรงชีพแบบยั่งยืน (Framework of Sustainable Livelihoods) เพราะการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ให้ผ่านการรับรองมาตรฐาน เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และตรวจสอบกระบวนการผลิตย้อนหลังได้ หากเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่เข้าใจในหลักการผลิต เพราะขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเพราะไม่เคยได้รับการอบรม ก็เป็นเรื่องยากที่จะผ่านการรับรองมาตรฐาน ผวนกับธรรมชาติของเกษตรกรโดยทั่วไป หากสิ่งที่ตนทำไม่ประสบผลตามที่มุ่งหวัง และได้รับผลตอบแทนในระดับที่ไม่พึงพอใจ พวกเขาจะเกิดทัศนคติที่ไม่เป็นคุณต่อกิจกรรมนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้เกษตรกรทั้ง 94 คน จึงไม่ต้องการผลิตเมล็ดพันธุ์ชียนา 1 อีกต่อไป แม้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้จะเป็นที่ต้องการของตลาด และมีราคาซื้อขายสูงในระดับที่น่าพึงพอใจก็ตาม

เพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้น ข้อเสนอแนะที่ผู้วิจัยมีต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีอยู่ด้วยกัน 3 ประการ ได้แก่

1. เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมการข้าว กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมวิชาการเกษตร เป็นต้น ควรให้ความรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวให้กับเกษตรกรก่อนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว กระบวนการให้ความรู้ควรครอบคลุมการโน้มน้าวให้เกษตรกรตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อให้พวกเขาเห็นถึงประโยชน์ที่ได้จากการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และชักนำให้เกิดความเข้าใจในหลักการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมากขึ้น ซึ่งกระบวนการให้ความรู้เหล่านี้จะต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง และมีการกำกับติดตามผลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ เพื่อให้การทำงานส่งเสริมมีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic processing) มากกว่าการเป็นเวทีจัดอบรมให้ความรู้เป็นรายครั้ง อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ภาครัฐส่งเสริมและจัดการอบรมให้ ควรเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สอดคล้องกับภูมิสังคมของเกษตรกร และสร้างผลตอบแทนทางธุรกิจในระดับที่น่าพอใจ เพื่อจูงใจให้เกษตรกรเข้าร่วมการผลิตอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

2. เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรเปิดเวทีรับฟังข้อเสนอแนะ ปัญหา รวมไปถึงทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว เพราะข้อมูลเหล่านี้ นอกจากทำให้ทราบถึงความต้องการของเกษตรกรแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ ที่สำคัญการเปิดเวทีรับฟังความเห็นยังเป็นกระบวนการประชาธิปไตย มีส่วนช่วยเสริมสร้างทัศนคติที่ดีของเกษตรกรต่อกิจกรรมที่ตนทำอีกด้วย

3. การอบรมควรดำเนินงานในลักษณะยืดหยุ่น ทั้งในเชิงของจำนวนการจัดและช่วงเวลาการจัด นอกจากนี้ เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังควรมีการนำเสนอสื่อผสม (Mixed media) เข้ามาช่วยในกระบวนการ เช่น ในการอบรมบางหัวข้อที่มีความเข้มข้นของเนื้อหาไม่มากนัก และไม่ต้องการลงมือปฏิบัติในลักษณะการอบรมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) เจ้าหน้าที่และหน่วยงานฯ ควรผลิตสื่อวีดิโอหรือสื่อแผ่นพับที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเรื่องนั้น ๆ และส่งให้เกษตรกรเรียนรู้ด้วยตนเอง ในกรณีที่ตารางเวลาการอบรมของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ไม่สอดคล้องกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชียนา 1 ที่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์ได้

References

- Agricultural Research Development Agency Public Organization. (2017). *Comprehensive rice production by farmers participating*. Accessed May 9, 2023. Retrieved from <https://www.arda.or.th/datas/file/POLICY4.pdf>. (in Thai)
- Akudugu, M. A., Guo, E., & Dadzie, S. K. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(3), 1-13
- Bank of Thailand. (2020). *Monetary policy report, June 2020*. Bangkok: Bank of Thailand. (in Thai)
- Bunyanit, A., & Sirisunyaluck, R. (2019). Factors influencing obtaining good agricultural practice certification of rice growers in Phrao district, Chiang Mai Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Suppl. 1), 167-172. (in Thai)
- Chaiwicha, C., Thongsuk, P., Ngaophan, T., & Suebsri, H. (2021). Efficiency of nutrients coated on Khao Dawk Mali 105 rice seeds for seed quality. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(1), 41-47. (in Thai)
- Dechraksa, R., Damrongwattana, J., Khaenamkaew, D., & Dechochai, U. (2021). Khaw rice: A modification of rice production path in the transformation of agricultural rubber plantation. *Journal of Social Science and Cultural*, 5(1), 61-80. (in Thai)
- DEPA. (2020). *Agriculture landscape in Thailand*. Accessed May 9, 2023. Retrieved from https://www.depa.or.th/storage/app/media/Investment%20Bulletin_Final.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). State of food and agriculture in the Asia and Pacific region, in light of the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the 36th session of FAO regional conference for Asia and the Pacific* (pp.1-18). Dhaka: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- Janjhua, Y., Chaudhary, R., Deopa, V., & Kumar, K. (2018) A study on perceived problems and farmers' attitude towards organic farming. *International Journal of Farm Sciences*, 8(2) , 158. doi:10.5958/2250-0499.2018.00063.0
- Janthong, N., & Sakkatat, P. (2020). Farmers' adoption of rice (RD.43) production on good agricultural practices in Wangnoi district, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. *Journal of Agricultural Research & Extension*, 37(3), 49-59. (in Thai)
- Kanjanawasee, S. (2001). *The traditional test theory* (4th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Khon Kaen Rice Seed Center. (2020). Inventory of seeds ready for sale. Accessed May 11, 2023. Retrieved from <https://www.facebook.com/soonkhow/photos/a.374365722589073/3836379653054312/?type=3>
- Kongseree, N., Wongpiyachon, S., & Swangjit, P. (1999). Cooked rice quality as effected by mixing RD 23 and Chainat 1 in Khao Dawk Mali 105. *Thai Agricultural Research Journal*, 17(3), 231-238. (in Thai)
- Krajangchom, S., Auttarat, S., Srinunrak, N., & Yasai, U. (2016). Factors related to motivation of farmer's descendants on agricultural inheritance in Sanpatong district, Chiang Mai Province. *Journal of Agriculture*, 32(1), 29-38. (in Thai)
- Kummanee, K., Aungsuratana, A., Rojanaridpiched, C., Chanprame, S., Vijitsrikamol, K., & Sakurai, S. (2018). Input factor affecting rice seed production in Thamai sub-district, Nakhon Sawan Province, Lower Northern, Thailand. *The Agricultural Science Society of Thailand*, 51(1), 10-17
- Mueangham, T., Khamkham, S., & Phetchalanuwat, C. (2018). Development of technology management model for community rice seed center. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(1), 3695-3715. (in Thai)
- Nakpeng, P., Limnirankul, B., Sirisunyaluck, R., & Chalermphol, J. (2023) Conditions for success of community rice centers in lower Northern Thailand. *Journal of Agricultural Production*, 5(1), 91-105. (in Thai)
- Palinthorn, F., Udomset, J., & Kongsila, T. (2022). Factors affecting the agricultural careers extension of youth in the Northeastern of the Kingdom of Thailand. *Prawarun Agricultural Journal*, 19(2), 74-81. (in Thai)
- Panpakdee, C., & Palinthorn, F. (2021). Does the COVID-19 pandemic affect social- ecological resilience of organic rice production system in Chiang Mai Province, Thailand? *Forest and Society*, 5(2), 209-223
- Panpakdee, C., Limnirankul, B., & Kramol, P. (2021). Assessing the social-ecological resilience of organic farmers in Chiang Mai Province, Thailand. *Forest and Society*, 5(2), 631-649
- Panpong, T., Khibtong, J., & Toomhirun, C. (2021). Guidelines for promoting the production of RD18 rice seed for farmers in Na Sao sub-district, Amphoe Chiang Khan, Loei province. *Proceedings of the 11th STOU National Research Conference* (pp.1999-2012). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)

- Phisanulok Rice Seed Center. (2021). *The improvement of rice seed conditions*. Accessed May 9, 2023. Retrieved from <https://psl-rsc.ricethailand.go.th/page.php?pid=6821> (in Thai)
- Phungpracha, E., Kansuntisukmongkon, K., & Panya, O. (2016). Traditional ecological knowledge in Thailand: Mechanisms and contributions to food security. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 37(2), 82-87
- Porjai, P., Wangmoon, P., Kumchaiseemak, N., Luengviriya, C., Jongserecharoen, E., & Kongsri, W. (2017). Classification of Thai rice seed cultivars with image processing. *Science and Technology RMUTT Journal*, 7(2), 145-152. (in Thai)
- Puphoung, S., Sinnarong, N., Autchariyapanitkul, K., & Satienpirakul, K. (2020). Factors affecting rice farmers' decision to participate in weather index insurance in Chiang Rai Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 17(1), 99-121. (in Thai)
- Sawongnam, M., & Taweekul, K. (2020). Development guidelines of Ban Dong Yang paddy field community enterprise for rice extension seed, Changhan district, Roi Et Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 17(2), 323-332. (in Thai)
- Wachirawongsakorn, P., & Jamnongkarn, T. (2022). Paddy farmer's knowledge, attitude and key factors affecting the decision making on organic rice production of farmers in Phitsanulok Province. *Rajabhat Chiang Mai Research Journal*, 23 (2) , 190- 209. (in Thai) doi: <https://doi.org/10.14456/rcmrj.2022.258928>
- Wanmaung, A. , Intaruccomporn, W., Prapatigul, P., & Suriyong, S. (2021). Farmers' needs of organic rice production extension in Chiang Mai Province. *Journal of Agricultural Production*, 3(3), 57-66. (in Thai)
- Wetchakama, N., & Chinnasaen, T. (2018). The existing rice seed production and guideline for developing of the community rice centers area Muang district, Maha Sarakham Province. *Journal of Research and Development Buriram Rajabhat University*, 13(1), 85-94. (in Thai)
- Wetchakama, N., & Khaengkhan, P. (2018). Improvement of seed qualities with seed priming techniques. *Prawarun Agricultural Journal*, 15(1), 17-30. (in Thai)

Research article

Factors affecting the disapproval of Chai Nat 1 rice seeds of farmers Khon Kaen Province

Piyaphon Chauikhun and Chaiteera Panpakdee*

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

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 15 March 2023

Revised: 8 May 2023

Accepted: 12 May 2023

Online published: 24 May 2023

Keyword

Factor

Disapproval

Chai Nat 1

Rice seed

KhonKaen

ABSTRACT

The objective of this study was to determine factors affecting the disapproval of Chai Nat 1 rice seed production. Ninety-four farmers, who officially expressed their intention not to produce Chai Nat 1 rice seeds, were selected as informants. A questionnaire was used to gather data, which was available to compute multiple regression analysis, statistically investigating the relationship between the farmers' factors and the rejection of Chai Nat 1 rice seed production. Results revealed that 67 % of the respondents were male and the average year of production experience in rice seed was approximately 13 years. The results also indicated that three significant factors included training of seed producers, knowledge of rice seed production, and the attitudes of farmers influenced the disapproval of Chai Nat rice 1 seed production. These mentioned factors came from the fact that farmers had no proper knowledge about rice seed production because their daily tasks were tightly, with the addition of training schedules set by relevant officers was inconsistent with the farmers' available time. Hence, the farmers had a negative attitude towards the production of Chai Nat 1 rice seed. Therefore, the officers and relevant agencies should appropriately educate farmers on rice seed production and paying attention to farmers' opinions. The results of this study can be used as information to improve rice production efficiency in the long run.

*Corresponding author

E-mail address: chaiteera.p@gmail.com (C. Panpakdee)

Online print: 24 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.9>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ความต้องการในการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน จังหวัดจันทบุรี

พัชรา บำรุง* และ กฤษฎา เจริญมูล

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี 22210

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 30 มีนาคม 2566

แก้ไข: 14 พฤษภาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 22 พฤษภาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 31 พฤษภาคม 2566

คำสำคัญ

ความต้องการ

การส่งเสริมการเกษตร

เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน

จังหวัดจันทบุรี

พื้นที่

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี และเปรียบเทียบความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนที่แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี ปี 2564 จำนวน 393 ราย สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test และ F-test ผลจากการศึกษา พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับทุเรียนในระดับมากในเรื่อง การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูทุเรียน และการลดต้นทุนการผลิต มีความต้องการด้านเทคนิควิธีการถ่ายทอดของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในระดับมาก ได้แก่ ข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ และเอกสารของทางราชการ และมีความต้องการสนับสนุนและบริการในระดับมากในเรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น เครื่องมือการตรวจความสุกแก่ของทุเรียนที่แม่นยำ และการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียน การเปรียบเทียบความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนที่แตกต่างกันมีความต้องการการส่งเสริมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

บทนำ

ทุเรียน *Durio zibethinus* Linn. ได้ชื่อว่าเป็น “ราชาแห่งผลไม้” เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจของไทยที่สร้างรายได้ไม่ต่ำกว่าแสนล้านบาทต่อปี เนื่องจากคุณภาพผลผลิตดี รสชาติเป็นเอกลักษณ์ และต่างประเทศให้การยอมรับ อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นผู้ผลิตและส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลก ตลาดหลักสำคัญ คือ จีน ส่งออกในรูปแบบของทุเรียนสดร้อยละ 90 ของการส่งออกทั้งหมด ในปี 2564 การส่งออกทุเรียนและผลิตภัณฑ์ของไทยเพิ่มขึ้นเป็น 904,597 ตัน มูลค่า 115,095 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.96 และร้อยละ 45.88 ต่อปี ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2021a) ในปี 2564 ทุเรียนมีเนื้อที่ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 851,866 ไร่ ผลผลิต 1,212,989 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,424 กิโลกรัม แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ คือ จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุด รองลงมา คือ จังหวัดชุมพรและจังหวัดนครศรีธรรมราช (Office of Agricultural Economics, 2021b)

จังหวัดจันทบุรีมีศักยภาพการผลิตและกระจายสินค้าผลไม้ และเป็นแหล่งผลิตผลไม้หลักของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทุเรียน ลำไย และมังคุด โดยทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสร้างรายได้ให้กับจังหวัดจันทบุรีมากที่สุด ในปี 2564 มีพื้นที่ปลูกทุเรียน 265,014 ไร่ ผลผลิต 398,618 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,938

กิโลกรัม แหล่งเพาะปลูกทุเรียนมีพื้นที่ปลูกในทุแก้อำเภอ อำเภอที่เป็นแหล่งผลิตใหญ่ที่สุด คือ อำเภอเขาคิชฌกูฏ รองลงมา คือ อำเภอท่าใหม่ อำเภอมะขาม อำเภอขลุง อำเภอนายายอาม อำเภอแก้งหางแมว อำเภอเมืองจันทบุรี อำเภอสอยดาว อำเภอแหลมสิงห์ และอำเภอโป่งน้ำร้อน ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2021c) การผลิตทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจันทบุรี มีการทำการเกษตรตามระบบส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและได้มาตรฐาน GAP ซึ่งผลผลิตทุเรียนในฤดูจะเริ่มออกสู่ตลาด ตั้งแต่ช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม โดยช่วงที่ทุเรียนออกสู่ตลาดมากที่สุด คือ ช่วงเดือนพฤษภาคมถึง มิถุนายน แต่เกษตรกรยังขาดความชำนาญในการเก็บเกี่ยว จึงเป็นเหตุทำให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตทุเรียนที่อายุยังไม่ครบกำหนดต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ขายได้ราคาเพราะทุเรียนต้นฤดูกลานั้นมักจะมีราคาสูง เนื่องจากในจังหวัดจันทบุรี ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีราคาสูงในขณะนี้และมีการปรับเปลี่ยนการปลูกพืชบางชนิดมาเป็นทุเรียนแทนทำให้มีพื้นที่ปลูกทุเรียนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้น การส่งเสริมการผลิตทุเรียน จึงเป็นภารกิจหนึ่งของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ เทคโนโลยีวิทยาการต่าง ๆ ให้แก่เกษตรกร และมีหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้ทำการผลิตทุเรียนคุณภาพและปลอดภัย เพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ รักษาคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าผลผลิต

*Corresponding author

E-mail address: patchara_ba@rmutto.ac.th (P. Bamrung)

Online print: 31 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.10>

ให้แก่เกษตรกร ประกอบกับนโยบายรัฐบาลตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2561 ที่สนับสนุนให้ภาคตะวันออกเป็น “มหานครผลไม้โลก” ที่มีคุณภาพปลอดภัยอย่างครบวงจร รวมทั้งทิศทางการพัฒนาภาคตะวันออก พ.ศ. 2566 – 2570 ให้มีความสำคัญกับการพัฒนาให้ภาคตะวันออกเป็นมหานครผลไม้เมืองร้อนแห่งเอเชีย และให้ความสำคัญกับการพัฒนาจังหวัดจันทบุรีให้เป็นศูนย์กลางการรวบรวมผลผลิตและการกระจายสินค้าผลไม้คุณภาพได้มาตรฐาน (Chanthaburi Provincial Office, 2021)

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่ออาชีพการทำสวนทุเรียนนั้นยังพบปัญหาอีกหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบด้านการผลิต เช่น ปัญหาโรครากเน่าโคนเน่า (Phytophthora) ที่เกิดจากเชื้อราในทุเรียน และโรคเชื้อราสีชมพู ทั้งในช่วงก่อนให้ผลผลิต และหลังจากให้ผลผลิตแล้วทำให้ต้นทุเรียนทรุดโทรมและตายได้ ส่งผลให้อัตรารากรอดของต้นทุเรียนลดลง และคุณภาพไม่เป็นไปตามความต้องการของตลาด การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากสภาวะโลกร้อน ทำให้สภาพอากาศแปรปรวน เกิดภัยธรรมชาติอย่างรุนแรง เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม เป็นต้น รวมทั้งทำให้ผลผลิตออกล่าช้าและไม่ได้คุณภาพ หรือจะเป็นเรื่องคุณภาพทุเรียนไม่ได้มาตรฐาน ประกอบกับการที่ต้นทุนการผลิตขยับตัวสูงขึ้น อาทิ ปุ๋ย สารเคมีกำจัดแมลง สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ค่าแรง แต่เกษตรกรยังได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาที่กล่าวมาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรจะศึกษาถึงสภาพการปลูกทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี ตลอดจนความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรเพื่อหาข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนพัฒนาการส่งเสริมการปลูกทุเรียนที่สอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสภาพการปลูกทุเรียนของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และยังช่วยให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายผลผลิตได้สูงกว่าต้นทุนการผลิต และมีเสถียรภาพด้านราคาลดลดฤดูกาล ตลอดจนมีการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรของเกษตรกรได้อย่างเหมาะสม ทำให้สามารถบริหารจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตทุเรียนมีคุณภาพดี รสชาติเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ และเป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกทุเรียนของเกษตรกรไปปรับใช้ในพื้นที่อื่น ๆ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) คำนวณหาขนาดตัวอย่างจากเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับสำนักงานเกษตรอำเภอในจังหวัดจันทบุรี ปีการผลิต 2564 จำนวน 20,971 ราย โดยใช้สูตรการคำนวณของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 393 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ (Systematic sampling) โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างกระจายทุกอำเภอในจังหวัดจันทบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความต้องการโดยใช้ t-test, F-test และ Scheffe' test ในการ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม กำหนดความหมายจากค่าเฉลี่ยเป็น 3 ช่วง คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.00 หมายถึง มีความต้องการมาก ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.68 – 2.33 หมายถึง มีความต้องการน้อย และค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.67 หมายถึง ไม่มีความต้องการ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สภาพการปลูกทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี

เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 60.05 มีอายุเฉลี่ย 53.70 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนเฉลี่ย 9.48 ปี โดยมีรายได้จากการทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 3,058,500 บาท/ปี เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 75.06 มีช่องทางการจำหน่ายทุเรียนผ่านห้าง มีแรงงานในครัวเรือนที่ทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 3.28 คน มีแรงงานนอกครัวเรือนที่ทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 2.83 คน เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนมากร้อยละ 89.82 ไม่กู้เงินมาทำสวนทุเรียน ส่วนใหญ่ร้อยละ 87.28 ใช้เงินทุนตนเองในการทำสวนทุเรียน มีพื้นที่ปลูกทุเรียนเฉลี่ย 53.18 ไร่ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนมากร้อยละ 80.15 ปลูกทุเรียนก่อนฤดู (ผลผลิตออกสู่ตลาดระหว่าง ก.พ.-เม.ย.) ส่วนใหญ่ร้อยละ 78.12 ปลูกทุเรียนแบบยกโคก เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนร้อยละ 100 ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเป็นหลัก เกษตรกรร้อยละ 69.72 อาศัยน้ำในสระน้ำภายในสวนเป็นแหล่งน้ำใช้ในการปลูกทุเรียน และให้น้ำทุเรียนแบบสปริงเกอร์ทั้งหมด เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนทุรายใช้ปุ๋ยเคมีในสวนทุเรียน ใส่ปุ๋ยทุเรียนเฉลี่ย 4.29 ครั้ง/ปี อัตราการใส่ปุ๋ยเฉลี่ย 2.38 กิโลกรัม/ต้น โดยเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนร้อยละ 64.89 ใส่ปุ๋ยทุเรียนแบบหว่าน มีวิธีการสังเกตระยะการเก็บเกี่ยวทุเรียนแบบการนับอายุทุเรียนจากวันหลังดอกบานจนถึงวันที่ผลแก่ตามแต่ละพันธุ์ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนมากร้อยละ 74.81 ใช้สารเคมีและแรงงานคนร่วมกับเครื่องทุ่นแรงในการกำจัดวัชพืชในสวนทุเรียน มีการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 3.07 ครั้งต่อปี เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนทุรายพบมีการระบาดของโรคและแมลงศัตรูทุเรียน ซึ่งโรคและแมลงศัตรูทุเรียนที่มีการระบาดส่วนมากร้อยละ 93.38 คือ โรครากเน่าโคนเน่า เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนร้อยละ 57.25 ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูและโรคทุเรียน และเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจันทบุรีได้ผลผลิตทุเรียนเฉลี่ย 2.43 ตัน/ไร่

ความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี

ความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี แสดงผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ผลการวิจัยพบว่า

1. ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนมีความต้องการความรู้ในระดับมาก 8 ประเด็นจาก 23 ประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ 1) การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูทุเรียน 2) การลดต้นทุนการผลิต 3) การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว 4) การบำรุงรักษาต้นทุเรียน 5) ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับทุเรียน 6) ตลาดส่งออกทุเรียน 7) การใช้ปุ๋ยเคมีและการผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง และ 8) ข้อกำหนดของประเทศคู่ค้า ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Chuaysuk et al. (2022) ที่พบว่าเกษตรกรมีระดับความต้องการความรู้ระดับมาก

ในประเด็นการป้องกันกำจัดโรคและศัตรูพืช และการบำรุงดูแลรักษา แต่แตกต่างกันในเรื่องการเก็บเกี่ยวและการดูแลหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง และสอดคล้องกับ Promsila (2019) พบว่าเกษตรกรต้องการความรู้มากที่สุดในเรื่องการจัดการศัตรูพืช

2. ความต้องการเทคนิควิธีการส่งเสริมของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนมีความต้องการในระดับมาก 6 ประเด็นจาก 10 ประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ 1) ข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เช่น Website, Facebook, Line, YouTube 2) เอกสารเผยแพร่ของทางราชการ 3) สื่อสิ่งพิมพ์ที่เป็นคู่มือ 4) การทัศนศึกษาดูงานในสวนทุเรียนของเกษตรกรที่ประสบผลสำเร็จ 5) การฝึกอบรม และ 6) สื่อผ่านรายการโทรทัศน์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Promsila (2019) พบว่าเกษตรกรต้องการความรู้จากช่องทางการส่งเสริมการเรียนรู้จากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ อินเทอร์เน็ตในระดับมาก เนื่องจากเป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ง่ายและสามารถเลือกค้นหาข้อมูลได้ตามต้องการเมื่อมีความสนใจ และสอดคล้องกับ Reantong et al. (2018) พบว่าเกษตรกรต้องการเรียนรู้แบบทัศนศึกษามากที่สุด แต่แตกต่างจาก Chuaysuk et al. (2022) ที่พบว่าวิธีการส่งเสริมการผลิตทุเรียนคุณภาพตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี เกษตรกรได้รับแหล่งความรู้ที่เป็นบุคคลและแหล่งความรู้ที่เป็นมวลชน ได้แก่ อินเทอร์เน็ต เช่น Website, Facebook, YouTube, เอกสารเผยแพร่ โทรทัศน์ วิทยุกระจายเสียง และจากแหล่งความรู้เป็นกลุ่ม ได้แก่ การศึกษาดูงาน การสาธิต การฝึกอบรม และการประชุม มีความต้องการระดับปานกลาง

3. ความต้องการได้รับการสนับสนุนและบริการในการปลูกทุเรียน เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนมีความต้องการในระดับมาก 15 ประเด็นจาก 22 ประเด็น ได้แก่ 1) การถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน 2) การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียน 3) ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับทุเรียน 4) การจัดหาแหล่งปุ๋ยเคมีและสารเคมีราคาถูก 5) จัดหาอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ช่วยในการตรวจสอบความสุกแก่ของทุเรียนที่แม่นยำ 6) การให้บริการข่าวสารด้านการตลาดอย่างต่อเนื่อง 7) การฝึกอบรมเทคนิคการเพิ่มผลผลิตทุเรียน 8) การจัดหาแหล่งน้ำสำหรับบริการให้เกษตรกรชาวสวนที่ขาดแคลนในฤดูแล้ง 9) ส่งเสริม

นวัตกรรมใหม่ ๆ ในการแปรรูปทุเรียน 10) การติดต่อประสานงานกับแหล่งวิชาการต่าง ๆ 11) การผลิตทุเรียนเพื่อส่งออก 12) มีการรับรองคุณภาพผลผลิตทุเรียนก่อนส่งออก 13) การฝึกอบรมเรื่องการเป็นผู้ประกอบการธุรกิจเกษตรทุเรียน 14) การวิจัยหาทุเรียนพันธุ์ดี และ 15) การฝึกอบรมเรื่องการผลิตทุเรียนตามหลักคุณภาพมาตรฐาน GAP ตามลำดับ สอดคล้องกับ Thongrod et al. (2020) พบว่าเกษตรกรมีความต้องการรับบริการส่งเสริมการเกษตรในเรื่องการผลิตมังคุดมากที่สุด คือ การกำหนดมาตรฐานการผลิตและเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบรับรองสินค้าที่เกษตรกรสามารถทำได้เป็นที่ต้องการของตลาด โดยเฉพาะความรู้ที่ถูกต้องในการผลิตมังคุดตามมาตรฐาน GAP และสอดคล้องกับ Promsila (2019) พบว่าเกษตรกรให้ความสำคัญในการป้องกันกำจัดโรคพืช การดูแลรักษาในระยะออกดอกถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต และการผลิตตามหลักการมาตรฐาน GAP มากที่สุด (Table 1)

ปัญหาในการทำสวนทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี

ปัญหาในการทำสวนทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนมีปัญหาในระดับมาก 4 ประเด็น ได้แก่ ปุ๋ยมีราคาแพง สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูทุเรียนมีราคาแพง ค่าจ้างแรงงานในการจัดการทุเรียนมีอัตราสูง และการระบาดของโรคและแมลงศัตรูทุเรียน ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงการระบาดของโควิด-19 ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบจากมาตรการควบคุมโรคระบาดโควิด-19 ไม่ว่าจะเป็นเรื่องปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูทุเรียนมีราคาแพง ค่าจ้างแรงงานในการจัดการทุเรียนมีอัตราสูงเนื่องจากแรงงานภาคนครวัดเรือนส่วนใหญ่เป็นชาวกัมพูชาพอเกิดปัญหาการระบาดของโควิด-19 แรงงานเข้ามาทำงานในประเทศไทยไม่ได้ทำให้ค่าจ้างแรงงานมีอัตราที่สูงขึ้น ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนเปลี่ยนแปลงไปของจังหวัดจันทบุรีในปีที่ผ่านมาฝนตกชุกและทำให้น้ำท่วมจึงเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูทุเรียนที่รุนแรง สร้างปัญหาให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจึงมีปัญหาในระดับมากในประเด็นดังกล่าว ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ Chuaysuk et al. (2022) พบว่าเกษตรกรมีปัญหาในระดับปานกลางในด้านการจัดการสวนทุเรียนการป้องกันกำจัดโรค และแตกต่างจาก Promsila (2019) ที่พบว่าเกษตรกรมีปัญหาเรื่องแมลงศัตรูพืชและโรคพืชอยู่ในระดับน้อย

Table 1 Needs for extension agricultural of durian growers

n=393			
Needs	Mean	S.D.	Level of needs
Knowledge			
1. Prevention and elimination of durian diseases and pests	2.95	0.22	high
2. Production cost reductions	2.75	0.63	high
3. Post-harvest operations	2.75	0.41	high
4. Durian tree maintenance	2.65	0.48	high
5. Up-to-date information about durian	2.55	0.51	high
6. Durian Export Market	2.50	0.51	high
7. The use of chemical fertilizers and mixing of chemical fertilizers for personal use	2.40	0.68	high
8. Requirements of partner countries	2.40	0.59	high
9. Product quality assurance before export	2.30	0.57	low
10. Durian production according to GAP quality standards	2.30	0.73	low
11. Application for registration of GAP durian	2.30	0.73	low
12. Being an entrepreneur of a durian agribusiness	2.25	0.71	low

Table 1 Needs for extension agricultural of durian growers (cont.)

Needs	n=393		
	Mean	S.D.	Level of needs
13. Fertilizer production for use from local materials	2.20	0.61	low
14. Markets and distribution channels	2.15	0.48	low
15. The use of biologics instead of chemicals	2.15	0.48	low
16. Irrigation techniques	2.10	0.85	low
17. Choosing a good durian seedling	2.10	0.71	low
18. Agriculturist' grouping	2.10	0.71	low
19. Organized a training course on durian cutting techniques	2.00	0.79	low
20. The appropriate harvesting period is correct according to the species	1.90	0.55	low
21. Techniques for preparing durian plots	1.90	0.78	low
22. Credit funding source	1.85	0.48	low
23. Production of organic durian	1.85	0.67	low
Methods for transferring technology			
1. News information via social media such as Website, Facebook, Line and YouTube etc.	2.75	0.44	high
2. government publications	2.55	0.51	high
3. Manual publications	2.55	0.51	high
4. Successful field trips in durian gardens	2.50	0.68	high
5. Training	2.35	0.74	high
6. TV media	2.35	0.48	high
7. Visit an agriculturist's house and a durian garden	2.10	0.71	low
8. An exhibition	1.95	0.75	low
9. Durian contest	1.80	0.61	low
10. Newspapers	1.80	0.61	low
Services and supports			
1. Transfer of new technologies related to durian cultivation	2.90	0.30	high
2. Coordinating with relevant agencies in the prevention and eradication of durian insect pests	2.90	0.30	high
3. Up-to-date information about durian	2.80	0.41	high
4. Sourcing cheap chemical fertilizers and chemicals	2.80	0.41	high
5. Providing equipment or technology to help accurately determine durian maturity	2.80	0.41	high
6. Continuous marketing news service	2.80	0.41	high
7. Training on durian yield enhancement techniques	2.75	0.44	high
8. Provision of water sources to serve needy agriculturists during the dry season.	2.75	0.44	high
9. Promote new innovations in durian processing	2.70	0.57	high
10. Coordination with various academic sources	2.70	0.57	high
11. Production of durian for export	2.60	0.59	high
12. Durian product quality is certified before export.	2.60	0.59	high
13. Training on durian agribusiness entrepreneurship	2.55	0.60	high
14. Research for good breed durian	2.45	0.79	high
15. Training on durian production according to GAP standard quality principles	2.35	0.74	high
16. Coordinating with financial institutions to provide credit services	2.30	0.86	low
17. Finding a source of low interest loans	2.25	0.91	low
18. Application for registration of GAP durian	2.25	0.85	low
19. Contacting the source of good durian seedlings	2.20	0.76	low
20. Training on durian irrigation system	2.20	0.61	low
21. Durian gardening in the form of agro-tourism	2.15	0.81	low
22. Establishment of an agriculturist's group	2.05	0.88	low

ความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรีที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการในการปลูกทุเรียนของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี (Table 2) จำแนกตามประสบการณ์ในการปลูกทุเรียน โดยแบ่งเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนไม่เกิน 3 ปี 3-6 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 15 ปี โดยใช้สถิติ F-test พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนที่แตกต่างกัน มีความต้องการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 จำนวน 5 ประเด็น คือ (1) ความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการในเรื่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน

(2) การจัดหาแหล่งปุ๋ยเคมีและสารเคมีราคาถูก (3) การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียน (4) การฝึกอบรมเทคนิคการเพิ่มผลผลิตทุเรียน (5) จัดหาอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ช่วยในการตรวจสอบความสุกแก่ของทุเรียนที่แม่นยำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 3 ประเด็น คือ (1) การฝึกอบรมเรื่องการผลิตทุเรียนตามหลักคุณภาพมาตรฐาน GAP (2) การขอขึ้นทะเบียนทุเรียน GAP (3) ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับทุเรียน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 2 ประเด็น คือ (1) การผลิตทุเรียนเพื่อส่งออก (2) การให้บริการข่าวสารด้านการตลาดอย่างต่อเนื่อง เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าคะแนนเฉลี่ยความต้องการในแต่ละ

ประเด็นข้างต้นด้วยวิธี Scheffe' test พบว่า กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนน้อยกว่ามีความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการแตกต่างจากกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนมานานกว่าใน 4 ประเด็น โดยกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนน้อยกว่ามีความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการมากกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนมานานกว่า และเกษตรกรชาวสวนกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนระหว่าง 3 – 10 ปี มีความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการในการปลูกทุเรียนมากกว่ากลุ่มอื่นใน 6 ประเด็น ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนมากกว่าได้เจอและประสบกับปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ มากในการทำสวนทุเรียนจึงมีความสนใจความรู้ใหม่ ๆ องค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตทุเรียนเรื่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับทุเรียน การให้บริการข่าวสารด้านการตลาดอย่างต่อเนื่อง การจัดหาแหล่งปุ๋ยเคมีและสารเคมีราดถูก การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียน การผลิตทุเรียนเพื่อส่งออก การฝึกอบรมเทคนิคการเพิ่มผลผลิตทุเรียน การฝึกอบรมเรื่องการผลิตทุเรียนตามหลักคุณภาพมาตรฐาน GAP การขอขึ้นทะเบียนทุเรียน GAP และจัดหาอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ช่วยในการตรวจสอบความสุกแก่ของทุเรียนที่แม่นยำ จึงทำให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรีมีความต้องการการส่งเสริมการเกษตรในการปลูกทุเรียนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในจังหวัด เช่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี สมาคมผู้ผลิตทุเรียนไทย

และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นหน้าที่ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรผู้ถ่ายทอดความรู้ เทคโนโลยีวิทยาการต่าง ๆ ให้กับเกษตรกรที่ต้องเข้าไปส่งเสริมให้บริการด้านการเกษตรในการปลูกทุเรียนในประเด็นที่เกษตรกรต้องการ เมื่อเกษตรกรได้รับองค์ความรู้สามารถพัฒนาสภาพการปลูกทุเรียนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพผลผลิตทุเรียนให้สูงขึ้น สามารถปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และได้รับการรับรองมาตรฐานตามที่กำหนด มีการปรับตัวให้ทันกับสถานการณ์ปัจจุบัน และยกระดับมาตรฐานการผลิตทุเรียนส่งออกให้มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของตลาดได้มากขึ้น อีกทั้งสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีและสารเคมีการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียนลงได้ ช่วยให้เกษตรกรจำหน่ายผลผลิตได้สูงกว่าต้นทุนการผลิต และมีเสถียรภาพด้านราคาตลอดฤดูกาล จะทำให้เกษตรกรเกิดความยั่งยืนในอาชีพชาวสวนทุเรียนในอนาคตและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Promsila (2019) ที่พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตทุเรียนในระดับมากที่สุด ได้แก่ การป้องกันกำจัดโรคพืช การดูแลรักษาในระยะออกดอกถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยว และการผลิตทุเรียนตามมาตรฐาน GAP อีกทั้งเกษตรกรมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตทุเรียนคุณภาพและการจัดการแมลงศัตรูพืชและโรคพืชระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาการผลิตทุเรียนศรีสะเกษเพื่อการส่งออกไปยังประเทศจีนของ Promthep (2015) พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตตามมาตรฐาน GAP แสดงว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับมาตรฐาน GAP

Table 2 Needs for services and supports of durian growers with different period of experience

n=393									
Services and supports	Period of experience								F value
	≤ 3 year (n=9)		3-6 year (n=69)		7-10 year (n=118)		> 11 year (n=197)		
	S.D.		S.D.		S.D.		S.D.		
1. Contacting the source of good durian seedlings	2.87	0.39	2.87	0.37	2.90	0.30	2.86	0.34	0.198
2. Research for good breed durian	2.25	0.50	2.22	0.57	2.27	0.55	2.22	0.56	0.204
3. Establishment of an agriculturist's group	2.87	0.37	2.90	0.33	2.92	1.89	2.34	0.136	0.198
4. Transfer of new technologies related to durian cultivation	2.42 ^{ab}	0.65	2.61 ^a	0.63	2.74 ^a	0.54	2.22 ^b	0.68	18.213 ^{***}
5. Production of durian for export	2.76 ^b	0.47	2.91 ^a	0.28	2.86 ^a	0.36	2.76 ^b	0.45	3.528 [*]
6. Durian product quality is certified before export	2.85	0.40	2.88	0.41	2.88	0.36	2.77	0.46	1.287
7. Finding a source of low interest loans	2.65	0.64	2.68	0.61	2.62	0.64	2.69	0.57	0.239
8. Coordinating with financial institutions to provide credit services	2.89	0.37	2.90	0.33	2.92	0.27	2.89	0.34	0.136
9. Provision of water sources to serve needy agriculturists during the dry season	2.87	0.42	2.81	0.53	2.84	0.42	2.74	0.53	1.703
10. Continuous marketing news service	2.74 ^a	0.48	2.70 ^{ab}	0.57	2.55 ^b	0.62	2.61 ^{ab}	0.57	3.018 [*]
11. Sourcing cheap chemical fertilizers and chemicals	2.69 ^{ab}	0.57	2.45 ^b	0.62	2.76 ^a	0.53	2.16 ^c	0.68	24.990 ^{***}
12. Coordination with various academic sources	2.76	0.51	2.69	0.59	2.71	0.58	2.67	0.59	0.708
13. Coordinating with relevant agencies in the prevention and eradication of durian insect pests	1.72 ^{bc}	0.64	2.34 ^a	0.62	2.10 ^b	0.63	1.92 ^b	0.71	23.286 ^{***}
14. Training on durian irrigation system	2.83	0.43	2.86	0.43	2.79	0.48	2.71	0.50	2.054
15. Training on durian yield enhancement techniques	2.44 ^a	0.64	2.24 ^a	0.64	2.22 ^a	0.64	2.06 ^b	0.50	9.083 ^{***}

n=393

Table 2 Needs for services and supports of durian growers with different period of experience (cont.)

n=393									
Services and supports	Period of experience								F value
	≤ 3 year (n=9)		3-6 year (n=69)		7-10 year (n=118)		> 11 year (n=197)		
	S.D.		S.D.		S.D.		S.D.		
16. Training on durian production according to GAP standard quality principles	2.82 ^a	0.43	2.87 ^a	0.37	2.63 ^b	0.57	2.71 ^b	0.52	5.152 ^{**}
17. Application for registration of GAP durian	2.51 ^a	0.64	2.26 ^b	0.63	2.32 ^{ab}	0.63	2.28 ^b	0.57	5.272 ^{**}
18. Providing equipment or technology to help accurately determine durian maturity	2.24 ^b	0.69	2.19 ^b	0.68	0.198 ^b	0.60	2.50 ^a	0.67	14.436 ^{***}
19. Promote new innovations in durian processing	2.33	0.55	2.33	0.58	2.20	0.62	2.29	0.54	1.238
20. Up-to-date information about durian	2.44 ^{ab}	0.52	2.56 ^a	0.56	2.36 ^b	0.53	2.54 ^a	0.54	4.328 ^{**}
21 Durian gardening in the form of agro-tourism	2.22	0.56	2.26	0.61	2.08	0.66	2.22	0.56	1.593
22. Training on durian agribusiness entrepreneurship	2.42	0.74	2.51	0.70	2.52	0.69	2.61	0.60	1.621

^{1/} Means followed by the same letter in the same row were not significantly different, ^{*}significant at $p < 0.05$, ^{**}significant at $p < 0.01$, ^{***}significant at $p < 0.001$.

สรุปผลการวิจัย

ความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 53.70 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนเฉลี่ย 9.48 ปี มีรายได้จากการทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 3,058,500 บาท/ปี มีแรงงานในครัวเรือนที่ทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 3.28 คน มีแรงงานนอกครัวเรือนที่ทำสวนทุเรียนเฉลี่ย 2.83 คน เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนส่วนมากไม่กู้เงินมาทำสวนทุเรียน และแหล่งเงินทุนในการทำสวนทุเรียนเกษตรกรใช้เงินทุนตนเองในการทำสวนทุเรียน ความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรในด้านความต้องการความรู้ พบว่าเรื่องการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูทุเรียนเกษตรกรมีความต้องการมากที่สุด ด้านวิธีการส่งเสริม พบว่าเกษตรกรมีความต้องการข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เช่น Website, Facebook, Line, YouTube มากที่สุด และด้านความต้องการได้รับการสนับสนุนและบริการ พบว่าเกษตรกรมีความต้องการมากที่สุด คือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูทุเรียน ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับทุเรียน และการจัดหาแหล่งปุ๋ยเคมีและสารเคมีราดากู ซึ่งกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนน้อยกว่ามี

ความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการมากกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุเรียนมานานกว่า และเกษตรกรกลุ่มที่มีประสบการณ์การปลูกทุเรียนระหว่าง 3 – 10 ปี มีความต้องการสิ่งสนับสนุนและบริการในการปลูกทุเรียนมากกว่ากลุ่มอื่นในบางประเด็น จากการศึกษาผู้วิจัยได้แนวทางการส่งเสริมการเกษตรสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการปลูกทุเรียน ไม่ว่าจะเป็นสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และสำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี เป็นต้น จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับปัญหาและความต้องการของเกษตรกรส่งเสริมปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกทุเรียน เช่น อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการตรวจความสุกแก่ของทุเรียนและยกระดับเน้นการผลิตทุเรียนคุณภาพให้ได้มาตรฐาน เนื่องจากปัญหาทุเรียนอ่อนยังเป็นประเด็นจากผู้นำเข้าทุเรียนไทยโดยเฉพาะในช่วงที่ทุเรียนในตลาดมีราคาสูง มีการวางแผนการผลิต การแปรรูป และการขยายตลาดไปยังประเทศอื่น ๆ ให้ข้อมูลสถานการณ์การพัฒนาอุตสาหกรรมทุเรียน แนวโน้มตลาดทุเรียน ตลอดจนฝึกอบรมทางเทคนิคต่าง ๆ แก่เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนเพื่อวางแผนการผลิตทุเรียนของไทย หลีกเลี่ยงปัญหาผลผลิตมากกว่าความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต สร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพมาตรฐานทุเรียนของคนไทย สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทุเรียนและรองรับการแข่งขันของตลาดทุเรียนในอนาคต

References

- Chanthaburi Provincial Office. (2021). *Chanthaburi Province development plan*. Accessed December 22, 2022. Retrieved from https://www.chanthaburi.go.th/files/com_news_devpro/2021-10_3d35f8fe821076f.pdf (in Thai)
- Chuaysuk, S., Seerasarn, N., & Keowan, B. (2022). Extension of durian production according to good agriculture practices for farmers in Khao Kai Sub-district, Sawi district, Chumphon Province. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 7(8), 334–352. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. (2021a). *Situation of important agricultural products and trends in 2022*. Accessed February 24, 2022. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/trendstat2565-Final-Download.pdf> (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. (2021b). *Office of Agricultural Economics Durian agricultural products*. Accessed December 22, 2022. Retrieved from <https://mis-app.oae.go.th/product/%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99>. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. (2021c). *Agricultural economic information by product for the year 2021*. Accessed December 22, 2022. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/commodity2564.pdf> (in Thai)
- Promsila, C. (2019). *Extension needs of durian production for farmers in Chumphon Province*. (Master's thesis). Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Promthep, P. (2015). *Study on the development of Sisaket durian production for export to China*. Accessed December 12, 2022. Retrieved from <https://image.mfa.go.th/mfa/0/yZ0EO327fd/nbt/nbt7/IS/7037.pdf> (in Thai)
- Reantong, W., Toomhirun, C., & Khlibtong, J. (2018). Extension guidelines for durian production by farmers in Tha Sae district, Chumphon Province. *Proceedings of the 8th STOU national research conference* (pp.483–496). Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Thongrod, K., Tongdeelert, P., & Sriboonruang, P. (2020). Needs for agricultural extension services of large agricultural land plot mangosteen growers in Langsuan district, Chumphon Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38(4), 555–562. (in Thai)

Research article

Needs for agricultural extension of durian growers in Chanthaburi Province

Patchara Bamrung* and Krisada Charroenmoon

Agricultural technology program, faculty of Agro-industrial technology, Rajamangala university of technology tawan-ok Chanthaburi campus, Khao Khitchakut district, Chanthaburi Province 22210

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 30 March 2023

Revised: 14 May 2023

Accepted: 22 May 2023

Online published: 31 May 2023

Keyword

Need

Agricultural extension

Durian growers

Chanthaburi Province areas

ABSTRACT

This research aims to explore the agricultural extension requirements of durian growers in Chanthaburi Province and compare the demand for agricultural extension among durian growers with varying levels of experience in durian cultivation. The study sample consisted of 393 durian growers registered with the district agricultural office in Chanthaburi Province. Data was collected through questionnaires and analyzed using various statistical measures such as SPSS, frequency distribution, percentage, mean, minimum, maximum, standard deviation, as well as t-tests and F-tests to identify group differences. Additionally, Scheffe's test was employed for further calculations. The findings indicate that durian growers express a high demand for increased knowledge in disease and pest prevention and control, as well as cost reduction in production. Agricultural extension officers' communication techniques and methods are particularly sought after through social media platforms and government documents. Durian growers also desire extensive support and service, including the transfer of new technologies like accurate durian maturity detection tools and collaboration with relevant agencies to combat durian pests. Moreover, the comparative analysis of agricultural extension needs among durian growers in Chanthaburi Province, considering their diverse cultivation experiences, reveals statistically significant differences in certain areas of demand.

*Corresponding author

E-mail address: patchara_ba@rmutto.ac.th (P. Bamrung)

Online print: 31 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.10>

นลินี คงสุบรรณ^{1*} ศิริพร กิรติการกุล² วันนสา วิโรจนารมย์³ จงกล พรมยะ⁴ และ สุธสธิตต์ พิธิษฐ์สัชญา⁵

⁵นักวิจัยอิสระ 1/1 ถนนอินทวโรธ ซอย 1 อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50100

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history	การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพการเลี้ยง ต้นทุนและผลตอบแทน ตลอดจนศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน โดยการผสมผสานวิธีวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิโดยใช้แบบสอบถามจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมือง 76 ราย และการประชุมกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 11 ราย พบว่า กลุ่มเกษตรกรมีฝูงโค 935 ตัว เลี้ยงโคแบบปล่อยในป่าช่วงฤดูฝน หลังจากนั้นจะต้อนโคมาเลี้ยงในหมู่บ้าน ซึ่งต้องเสริมการจัดการอาหารและสุขภาพโค ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงลูกโคพื้นเมือง ระยะเวลาการผลิต 1 ปี พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนรวม และรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด เท่ากับ 5,881.19 และ 2,718.98 บาท/ตัว/รอบการผลิต ตามลำดับ ส่วนการเลี้ยงโคพื้นเมือง ระยะเวลาการผลิต 2.5 ปี เท่ากับ 17,370.37 และ 8,159.85 บาท/ตัว/รอบการผลิต ตามลำดับ สะท้อนว่าทั้งสองกรณีมีศักยภาพด้านการเงิน นอกจากนี้ยังมีศักยภาพด้านการผลิตอันเกิดจากเกษตรกรมีประสบการณ์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และโคแม่พันธุ์จำนวนมาก รวมทั้งการมีทรัพยากรที่ชขาดร ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ และความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกที่เพิ่มขึ้น จะช่วยขยายโอกาสทั้งทางด้านการผลิตและการตลาดให้แก่เกษตรกร แต่ทั้งนี้เกษตรกรยังขาดเทคโนโลยีและการรวมกลุ่ม รวมทั้งต้นทุนค่าขนส่งสูง และต้องเผชิญกับความท้าทายจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณอาหารธรรมชาติลดลงเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง รวมทั้งผลกระทบจากข้อตกลงการค้าเสรีระหว่างประเทศไทยกับออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์
รับ: 28 มีนาคม 2566	
แก้ไข: 10 พฤษภาคม 2566	
ตอบรับการตีพิมพ์: 28 พฤษภาคม 2566	
ตีพิมพ์ออนไลน์: 7 มิถุนายน 2566	
คำสำคัญ	
โคพื้นเมือง	
ศักยภาพ	
โอกาส	
ต้นทุนและผลตอบแทน	
พื้นที่สูง	

จังหวัดน่าน เป็นหนึ่งในจังหวัดบนพื้นที่สูงตามพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) พ.ศ.2548 (Highland Research and Development Institute (Public Organization), 2019) ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการเกษตร ซึ่งโคนี้นับเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง โดยในปี 2562 มีมูลค่าผลผลิตสูงถึง 435.54 ล้านบาท (Nan Provincial Agriculture and Cooperatives Office, Office of The Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2020) มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนี้อ 7,685 ครัวเรือน และมีประชากรโคนี้อ 48,026 ตัว ซึ่งมากเป็นอันดับ 4 ของภาคเหนือตอนบน โดยกว่าร้อยละ 69 ของประชากรโคนี้อเป็นโคพันธุ์พื้นเมือง (Information and Communication Technology Center, Department of Livestock Development, 2019) เนื่องจาก การเลี้ยงโคนี้อพื้นเมืองเป็นวิถีชีวิตของครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูงใน

จังหวัดน่าน นอกจากน้การเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่านยังมีความได้เปรียบจากการมีทรัพยากรอาหารตามธรรมชาติ มีแหล่งพืชอาหารสัตว์ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น และมีเศษวัสดุเหลือทางการเกษตรในท้องถื่น เช่น ฟางข้าว เป็นต้น ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง นับว่าเป็นทางเลือกในการสร้างอาชีพบนฐานทรัพยากรของชุมชน รวมทั้งนโยบายและการสนับสนุนของหน่วยงานภาครัฐ โดยสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดน่านได้สนับสนุนอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อแก่ครัวเรือนเกษตรกรผ่านโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการประชารัฐ-สานพลังน่าน พัฒนาอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อ (ภายใต้โครงการธนาคารโค - กระบือเพื่อเกษตรกร ตามพระราชดำริ) เป็นต้น

ด้านการตลาดเนื้อโคพื้นเมือง แม้ว่าจะถูกจำแนกเป็นตลาดระดับล่าง แต่มีมูลค่าสูงถึงร้อยละ 59 ของปริมาณการบริโภคเนื้อโคทั้งประเทศ หรือ 740,000 ตัว/ปี (Kiratikrunkul, 2020) นับว่าเป็นฐานการบริโภคเนื้อโคของประเทศ นอกจากนี้ยังมีโอกาสในการขยายตลาดเนื่องจากคุณภาพของเนื้อมีจุดแข็งหลายด้าน ได้แก่ การเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงาน มีกรดอะมิโน กรดไขมัน และแร่ธาตุที่จำเป็น

Online print: 7 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.11>

ได้แก่ ธาตุเหล็ก ธาตุซิลิเนียม ธาตุสังกะสี และอุดมไปด้วยวิตามิน B C และ E และเหมาะในการนำไปประกอบอาหารไทยเกือบทุกชนิด ซึ่งสอดคล้องกับวัฒนธรรมการบริโภคอาหารของชุมชนท้องถิ่น รวมทั้งผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้และกลุ่มอิมัลชัน เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอก รมควัน ฯลฯ เป็นอย่างมาก เนื่องจากโปรตีนในเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ (Sethakul, 2009) นอกจากนี้จังหวัดน่านมีชายแดนติดประเทศเพื่อนบ้านที่เอื้ออำนวยต่อการส่งออก และมีความพร้อมในการเป็นจุดรวบรวมกระจายโคเนื้อไปยังประเทศเพื่อนบ้าน โดยเฉพาะประเทศจีนที่มีความต้องการบริโภคโคเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงนับเป็นโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองในจังหวัดน่าน

แม้ว่าการเลี้ยงโคพื้นเมืองในจังหวัดน่านมีความได้เปรียบประกอบกับโอกาสทางการตลาดขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรต้องเผชิญกับปัญหาด้านการผลิตจากการที่อาหารธรรมชาติไม่เพียงพอ (Prapatigul et al., 2021) และการจัดการสุขศาสตร์สัตว์ อีกทั้งปัญหาด้านการตลาดที่มีถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง (Kuha, 2010) และแม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการวิจัยเกี่ยวกับการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่านมาบ้างแล้ว แต่ยังไม่พบข้อมูลที่แน่ชัดของการวิจัยทางด้านศักยภาพของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน ซึ่งศักยภาพการผลิตนั้นสามารถพิจารณาได้จากกรณีศึกษาและผลตอบแทนการผลิต รวมทั้งการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) ที่มีผลกระทบต่อการผลิต (Sangsai & Pongchompu, 2012) เช่นเดียวกับการวิจัยศักยภาพและโอกาสการผลิตโคเนื้อของประเทศไทย (Angkuraseranee et al., 2017) และการประเมินปัญหาและโอกาสการผลิตโคเนื้อคุณภาพในจังหวัดแพร่ (Saengwong et al., 2020) ด้วยวิธีการ SWOT Analysis เช่นเดียวกัน นอกจากนี้การวิจัยด้านศักยภาพการผลิตสินค้าเกษตรชนิดอื่น เช่น ไข่ไก่หลัก ยังพิจารณาจากต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตไข่ไก่หลัก (Chankong & Chuaychu-noo, 2021) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพการเลี้ยงต้นทุนและผลตอบแทน ตลอดจนศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูง นอกจากนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถขยายผลในพื้นที่ที่มีบริบทคล้ายคลึงกันเพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดโคพื้นเมืองในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรในการวิจัย

ประชากรในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน ที่อยู่ภายใต้กิจกรรมการส่งเสริมของสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดน่าน จำนวน 4 กลุ่ม (4 ชุมชน) ได้แก่ 1) หมู่บ้านกวน้ำ ตำบลหนองแดง อำเภอแม่จริม 29 ราย 2) หมู่บ้านหนองแดง ตำบลหนองแดง อำเภอแม่จริม 10 ราย 3) หมู่บ้านน้ำปุ่น ตำบลน้ำพาง อำเภอแม่จริม 23 ราย และ 4) หมู่บ้านปางช้าง ตำบลพงษ์ อำเภอสันติสุข 31 ราย รวมทั้งสิ้น 93 ราย จึงเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรทั้งหมด แต่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ 76 ราย

ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล

1. **ข้อมูลปฐมภูมิ** ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ ดังนี้ 1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ประกอบด้วย คำถามปลายเปิด และคำถามปลายปิด แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร 2) สภาพการเลี้ยงโคพื้นเมือง 3) ปัจจัยการผลิตและต้นทุนการเลี้ยงโคพื้นเมือง และ 4) ผลผลิตและรายรับจากการเลี้ยงโคพื้นเมือง โดยดำเนินการในระหว่างเดือนมีนาคม 2564 – เดือนมกราคม 2565

1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการประชุมกลุ่ม (Focused group) เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดน่าน ผู้นำเกษตรกร นักวิชาการ และทีมงานวิจัย จำนวน 11 ราย

2. **ข้อมูลทุติยภูมิ** เป็นข้อมูลเชิงสถิติ งานวิจัย เอกสารทางวิชาการ ต่าง ๆ ที่ได้มีการเผยแพร่ไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อเก็บรวบรวม และตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. **การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive analysis)** ประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด แล้วบรรยายให้เห็นถึงข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ตลอดจนข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน

2. **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis)** ได้แก่ การวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลตอบแทน (Costs and returns structure) ของการเลี้ยงโคพื้นเมือง และโคพื้นเมือง ซึ่งวิเคราะห์ทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด (Sirijinda, 2015) ดังนี้

2.1 ต้นทุนทั้งหมด เป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดจากการใช้ปัจจัยการผลิตในการเลี้ยงโคพื้นเมือง รวมทั้งที่เกษตรกรจ่ายออกไปเป็นเงินสดหรือไม่เป็นเงินสดก็ตาม แบ่งเป็น 1) ต้นทุนคงที่ทั้งหมด ได้แก่ ค่าเสื่อมโรงเรือน รั้ว และอุปกรณ์ ค่าเสื่อมโคพ่อแม่พันธุ์ ค่าเสียโอกาสการใช้ที่ดิน และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน และ 2) ต้นทุนผันแปรทั้งหมด ได้แก่ ค่าอาหารหยาบ ค่าอาหารข้น ค่าแรงงาน ค่าเวชภัณฑ์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและสาธารณูปโภค ค่าอาหารเสริม ค่าซ่อมแซม และค่าเสียโอกาสเงินลงทุนระยะสั้น โดยที่

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนคงที่ทั้งหมด + ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (1)

ต้นทุนคงที่ทั้งหมด = ต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสด + ต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นเงินสด (2)

ต้นทุนผันแปรทั้งหมด = ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสด + ต้นทุนผันแปรที่ไม่เป็นเงินสด (3)

2.2 ผลตอบแทน แสดงได้ในรูปของ 1) รายได้ทั้งหมด หมายถึง รายได้ทั้งหมดที่เกษตรกรได้รับจากการเลี้ยงโคพื้นเมือง 2) รายได้เหนือต้นทุนเงินสด หมายถึง รายได้ทั้งหมดลบด้วยต้นทุนทั้งหมดเฉพาะที่เป็นเงินสด และ 3) รายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด หมายถึง รายได้ทั้งหมดลบด้วยต้นทุนทั้งหมดทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด โดยที่

$$\text{รายได้ทั้งหมด} = \text{จำนวนผลผลิต} \times \text{ราคาผลผลิต} \quad (4)$$

$$\text{รายได้เหนือต้นทุนเงินสด} = \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนทั้งหมดที่เป็นเงินสด} \quad (5)$$

$$\text{รายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด} = \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนทั้งหมด} \quad (6)$$

3. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) เป็นการนำข้อมูลปฐมภูมิด้านสถานการณ์การเลี้ยง การตลาด และปัญหา ที่ได้เก็บรวบรวมจากการประชุมกลุ่ม มาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการ SWOT Analysis แล้วสรุปประเด็นด้านจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป สภาพการเลี้ยง และการจัดการโคพื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน

ข้อมูลทั่วไป พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 84.21 มีอายุระหว่าง 20 - 85 ปี แต่เฉลี่ยแล้ว 47.96 ปี แม้อายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงวัยกลางคน แต่มีคนรุ่นใหม่ให้ความสนใจอาชีพการเลี้ยงโคพื้นเมืองสำหรับผู้ให้ข้อมูลระดับการศึกษา ร้อยละ 28.95 สำเร็จการศึกษาชั้นประถม มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 7.23 คน/ครัวเรือน เป็นสมาชิกที่เลี้ยงโคเนื้อเฉลี่ย 2.87 คน/ครัวเรือน มีประสบการณ์การเลี้ยงโคเฉลี่ย 13.69 ปี ใกล้เคียงกับประสบการณ์ของเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และลำพูน (Verarux et al., 2016; Duangsingtham et al., 2021) เนื่องจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองเป็นวิถีชีวิตของครัวเรือนเกษตรกร และเป็นอาชีพที่สืบทอดจากบรรพบุรุษ โดยจำนวนโคที่เริ่มต้นเลี้ยงครั้งแรกเฉลี่ย 2.83 ตัว/ครัวเรือน และยังประกอบอาชีพทางการเกษตรอื่นร่วมด้วย ได้แก่ การปลูกพืช (เช่น ชิง ข้าว และข้าวโพด เป็นต้น) ร้อยละ 96.05 การเลี้ยงปศุสัตว์อื่น (เช่น ไก่พื้นเมือง กระจับปี่ และแพะ เป็นต้น) ร้อยละ 27.63 เช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน (Verarux et al., 2016) นอกจากนี้ยังประกอบอาชีพนอกภาคการเกษตร ได้แก่ รับจ้าง และค้าขาย ร้อยละ 27.63 เท่ากัน (Table 1)

ส่วนขนาดฝูงโคมีทั้งสิ้น 935 ตัว เฉลี่ย 12.30 ตัว/ครัวเรือน จะเห็นว่าการเลี้ยงโคพื้นเมืองมีการขยายขนาดการเลี้ยงจากจุดเริ่มต้นที่เลี้ยงประมาณ 3 ตัว/ครัวเรือน ส่วนใหญ่เลี้ยงโคพันธุ์พื้นเมือง (ร้อยละ 91.66 ของโคทั้งหมด) เนื่องจากเหมาะสมกับสภาพภูมินิเวศของพื้นที่สูง และสามารถเลี้ยงร่วมกับป่าได้ รองลงมา ได้แก่ โคลูกผสมบราห์มัน (ร้อยละ 6.20) ส่วนการเลี้ยงโคพันธุ์อื่น ได้แก่ โคลูกผสมบีมาสเตอร์ ชาร์โรเลส์ และแองกัส มีเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 2.14) โดยเลี้ยงโคแม่พันธุ์มากที่สุด (ร้อยละ 44.81) (Table 2) ซึ่งเป็นฝูงโคต้นน้ำที่สะท้อนว่าเกษตรกรมีฐานการผลิตโคของตนเอง เพื่อให้เกิดความยั่งยืนของระบบการผลิต สอดคล้องกับเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่คำนึงถึงความยั่งยืนของระบบการผลิตเช่นเดียวกัน (Verarux et al., 2016)

ด้านสภาพการเลี้ยงโคพื้นเมือง พบ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) การเลี้ยงแบบขังคอก พบเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 6.58) ในบ้านน้ำปูน และบ้านหนองแดง ซึ่งเป็นชุมชนที่มีความเป็นเมืองมากขึ้น มีข้อจำกัดด้านความสมบูรณ์ของป่า จึงเลี้ยงโคแบบขังคอกตลอดทั้งปี 2) การเลี้ยงโคแบบปล่อยหาอาหารตามธรรมชาติกินเองในป่าตลอดทั้งปี พบได้ในชุมชนที่เป็นชนเผ่าม้ง ได้แก่ บ้านก๊วน้ำ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ครัวเรือนเกษตรกรมีรายได้หลักจากการเลี้ยงโคเนื้อและมีความเชื่อตามทัศนคติว่า การเลี้ยงโคเนื้อเป็นสัตว์ที่เกื้อกูล และพึ่งพากันระหว่างป่ากับวิถีชีวิต ชุมชนจึงให้ความสำคัญกับการดูแลและมีส่วนร่วมในการจัดการป่าชุมชน (ร้อยละ 32.89) และ 3) การเลี้ยงโคแบบปล่อยหาอาหารตามธรรมชาติกินเองในป่าในช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม - พฤศจิกายน) หลังจากนั้นจะต้อนโคกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน เนื่องด้วยข้อจำกัดของพื้นที่และความสมบูรณ์ของอาหารที่ในฤดูแล้งอาหารตามธรรมชาติไม่เพียงพอ จึงต้อนโคกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน (เดือนธันวาคม - เดือนมิถุนายน) เป็นลักษณะที่พบมากที่สุด (ร้อยละ 56.58) ซึ่งช่วงที่โคอยู่ในป่า เกษตรกรจะเข้าป่าไปดูแลโคเฉลี่ย 1 ครั้ง/สัปดาห์ สามารถพบได้ทั่วไปในจังหวัดน่าน และจังหวัดอื่นที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน เช่น จังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน และพิษณุโลก เป็นต้น (Kuha, 2010; Prapatigul et al., 2021; Duangsingtham et al., 2021; Verarux et al., 2016; Yooyen et al., 2019; Rewthongchai et al., 2005) ที่การเลี้ยงโคเนื้อแบบปล่อยป่า ถือเป็นวัฒนธรรมการเลี้ยงสัตว์ของชนเผ่าบนพื้นที่สูง และยังเป็นหนึ่งในรูปแบบการเลี้ยงโคที่เหมาะสมกับพื้นที่สูงในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเช่นกัน (Duangtong et al., 2010) นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในจังหวัดชัยภูมิ เนื่องจากอาหารสำหรับเลี้ยงโคไม่เพียงพอ เกษตรกรไม่มีพื้นที่เลี้ยงโคง่ายต่อการจัดการเลี้ยง และต้นทุนในการเลี้ยงสูง (Srichaiwong & Kroeksakul, 2019) โดยระหว่างที่เกษตรกรต้อนโคกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้านนั้น ได้มีการจัดการอาหารสัตว์ โดยการเสริมอาหารชั้นเล็กน้อยให้แก่โครุ่นหรือโคเต็มวัย (ร้อยละ 11.84) รวมทั้งมีการจัดการอาหารหยาบ เพื่อเสริมอาหารตามธรรมชาติและวัสดุเหลือทางการเกษตรจากไร่มา โดยจัดเตรียมแปลงหญ้าพืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้าเนเปียร์ รุขี้ กินีส้มม่วง หญ้าหวาน เป็นต้น (ร้อยละ 43.42) เช่นเดียวกับการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดแม่ฮ่องสอน (Verarux et al., 2016) นอกจากนี้ยังให้อาหารเสริม ได้แก่ เกลือ โดยเกษตรกรจะนำไปให้โคของตนเองกินในช่วงที่โคอยู่ในป่า ซึ่งนอกจากจะเป็นการเสริมธาตุอาหารให้แก่โคแล้ว ยังเป็นการฝึกให้โครู้จักเจ้าของ เพื่อจะได้เข้าใกล้โค และสามารถจับโคได้ (Verarux et al., 2016; Kuha, 2010) และยังให้แร่ธาตุก้อน ในช่วงที่ต้อนโคกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน (ร้อยละ 61.84) ส่วนการจัดการด้านสุขศาสตร์สัตว์ เกษตรกรจัดทำวัคซีนและถ่ายพยาธิโคอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง (ร้อยละ 51.32) เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และการเจริญเติบโตแก่โค และลดปัญหาการแพร่ระบาดของโค (Table 3) แตกต่างจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่แม้จะมีการดูแลสุขภาพโดยทั่วไปของโค แต่ไม่ได้ทำโปรแกรมวัคซีน และกำจัดพยาธิทั้งภายในและภายนอก (Verarux et al., 2016)

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน

จากการที่เกษตรกรให้ความสำคัญในการเลี้ยงโคแม่พันธุ์เพื่อเป็นฐานการผลิต โคจะผสมพันธุ์กันเองในฝูงตามธรรมชาติ เมื่อแม่โคผสมติดและคลอดลูกโค หากเป็นเพศเมียจะเลี้ยงไว้เพื่อเป็นโคสาวทดแทนโคแม่พันธุ์ที่อายุมากหรือมีอัตราการผสมติดต่ำ ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ฝูงโค แต่หากเป็นเพศผู้ เกษตรกรจะเลี้ยงโคจนอายุประมาณ 2 - 3 ปี (โคเขียว 2) โดยมีเป้าหมายเพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้รวบรวมเพื่อจำหน่ายในตลาดนัดโค - กระจับปี่ภายในจังหวัด และเพื่อ

การบริโภคในท้องถิ่น ประมาณ 2 ตัว/ครัวเรือน/ปี แต่หากในยามที่เกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้เงิน อาจแบ่งจำหน่ายลูกโคอายุ 1 ปีด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน จึงแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่

1. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงลูกโคพื้นเมือง ระยะเวลาการผลิต 1 ปี เกษตรกรมีต้นทุนการเลี้ยงโคทั้งสิ้น 5,881.19 บาท/ตัว/รอบการผลิต แบ่งเป็น ต้นทุนคงที่ 2,306.82 บาท/ตัว/รอบการผลิต คิดเป็นร้อยละ 39.22 ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาโคแม่พันธุ์ และโคพ่อพันธุ์ ค่าเสื่อมราคาโรงเรือน รั้ว และอุปกรณ์ ค่าเสียโอกาสการใช้ที่ดิน และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน โดยเป็นต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสดทั้งสิ้น และต้นทุนผันแปร 3,574.37 บาท/ตัว/รอบการผลิต คิดเป็นร้อยละ 60.78 โดยค่าแรงงาน ค่าอาหารหยาบ ค่าน้ำมัน เชื้อเพลิงและค่าสาธารณูปโภค เป็นรายการต้นทุนผันแปรที่มีมูลค่าสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 18.64 17.85 และ 12.87 ตามลำดับ ซึ่งเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด 1,663.13 บาท/ตัว/รอบการผลิต และต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด 4,218.06 บาท/ตัว/รอบการผลิต โดยเกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายลูกโคพื้นเมืองเพศผู้ ซึ่งมีน้ำหนัก 102.41 กก./ตัว ราคา 83 บาท/กก. คิดเป็นมูลค่า 8,500.00 บาท/ตัว รวมทั้งรายได้อื่น ๆ แล้วจึงมีรายได้ทั้งสิ้น 8,600.17 บาท/ตัว/รอบการผลิต โดยมีรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด 2,718.98 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 46.23) และรายได้เหนือต้นทุนเงินสด 6,937.04 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 117.95)

2. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโคพื้นเมือง ระยะเวลาการผลิต 2.5 ปี เกษตรกรมีต้นทุนการเลี้ยงโคทั้งสิ้น 17,370.37 บาท/ตัว/รอบการผลิต แบ่งเป็น ต้นทุนคงที่ 3,156.69 บาท/ตัว/รอบการผลิต (ร้อยละ 18.17) ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาโคแม่พันธุ์ และโคพ่อพันธุ์ ค่าเสื่อมราคาโรงเรือน รั้ว และอุปกรณ์ ค่าเสียโอกาสการใช้ที่ดิน และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน โดยเป็นต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสดทั้งสิ้น และต้นทุนผันแปร 14,213.68 บาท/ตัว/รอบการผลิต (ร้อยละ 81.83) รายการต้นทุนผันแปรที่มีมูลค่าสูงสุด ได้แก่ ค่าอาหารหยาบ (ร้อยละ 41.53) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่วงที่เกษตรกรต้องโคจากปากกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน เกษตรกรต้องจัดเตรียมอาหารหยาบให้แก่โค รองลงมา ได้แก่ ค่าแรงงาน และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าสาธารณูปโภค (ร้อยละ 15.77 และ 10.89 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด 5,865.16 บาท/ตัว/รอบการผลิต และต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด 11,505.21 บาท/ตัว/รอบการผลิต การประมาณการผลตอบแทนโคพื้นเมือง คำนวณจากน้ำหนักโคพื้นเมืองมีชีวิต ซึ่งหนัก 303.57 กก./ตัว ราคา 83 บาท/กก. คิดเป็นมูลค่า 25,196.31 บาท รวมทั้งรายได้อื่น ๆ ทำให้มีรายได้ทั้งสิ้น 25,530.22 บาท/ตัว/รอบการผลิต เกษตรกรมีรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด 8,159.85 บาท/ตัว/รอบการผลิต หรือ 3,263.94 บาท/ตัว/ปี (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 46.98) และมีรายได้เหนือต้นทุนเงินสด 19,665.06 บาท/ตัว/รอบการผลิต หรือ 7,866.02 บาท/ตัว/ปี (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 113.21) (Table 4)

Table 1 The personal Information of farmer who raised native beef cattle in Nan Province

Items	Frequency	Percentage
Gender	Male	64
	Female	9
	n/a	3
Age (years)	Mean	47.96
	Range	(20 - 85)
Education	Primary school	22
	Junior high school	8
	Senior high school	10
	Diploma	5
	Bachelor degree	1
	n/a	30
Number of household members (persons/ household)	Mean	7.23
	Range	(2 - 20)
Number of household members who raise cattle (persons/household)	Mean	2.87
	Range	(1 - 11)
Cattle farming experience (years)	Mean	13.69
	Range	(2 - 65)
Number of cattle started farming (cattle/ household)	Mean	2.83
	Range	(1 - 14)
Other occupations ^{1/}	Cultivation	73
	Livestock	21
	Non-agricultural occupations	21

Note: ^{1/} more than one answer

Table 2 Numbers of beef cattle in Nan Province classified by cattle type and breed

unit: cattle

Species/Types	Bull	Cow	Calves ^{1/}		Heifer ^{2/}		Cattle ^{3/}		Total		Total
			male	female	male	female	male	female	male	female	
1. Native beef cattle	104	389	132	117	59	46	5	5	300	557	857 (91.66)
2. Brahman crossbred cattle	15	21	9	5	3	3	2	-	29	29	58 (6.20)
3. Other ^{4/}	3	9	1	1	-	4	2	-	6	14	20 (2.14)
Total	122 (13.05)	419 (44.81)	142 (15.19)	123 (13.16)	62 (6.63)	53 (5.67)	9 (0.96)	5 (0.53)	335 (35.83)	600 (64.17)	935 (100.00)

Note: ^{1/} Calves aged not more than 1 year.

^{2/} Heifer aged between 1 - 2 years.

^{3/} Cattle aged more than 2 years.

^{4/} Other species includes Beef Master, Charolais and Angus.

Table 3 Farm management of farmer who raised native beef cattle in Nan Province

Items		Frequency	Percentage
1. Farming system	Intensive	5	6.58
	Free - range in the forest	25	32.89
	Free - range in the forest only rainy season	43	56.58
	n/a	3	3.95
2. Feeding Management			
2.1 Concentrate feeding	Yes	9	11.84
	No	67	88.16
2.2 Pasture Management	Yes	33	43.42
	No	43	56.58
	Yes	47	61.84
2.3 Mineral block Supplementation	No	29	38.16
3. Vaccination	Yes	39	51.32
	No	37	48.68

Table 4 Cost benefit of native beef cattle farming in Nan Province

unit: baht/cattle/production cycle^{1/}

Items/Types	Calves Native Beef Cattle				Native Beef Cattle			
	Cash	Non-cash	Total	%	Cash	Non-cash	Total	%
Fixed cost	-	2,306.82	2,306.82	39.22	-	3,156.69	3,156.69	18.17
1. Depreciation of building and equipment	-	241.31	241.31	4.10	-	603.27	603.27	3.47
2. Depreciation of cow and bull	-	1,740.22	1,740.22	29.59	-	1,740.22	1,740.22	10.02
3. Opportunity cost for land use	-	296.06	296.06	5.03	-	740.14	740.14	4.26
4. Opportunity cost for capital	-	29.23	29.23	0.50	-	73.06	73.06	0.42
Variable cost	1,663.13	1,911.24	3,574.37	60.78	5,865.16	8,348.52	14,213.68	81.83
1. Roughages ^{2/}	238.95	811.05	1,050.00	17.85	1,641.59	5,571.80	7,213.39	41.53
2. Concentrate feed	-	-	-	-	410.8	-	410.80	2.36
3. Wages	-	1,096.03	1,096.03	18.64	-	2,740.06	2,740.06	15.77
4. Fuel, electricity and water	756.86	-	756.86	12.87	1,892.14	-	1,892.14	10.89
5. Other cost ^{3/}	667.32	4.16	671.48	11.42	1,920.63	36.66	1,957.29	11.27
Total cost	1,663.13	4,218.06	5,881.19	100.00	5,865.16	11,505.21	17,370.37	100.00
Total income	8,541.75	58.42	8,600.17	146.23	25,335.49	194.73	25,530.22	146.98
1. Income from selling of cattle	8,500.00	-	8,500.00	144.52	25,196.31	-	25,196.31	145.05
2. Other income ^{4/}	41.75	58.42	100.17	1.70	139.18	194.73	333.91	1.92
Income over cash cost			6,937.04	117.95			19,665.06	113.21
Income over total cost			2,718.98	46.23			8,159.85	46.98

Note: ^{1/} The production cycle for calves native beef cattle is 1 year and native beef cattle 2.5 years.

^{2/} Roughages cost calculated from roughages feed were provided by farmers, not includes grazing on public grass.

^{3/} Other cost includes vaccination and medication, supplement, building repairs and equipment and opportunity cost for capital.

^{4/} Other income includes income from selling of manure and use for manure.

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงลูกโคพื้นเมือง อายุ 1 ปี และโคพื้นเมือง อายุ 2.5 ปี บนพื้นที่สูงในจังหวัดน่านมีความคุ้มค่าเชิงธุรกิจ และเมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนสุทธิต่อปีที่เกษตรกรได้รับ จะเห็นว่า การเลี้ยงโคพื้นเมืองแม้จะใช้ระยะเวลาานมากกว่าการเลี้ยงลูกโค แต่ก็ให้ผลตอบแทนสุทธิต่อปีสูงกว่า เนื่องจากมีน้ำหนักตัวที่มากกว่า เกษตรกรจึงมีเป้าหมายที่จะจำหน่ายโคพื้นเมืองอายุ 2.5 ปี เป็นหลัก ประมาณ 2 ตัว/ครัวเรือน/ปี แต่หากมีความจำเป็นต้องใช้เงินก็อาจแบ่งจำหน่ายลูกโคอายุ 1 ปีด้วย ดังนั้น เกษตรกรจึงมีรายได้ที่เป็นตัวเงินประมาณ 39,330.14 - 46,267.16 บาท/ครัวเรือน/ปี ใกล้เคียงกับประมาณการรายได้จากการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ลำพูน และเชียงใหม่ ประมาณ 25,000.00 - 58,600.00 บาท/ครัวเรือน/ปี (Verarux et al., 2016; Yooyen et al., 2019; Duangsingtham et al., 2021) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดฝูงโคและจำนวนโคที่จำหน่ายในแต่ละปี และเมื่อพิจารณาโครงสร้างต้นทุน จะเห็นว่าต้นทุนส่วนใหญ่เกิดจากการบริหารปัจจัยการผลิตตามระยะเวลาการเลี้ยง โดยต้นทุนผันแปรที่มีสัดส่วนสูงสุด ได้แก่ ค่าอาหารหยาบ และค่าแรงงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสดอันเกิดจากการใช้ทรัพยากรในครัวเรือน ได้แก่ วัสดุเหลือทางการเกษตรจากไร่สำหรับใช้เลี้ยงโคในช่วงที่ตอนกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน ซึ่งหากวัสดุเหลือทางการเกษตรจากไร่ไม่เพียงพอจะจัดซื้อเพิ่มจากทั้งภายในและนอกชุมชน รวมทั้งการใช้แรงงานในครัวเรือนเพื่อเข้าไปดูแลโคในป่า สอดคล้องกับการเลี้ยงโคพื้นเมืองแบบปล่อยในจังหวัดกาญจนบุรี จันทบุรี และมหาสารคาม (Mekdaeng et al., 2011; Chimliang & Luangvaree, 2016; Wetchakama et al., 2017) ที่เน้นการจัดการอาหารหยาบ และการใช้เพียงแรงงานในครัวเรือน ซึ่งแม้ว่ารายการต้นทุนดังกล่าวจะมีสัดส่วนสูง แต่ก็ต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด เกษตรกรจึงมีความคุ้มค่าในเชิงธุรกิจ

การวิเคราะห์ศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน

จากการประชุมกลุ่มเพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์การเลี้ยง การตลาด สภาพปัญหาของการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน จากภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในภายนอก ด้วยวิธีการ SWOT Analysis พบว่า

1. *จุดแข็ง (Strengths)* ได้แก่ เกษตรกรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์การเลี้ยงโคพื้นเมือง สอดคล้องกับที่จุดแข็งของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคในประเทศไทย (Angkuraseranee et al., 2017) เนื่องจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองเป็นวิถีชีวิตของครัวเรือนเกษตร และเป็นอาชีพที่สืบทอดต่อกันมาบรรพบุรุษ นอกจากนี้เกษตรกรในจังหวัดน่านยังมีภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดต่อกันมาบรรพบุรุษ ซึ่งเป็นวิถีชีวิตที่คนอยู่ร่วมกับป่า อีกทั้งยังมีใจรักและมุ่งมั่นในการสร้างอาชีพจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองซึ่งเป็นอาชีพที่จะสืบทอดไปยังคนรุ่นถัดไปสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูง ประกอบกับมีฝูงโคแม่พันธุ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งโคต้นน้ำที่สามารถรองรับการสร้างอาชีพที่ยั่งยืนได้

2. *จุดอ่อน (Weaknesses)* ได้แก่ เกษตรกรบางส่วนขาดเทคโนโลยี/หลักการทางวิชาการเพื่อการจัดการพ่อแม่พันธุ์ การจัดการอาหาร และการจัดการสุขศาสตร์สัตว์ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ/ลดต้นทุนการผลิตให้สามารถแข่งขันได้ อีกทั้งยังเป็นเกษตรกรรายย่อย ขาดการรวมกลุ่มเพื่อการวางแผนผลิต และจัดการ

ทางการตลาดร่วมกัน เมื่อจำหน่ายโคให้แก่ผู้ประกอบการนอกท้องถิ่นจึงถูกตรึงราคา ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรในจังหวัดแพร่ และพะเยาที่มีการรวมกลุ่มกันในรูปของสหกรณ์เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์การผลิต (Sonsiri et al., 2020) และเพื่อให้เกิดความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกร (Saengwong et al., 2020) ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรบางส่วนในจังหวัดแพร่ และพะเยา ปรับเปลี่ยนจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองมาเป็นโคเนื้อคุณภาพ ซึ่งมีลักษณะตลาดที่จำเพาะ ส่วนใหญ่จึงรวมกลุ่มในรูปสหกรณ์เพื่อทำการตลาดร่วมกัน นอกจากนี้เกษตรกรในจังหวัดน่านยังต้องเผชิญกับต้นทุนค่าขนส่งโดยเปรียบเทียบสูงกว่าในพื้นที่ราบ เนื่องจากต้องขนส่งโคมีชีวิตจากชุมชนบนพื้นที่สูงมาจำหน่ายยังตลาดนัด - กระบือ ในตัวจังหวัดน่าน (ระยะทาง 50 - 100 กม. แล้วแต่ชุมชน)

3. *โอกาส (Opportunities)* แบ่งเป็น 1) โอกาสด้านการผลิต ได้แก่ การมีทรัพยากรพืชอาหารในพื้นที่ที่ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโค ทั้งอาหารธรรมชาติจากป่า และอาหารจากผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นและเปลือกข้าวโพด เป็นต้น อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ให้การสนับสนุน/ผลักดันเชิงยุทธศาสตร์ผ่านโครงการต่าง ๆ สอดคล้องกับผลงานของ Angkuraseranee et al. (2017) และ 2) โอกาสด้านการตลาด ได้แก่ แนวโน้มของราคา และความต้องการบริโภคเนื้อโคของตลาดทั้งภายในและภายนอกสูงขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคในประเทศไทย เช่นเดียวกับผลงานของ Angkuraseranee et al. (2017) และ Nimsai et al. (2015) นอกจากนี้จังหวัดน่านยังมีตลาดนัดโค - กระบือถึง 5 แห่ง สามารถรองรับการค้าโคโดยประมาณ 1,600 ตัว/สัปดาห์ ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันการเลี้ยงโคพื้นเมืองในจังหวัดน่านจะมีเป้าหมายการผลิตเพื่อจำหน่ายในตลาดนัดโค-กระบือ และการบริโภคในชุมชน แต่ในอนาคตหากโคพื้นเมืองดังกล่าวมีโอกาสส่งออกจำหน่ายยังประเทศจีน จังหวัดน่านมีทำเลที่ตั้งเป็นเขตการค้าชายแดนที่เอื้อต่อการส่งออกไปยังประเทศจีนได้

4. *อุปสรรค (Threats)* แบ่งเป็น 1) อุปสรรคด้านการผลิต ได้แก่ การเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่ ยังขาดการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเงื่อนไขคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (คทช.) (พื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำ ชั้นที่ 1 และ 2) คล้ายคลึงกับการเลี้ยงโคของเกษตรกรที่มีการปล่อยไล่ขึ้นไปบนภูเขา ในจังหวัดชัยภูมิ (Srichaiwong & Kroeksakul, 2019) ประกอบกับสภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงชุมชนบนพื้นที่สูงได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้ง ซึ่งเกษตรกรต้องปรับตัวในด้านการจัดการโรค และการจัดการพืชอาหารสำหรับเลี้ยงโค ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Angkuraseranee et al. (2017) และ Saengwong et al. (2020) และ 2) อุปสรรคด้านการตลาด ได้แก่ ผลจากข้อตกลงการค้าเสรีระหว่างประเทศไทยกับออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ซึ่งกระทบต่อการอุตสาหกรรมโคเนื้อและเนื้อโคของประเทศไทย เช่นเดียวกับผลงานของ Sonsiri et al. (2020)

จากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในภายนอกดังกล่าวพบว่า การเลี้ยงโคเนื้อพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน มีศักยภาพด้านการผลิตซึ่งเกิดจากการที่เกษตรกรมีประสบการณ์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น รวมทั้งมีฝูงโคแม่พันธุ์จำนวนมาก อีกทั้งยังมีโอกาสที่จะยกระดับศักยภาพการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจากการที่มีฐาน

ทรัพยากรธรรมชาติ และการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ นอกจากนี้การที่ความต้องการบริโภคที่เพิ่มขึ้นทั้งภายในและภายนอกประเทศ จะเป็นการขยายโอกาสทางการตลาดให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อบนพื้นที่สูงจังหวัดน่านอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน มีขนาดฝูงโคทั้งสิ้น 935 ตัว ส่วนใหญ่เลี้ยงโคแม่พันธุ์เพื่อเป็นฐานการผลิตโคของตนเอง และเลี้ยงโคแบบปล่อยหาอาหารกินเองในป่าในช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม - พฤศจิกายน) ช่วงนี้เกษตรกรเจ้าของโคจะเข้าไปดูแลโคในป่าเฉลี่ย 1 ครั้ง/สัปดาห์ โดยจะนำเกลือไปให้โคกินเพื่อเสริมแร่ธาตุ และเมื่อถึงฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม - มิถุนายน) เกษตรกรจะต้อนโคกลับมาเลี้ยงในหมู่บ้าน ซึ่งจะต้องจัดการอาหารสัตว์ โดยการเสริมอาหารข้นให้แก่โครุ่นหรือโคเต็มวัย รวมทั้งการจัดเตรียมแปลงหญ้าพืชอาหารสัตว์ เพื่อเสริมอาหารหยาบตามธรรมชาติและวัสดุเหลือทางการเกษตรจากไร่ นา และเสริมด้วยแร่ธาตุก้อน รวมทั้งทำวัคซีนและถ่ายพยาธิโค อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเพิ่มความสะดวก และการเจริญเติบโตแก่โค และลดปัญหาการแพร่ระบาดของโค

ด้านการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงลูกโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน เกษตรกรมีรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด 2,718.98 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 46.23) และมีรายได้เหนือต้นทุนเงินสด 6,937.04 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 117.95) ส่วนการเลี้ยงโคพื้นเมือง เกษตรกรมีรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมด 8,159.85 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 46.98) และมีรายได้เหนือต้นทุนเงินสด 19,665.06 บาท/ตัว/รอบการผลิต (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ร้อยละ 113.21) จะเห็นว่า การเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่านทั้งสองกรณีมีความคุ้มค่าเชิงธุรกิจ เนื่องจากการเลี้ยงโคแบบปล่อยหาอาหารกินเองในป่าซึ่งเป็นวิถีชีวิตของครัวเรือนเกษตรกรบนพื้นที่สูงนั้น เป็นการพึ่งพาฐานทรัพยากรธรรมชาติของชุมชน จึงมีต้นทุนเงินสดต่ำมาก สามารถสร้างกำไรที่เป็นเงินสดให้แก่ครัวเรือน และสามารถยึดเป็นอาชีพที่มีศักยภาพได้

ซึ่งการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน นอกจากจะมีศักยภาพด้านการเงินแล้ว ยังมีศักยภาพด้านการผลิตจากการที่เกษตรกรมีประสบการณ์ และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดจากบรรพบุรุษ ประกอบกับมีฝูงโคแม่พันธุ์จำนวนมาก และมีโอกาสด้านการผลิตจากฐานทรัพยากรพืชอาหารในพื้นที่ที่ช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงโค รวมทั้งยังได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐในระดับพื้นที่ที่จะเป็นการยกระดับการเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีโอกาสทางการตลาดจากการขยายตัวของตลาดทั้งภายในและภายนอก แต่อย่างไรก็ดี การเลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน ยังมีจุดอ่อนจากการที่เกษตรกรขาดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ/ลดต้นทุนการผลิต และขาดการรวมกลุ่มเพื่อการวางแผนผลิต และจัดการทางการตลาดร่วมกัน และมีต้นทุนค่าขนส่งสูง อีกทั้งยังต้องเผชิญกับความท้าทายในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเงื่อนไขของ คทช. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้ปริมาณอาหารตามธรรมชาติลดลง รวมทั้งผลกระทบจากข้อตกลง

การค้าเสรีระหว่างประเทศไทยกับออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ซึ่งส่งผลต่อการตลาดโคเนื้อและเนื้อโคไทย

ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพและโอกาสของการเลี้ยงโคเนื้อบนพื้นที่สูงในจังหวัดน่าน ควรมีการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อจัดการเทคโนโลยี ตลอดจนวางแผนการผลิต และแผนการตลาดร่วมกัน โดยให้เกิดการเชื่อมโยงกับทั้งผู้ประกอบการค้าโคมีชีวิตทั้งภายในและนอกท้องถิ่นเพื่อขยายโอกาสทางการตลาดทั้งตลาดท้องถิ่นและตลาดส่งออกในอนาคต อีกทั้งยังควรสร้างการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งจะทำให้เกษตรกรในชุมชนบนพื้นที่สูงสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการผลิตอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และดูแลพาชุมชนตามเป้าหมายของ คทช. และเพื่อเป็นการพัฒนางานวิจัยในครั้งถัดไป ควรเพิ่มการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณหน่วยบริหารจัดการและส่งเสริมผลิตภัณฑ์ (ODU) แผนงานคนไทย 4.0 ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนการทำงานในเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ยังขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองบนพื้นที่สูงจังหวัดน่านที่ได้สละเวลาในการให้ข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัยในครั้งนี้

References

- Angkuraseranee, T., Somboonsuk, B., Sukhabot, S., & Nimsai, S. (2017). Potential and opportunity for beef cattle production in Thailand. *Agricultural Science Journal*, 48(Supplement 2), 481-489. (in Thai)
- Chankong, J., & Chauchu-noo, N. (2021). Production potential and economic, society and environmental impacts of Khaolak Black Bone chicken, Trang Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(1), 80-87. (in Thai)
- Chimliang, T., & Luangvaree, P. (2016). Study on status of beef cattle raising of farmers in Chanthaburi Province. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*. 10(3), 73-80. (in Thai)
- Duangsingtham, S., Prapatigul, P., Sreshthaputra, S., Suebpongsung, P., & Ratanachai, A. (2021). Knowledge and practices in beef cattle raising among farmers in Mae Chaem district, Chiang Mai Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(Supplement 1), 214-220. (in Thai)
- Duangtong, W., Promin, M., Ukaew, P., Jankern, P., Piromkraipak, P., & Promhala, S. (2010). *The development of cattle-buffalo production on highland: A case study of Wang Kwang sub-district, Nam Nao district, Phetchabun Province*. (Research report). Bangkok: Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)

- Highland Research and Development Institute (Public Organization). (2019). *The meaning of highland*. Accessed May 2, 2023. Retrieved from <https://www.hrdi.or.th/About/Highland>. (in Thai)
- Information and Communication Technology Center, Department of Livestock Development. (2019). *Database system for farmers*. Accessed May 2, 2023. Retrieved from https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2562/T2-1cattle.pdf (in Thai)
- Kiratkrnkul, S. (2020). Opportunities for Thai beef cattle or simply protecting the country's beef industry. In Reodecha, C. (Ed.). *Research Platform* (pp. 83-102). Bangkok: Knowledge Network Institute of Thailand. (in Thai)
- Kuha, K. (2010). *Production of Nan indigenous cattle in highland Nan Province*. (Research report). Bangkok: Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Mekdaeng, K., Kantanamalakul, C., & Pothidee, A. (2011). The Production management of beef cattle in barns and free ranch at Muang district, Kanchanaburi Province. *The 2nd STOU Graduate Research Conference* (pp. 1-12). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Nan Provincial Agriculture and Cooperatives Office, Office of The Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2020). *The Nan Provincial agricultural and cooperative development plan (2018-2022) revision fiscal year 2020*. Accessed May 2, 2023. Retrieved from <https://www.opsmoac.go.th/nan-strategic-files-422791791901> (in Thai)
- Nimsai, S., Tansuchat, R., Mingmalairaks, P., Fakkhong, K., & Rangaritvorakam, N. (2015). *Market opportunities and value chain development of Thai cattle in Asian market: Case study of Laos, Vietnam and China (Yunnan) markets*. Bangkok: Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Prapatigul, P., Intaruccomporn, W., & Sreshthaputra, S. (2021). The seeking of roughage sources from agricultural wastes in community for beef cattle raising: A case study of beef cattle raising group at Pua district, Nan Province. *Journal of Community Development and Life Quality*, 9(2), 278–288. (in Thai)
- Rewthongchai, P., Dantim, J., & Chumpong, S. (2005). *The way of the cow raising of the villagers' capacity as to form the community economy at Ban Napoe village, Chattrakam sub-district, Chattrakam district, Phitsanulok Province*. Bangkok: Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Saengwong, S., Thannithi, W., Wichaporn, J., & Intawicha, P. (2020). Producing quality beef from cattle in Phrae Province: An assessment of the conditions, problems, and opportunities. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38(2), 254-262. (in Thai)
- Sangsai, S., & Pongchompu, S. (2012). Daily business management: A case study of Sangsai farm Kumphaeng Saen district Nakhon Pathom Province. *Proceedings of the 13th Graduate Research Conference Khon Kaen University* (pp. 1243-1249). Khon Kaen: Graduate School, Khon Kaen University. (in Thai)
- Sethakul, J. (2009). The value of native beef. *Kasetsart Livestocks Magazine*, 35(140), 39-45. (in Thai)
- Sirijinda, A. (2015). *Introduction to agricultural economics*. (2nd ed.). Bangkok: Department of Agricultural and Resource Economics of Kasetsart University. (in Thai)
- Sonsiri, K., Intawicha, P., Saengwong, S., Phumsaranakhom, P., & Dongpaleethun, C. (2020). Raising condition and SWOT analysis for a premium grade beef production in Phayao and Phrae Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(1), 93-104. (in Thai)
- Srichaiwong, P., & Kroeksakul, P. (2019). The Government administration management guidelines in natural resources management around national park area: A case of cow raising in the mountain of Chaiyaphum Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Supplement 1), 199-204. (in Thai)
- Verarux, N., Rakvicha, P., Pipatpongchai, S., & Pisitshatchaya, S. (2016). *Management of native cattle production system for upstream cattle sustainability in Mae Hong Son Province*. Bangkok: Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Wetchakama, N., Chinnasaen, T., & Polviset, W. (2017). Beef cattle production and management in barns and free ranch farming of farmers in Borabue district, Maha Sarakham Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 45(Supplement 1), 1476-1482. (in Thai)
- Yooyen, N., Limnirankul, B., Sreshthaputra, S., & Kramol, P. (2019). Effects of cattle and buffalo raising on livelihood of karen community in Pha-dan village, Thakadnua sub-district, Mae-Tha district, Lamphun Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Supplement 1), 217-224. (in Thai)

Research article

Potential and Opportunity of Native Beef Cattle Farming in the Highlands of Nan Province

Nalinee Kongsuban^{1*} Siriporn Kiratikrnkul² Wanwasa Wirojanarome³ Jongkon Promya⁴ and Suksatid Pisitsachaya⁵

¹Faculty of Economics, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

²International College, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

³General Education Program, Maejo University Phrae Campus, Rongkwang, Phrae 54140

⁴Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

⁵Independent researcher, 1/1 Intha Warorot Rd Soi 1, Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50100

ARTICLE INFO

Article history

Received: 28 March 2023

Revised: 10 May 2023

Accepted: 28 May 2023

Online published: 7 June 2023

Keyword

Native Beef Cattle

Potential

Opportunity

Cost and Benefit

Highlands

ABSTRACT

This research aims to analyze farming conditions, costs and benefits, and the potential and opportunity of native beef cattle farming in the highlands of Nan Province. The research methodology was mixed methods consisted of quantitative and qualitative research. Primary data was collected through a questionnaire from 76 farmers who raised native beef cattle and a focused group from 11 stakeholders. The result found that farmers had 935 free - range cattle during the rainy season. After that, farmers brought them back to the village, feeding management and vaccination were required. The cost and benefit analysis showed that, for native calves, production cycle 1 year, farmers had total cost and incomes above total costs as 5,881.19 and 2,718.98 baht/calf/production cycle, respectively. In terms of native beef cattle farming, production cycle 2.5 years, the total cost and income over total cost as 17,370.37 and 8,159.85 baht/cattle/production cycle, respectively. This shows that there is financial potential for native beef cattle farming in the Highlands. Moreover, there are production potential from experience and local wisdom in native beef cattle farming, including a large number of breeding cows. Furthermore, the availability of food plant resources, getting the support from government agencies and the demand for the market is rising, should increase the production and marketing opportunities for farmers who raised native beef cattle in Nan Province. However, farmers are lack of technology and group integration, as well as high transportations costs. Farmers face challenges from land use, a decreased in natural forage due to climate change, and the impact of free trade agreements between Thailand, Australia and New Zealand.

*Corresponding author

E-mail address: k_nalinee23@hotmail.com (N. Kongsuban)

Online print: 7 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.11>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การสังเคราะห์ค่าความชื้นและพัฒนากระบวนการควบคุมปริมาณน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชผักแบบแม่นยำสูง ด้วยเทคโนโลยี เซนเซอร์ของ IoT เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชผักแบบครบวงจร ของวิสาหกิจชุมชนกาญจนาฟาร์มเห็ด จ.ชัยภูมิ

สามารถ สินทร^{1*} สิทธิชัย บุขหมั่น² ประมุข ศรีชัยวงษ์³ ฉัตรณรงค์ศักดิ์ สุธรรมดี⁴ เกรียงศักดิ์ โชควรรกุล⁵ เดือนเพ็ญพร ชัยภักดิ์⁶ และ ชัญญูชิตา ของผม⁷

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

²สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

³สาขาวิชาสหวิทยาการเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

⁴สาขาการบริหารทรัพยากรมนุษย์ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

⁵สาขานิติศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

⁶สาขาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

⁷กองนโยบายและแผน สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 23 กุมภาพันธ์ 2566

แก้ไข: 16 พฤษภาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 19 พฤษภาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 9 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

เกษตรอัจฉริยะ

อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

เซนเซอร์

เห็ดหลินจือ

เกษตรแม่นยำ

บทคัดย่อ

การวิจัยในระบับนี้วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับความชื้นและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเติบโตให้เห็ดหลินจือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การสังเคราะห์ค่าความชื้นและพัฒนากระบวนการควบคุมปริมาณน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชผักแบบแม่นยำสูง ด้วยเทคโนโลยีเซนเซอร์ของ IoT เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชผักแบบครบวงจรของวิสาหกิจชุมชนกาญจนาฟาร์มเห็ด จ.ชัยภูมิ วิธีการดำเนินงานใช้เห็ด 2 โรงเรือน ๆ ละ 1,000 ก้อน เปรียบเทียบกันระหว่างโรงเรือนแบบปกติกับโรงเรือนแบบควบคุมที่ใช้ เซนเซอร์มาวิเคราะห์ค่าควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมและคงที่ โดยเขียนโปรแกรมตั้งค่าเงื่อนไขเซนเซอร์ของระบบ IoT ไปสั่งเปิด-ปิดชุดพ่นหมอกให้ทำงานรักษาอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ ผลการวิจัย พบว่า ผลการสังเคราะห์ค่าเซ็นเซอร์ ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้ไปสั่งเปิด-ปิดชุดพ่นหมอกให้ทำงานมีค่าที่เหมาะสมต่อการเติบโตของเห็ด โดยกำหนดค่าเงื่อนไข ไว้ในระบบ ดังนี้ 1) ชุดพ่นหมอกจะเปิดทำงานเมื่อเซ็นเซอร์พบค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 60 และจะปิดการทำงานเมื่อสูงกว่าร้อยละ 70 และ 2) ชุดพ่นหมอกจะเปิดทำงานเมื่อเซ็นเซอร์พบอุณหภูมิ สูงกว่า 28 °C และจะปิดทำงานเมื่อต่ำกว่า 24 °C ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของโรงเรือนก่อนเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนให้คงที่ ส่วนด้านผลผลิต พบว่า โรงเรือนควบคุมได้ผลผลิต ดอกใหญ่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 29.42 กรัม/ดอก เพิ่มขึ้นจากเดิม 6.63 กรัม/ดอก คิดเป็นอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.09 เมื่อเทียบกับโรงเรือนแบบปกติที่น้ำหนักอยู่แค่ 22.79 กรัม/ดอก สรุปว่า ค่าเซ็นเซอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีความเหมาะสมสามารถจัดการ ความชื้นและอุณหภูมิได้คงที่ในโรงเรือน ส่งผลให้ผลผลิตเห็ดดอกใหญ่ขายได้น้ำหนักมากขึ้นและมีรายได้ที่สูงขึ้น

บทนำ

เห็ดหลินจือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ผู้เพาะเห็ด และมีแนวโน้มที่ขยายตัวอีกเป็นจำนวนมาก แต่ กระบวนการในการเพาะปลูกเห็ดหลินจือจำเป็นต้องมีความพิถีพิถันในการปลูกเนื่องจากกระบวนการปลูกทุกขั้นตอนส่งผลต่อผลผลิต ซึ่ง อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของเห็ด หลินจือ ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจัดการข้อมูล การเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มีปริมาณและคุณภาพ (Duhan et al., 2017) โดยผ่านแนวคิดของการวัดค่า ประเมินผล และตรวจติดตาม ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยเฉพาะขั้นตอนของการเปิดดอก

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตเห็ดหลินจือได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น (Kamra & Bhatt, 2013) ถ้าหากปัจจัยเหล่านี้ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ ผลผลิตของเห็ดไม่ได้ตามที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการอัดก้อน บ่มเชื้อ เริ่มเปิดดอก จนถึงระยะที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ล้วนมีความสำคัญ ทั้งสิ้น

ระบบการทำฟาร์มเห็ดหลินจือในงานวิจัยนี้เป็นการควบคุม สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยการพัฒนาชุดเซ็นเซอร์เพื่อ วิเคราะห์อุณหภูมิ ความชื้น แล้วส่งค่าผ่านทางเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Thing, IoT) ให้สามารถวิเคราะห์ และตัดสินใจควบคุมน้ำ ให้ความชื้น และให้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับ

*Corresponding author

E-mail address: sinton45@gmail.com (S. Sinton)

Online print: 9 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.12>

เห็ดหลินจือในระยะการเปิดดอกของเห็ด ซึ่งในระยะการเปิดดอกเห็ดนั้นจำเป็นต้องมีการให้น้ำบ่อยครั้งเพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเห็ดให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Biswas et al., 2012) สอดคล้องกับการศึกษาของ Arreerard & Arreerard (2020) ที่ได้พัฒนาระบบ IoT สำหรับการตรวจสอบความชื้นและอุณหภูมิเพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดในโรงเรือนให้มีผลผลิตที่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตมีน้ำหนักดี ดอกอวบ อิ่มน้ำ และมีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาญจนาฟาร์มเห็ด ต.โคกสูง อ.เมือง จ.ชัยภูมิ มีการรวมกลุ่มสมาชิกปลูกเห็ดจำนวน 7 คน ประสบปัญหาการปลูกเห็ดหลินจือ คือ ปลูกเห็ดได้เฉพาะฤดูหนาว และช่วงระยะหลังมานี้การปลูกเห็ดไม่ได้ผลดีเท่าที่ควรเนื่องจากปัจจุบันได้ประสบปัญหาภาวะโลกร้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาไม่คงที่ จึงเกิดความเสียหายหนัก ทำให้ผลผลิตลดลงเรื่อย ๆ จึงประสบปัญหาเริ่มขาดทุน แต่ในขณะที่หลังโควิด-19 ความต้องการเห็ดหลินจือ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จากการลงพื้นที่ พบว่าวิสาหกิจชุมชนวิเคราะห์ความชื้นและอุณหภูมิของการปลูกเห็ดอาศัยจากประสบการณ์ โดยใช้สายยางฉีดน้ำพ่นรด ส่งผลต่อการขาดความสม่ำเสมอ และไม่มีการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีเข้ามาช่วย วิสาหกิจชุมชนจึงมีความต้องการนำระบบ IoT มาช่วยควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือน

ดังนั้น การแก้ปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงบูรณาการแบบมีส่วนร่วมกับเกษตรกรโดยการระดมความคิดช่วยกันวิเคราะห์สังเคราะห์หาค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเห็ดหลินจือในฟาร์มให้ออกดอกและได้น้ำหนักที่ดี โดยนำเทคโนโลยี IoT มาพัฒนาร่วมกับเซ็นเซอร์ในการวัดความชื้นและอุณหภูมิควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน (Application) บนสมาร์ตโฟน (Smart Phone) โดยมีเงื่อนไขไปติดตั้งไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) แล้วให้ระบบ IoT ส่งค่าไปลงยังฐานข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์คำนวณคิดและตัดสินใจรวมถึงสั่งการให้ระบบพ่นหมอกทำงานตามค่าความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงการเจริญเติบโตของเห็ดอีกทั้งเกษตรกรสามารถดูรายงาน ติดตามผลได้ตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยให้การบริหารจัดการฟาร์มเป็นไปได้อย่างสะดวก แม่นยำ ช่วยให้เกษตรกรเพิ่มผลผลิตตามคำสั่งซื้อในตลาดได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์ค่าความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อเจริญเติบโตของเห็ดหลินจือ ณ จังหวัดชัยภูมิ 2) พัฒนาระบบเทคโนโลยี IoT สั่งการเซ็นเซอร์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิจากค่าที่สังเคราะห์ขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินงานในพื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาญจนาฟาร์มเห็ด ต.โคกสูง อ.เมือง จ.ชัยภูมิ ซึ่งทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญโดยมีกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญผู้มีประสบการณ์พัฒนาระบบ IoT หรือคณาจารย์ที่มีประสบการณ์สอนหรือวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อระดมความรู้ คำแนะนำ เทคนิค และวิธีการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการพัฒนาระบบ IoT จัดการฟาร์มเห็ดและดำเนินการด้วยวิธีสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) แบบมีโครงสร้างคำถาม (Structured interview) โดยใช้รูปแบบข้อคำถามปลายเปิด (Open end) คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายโดยวิธีเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 11 คน 2) กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ มาจากนักพัฒนาระบบ IoT นักวิชาการ หรือคณาจารย์มีประสบการณ์สอนหรือวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี (Sinton.,2013) ดำเนินการรับรองผลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายโดยวิธีเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 5 คน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความชื้นและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเติบโตให้เห็ดหลินจือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสังเคราะห์ค่าเซ็นเซอร์ควบคุมโรงเรือนที่เหมาะสม ตามวิธีของ Kaewmard & Saiyod (2014) จากผู้เชี่ยวชาญ 11 คน ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาในพื้นที่ พร้อมทั้งแนวทางการพัฒนาระบบ
2. วิเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อไปพัฒนารอบแนวคิดการวิจัย
3. ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 คน เพื่อศึกษาความคิดเห็นการพัฒนาต้นแบบแล้วนำข้อมูลมากำหนดองค์ประกอบและคุณลักษณะให้ตรงกับพื้นที่
4. สรุปการสังเคราะห์เซ็นเซอร์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในโรงเรือน ให้ส่งค่าไปสั่งการเปิด-ปิดชุด พ่นหมอก แสดงดัง Figure 1

ระยะที่ 2 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองค่าอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น (Sinton et al., 2022) มีจำนวน 5 คน ดังนี้

1. สร้างแบบสอบถามแบบมาตราส่วนแบบประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเหมาะสม
2. นำเสนอพิจารณาประเมินความเหมาะสมต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน
3. ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ
4. สรุปผลวิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ แสดงดัง Figure 2

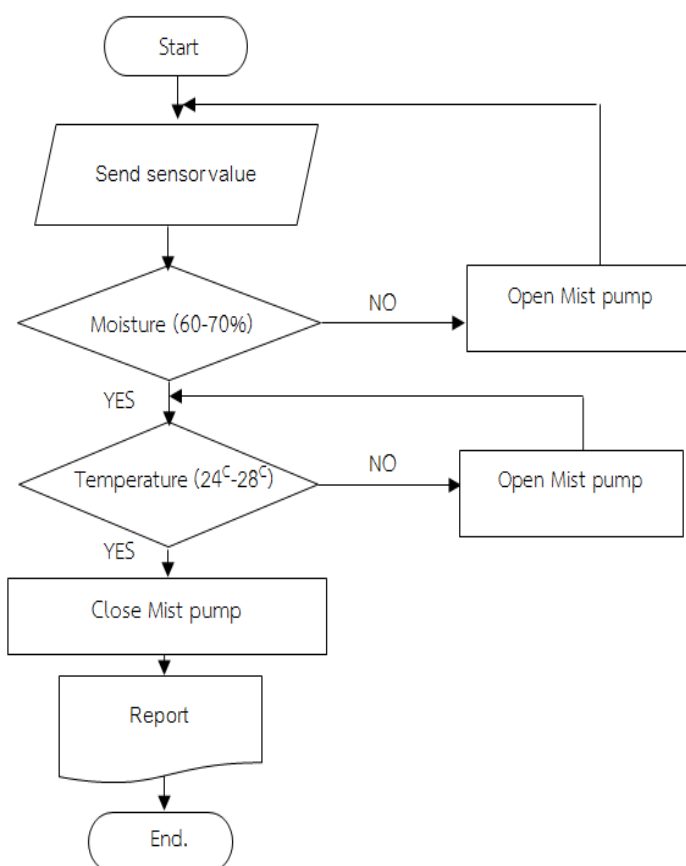


Figure 1 IoT System elements

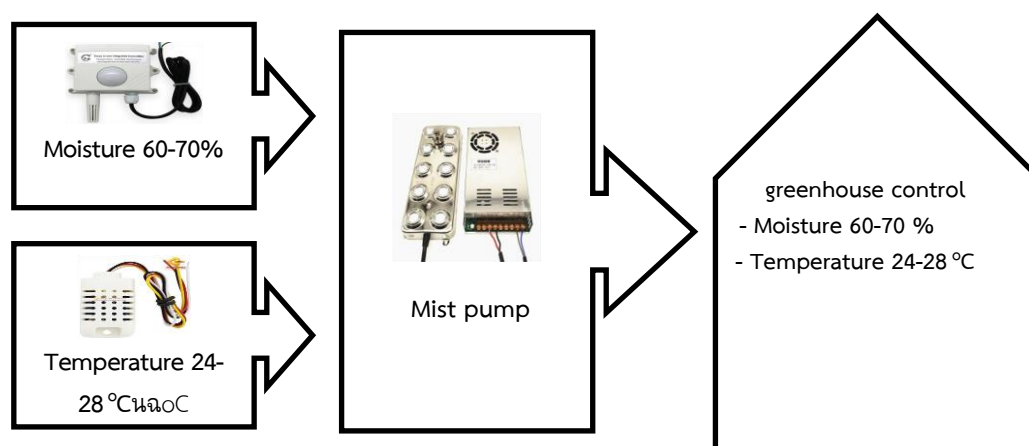


Figure 2 Humidity and temperature levels.

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. แบบบันทึกการเชิงสังเคราะห์ เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกข้อมูล สภาพปัญหา ตามวิธีของ Bahrudin et al. (2013) ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปประเด็นสาระสำคัญอย่างเป็นระบบ พร้อมศึกษาแนวทางในการหาต้นแบบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม

2. ประเด็นการสัมภาษณ์เชิงลึก เป็นเครื่องมือสนทนากับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเก็บรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ด้วยประเด็นข้อคำถามแบบปลายเปิดให้ครอบคลุมทุกด้าน

3. แบบประเมินความเหมาะสม เป็นเครื่องมือประเมินความเหมาะสมของต้นแบบที่สังเคราะห์ขึ้น จากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อเก็บรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. วิธีการเก็บข้อมูลแบบบันทึกการเชิงสังเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาสภาพปัญหา จากเอกสารตำราและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในฟาร์ม รวมถึงสื่อสิ่งพิมพ์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษาแนวทางพัฒนาระบบ

2. วิธีการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยดำเนินการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองเป็นหลัก โดยทำการติดต่อ ประสานงาน นัดหมาย วัน เวลา สถานที่สัมภาษณ์และมีการสัมภาษณ์เพิ่มเติมทางโทรศัพท์ อินเทอร์เน็ตหรือตามเครื่องมืออำนวยความสะดวกอื่นขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้เชี่ยวชาญที่ให้สัมภาษณ์เชิงลึก ตามโครงสร้างคำถามที่กำหนดไว้

3. วิธีการเก็บข้อมูลแบบประเมินความเหมาะสมรูปแบบ ผู้วิจัยดำเนินการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองเป็นหลัก โดยทำการติดต่อ ประสานงาน นัดหมาย วัน เวลา สถานที่ประเมินและมีการประเมินเพิ่มเติมทางโทรศัพท์ อินเทอร์เน็ตหรือตามเครื่องมืออำนวยความสะดวกอื่นขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกรายการเชิงสังเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาจริงสอดคล้องกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สื่อสิ่งพิมพ์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแนวทางในการพัฒนาระบบ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหา จำแนกคำ กลุ่มคำ และความถี่ข้อความโดยใช้วิธีการจำแนกตามหมวดหมู่ แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในแบบบันทึกรายการเชิงสังเคราะห์ (Sinton et al., 2020) หลังจากนั้นนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายของข้อมูลเพื่อเป็นกรอบแนวคิดพัฒนาระบบ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 คน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) รายละเอียด

คำสัมภาษณ์ของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informants) เพื่อหาความสอดคล้องของข้อมูล คำซ้ำ และความถี่เนื้อหาหลักการที่ตรงกัน (Common theme) เพื่อนำไปพัฒนาระบบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสมรูปแบบ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ที่มีต่อรูปแบบที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นตามกรอบแนวคิดการวิจัย และนำแบบประเมินความเหมาะสมรูปแบบที่เก็บรวบรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ แปลความหมายจากค่าเฉลี่ยตามน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้ ซึ่งจำแนกเป็น 5 ระดับ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า โรงเรือนแบบควบคุมผลผลิตดอกใหญ่ มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นอยู่ที่ 29.42 กรัม/ดอก เมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรือนแบบปกติที่น้ำหนักอยู่ที่ 22.79 กรัม/ดอก ซึ่งมีน้ำหนักแตกต่างอัตราเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.63 กรัม/ดอก คิดร้อยละน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 29.09 สามารถทำให้ชุมชนเกิดรายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการวิเคราะห์และพัฒนาชุดเซ็นเซอร์ควบคุมความชื้น อุณหภูมิในโรงเรือน ดังนี้

1. ผลสังเคราะห์องค์ประกอบอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในระบบ IoT

ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยศึกษาปัญหาและข้อคิดเห็นจากชุมชน แล้วนำไปศึกษาความเป็นไปได้จากเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำปัญหาและข้อคิดเห็นที่ได้ไปสังเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ โดยสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์พัฒนาระบบ IoT หรือคณาจารย์มีประสบการณ์สอนหรือวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 11 คน สรุปว่า ผลการวิเคราะห์ค่าที่นำไปควบคุมอุปกรณ์ในระบบมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ 1) เซ็นเซอร์วัดความชื้น 2) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 3) ชุดพินหมอกรับคำสั่งเปิดทำงานเมื่อเซ็นเซอร์พบความผิดปกติจากค่าที่ตั้งไว้ในระบบ แสดงดัง Figure 3

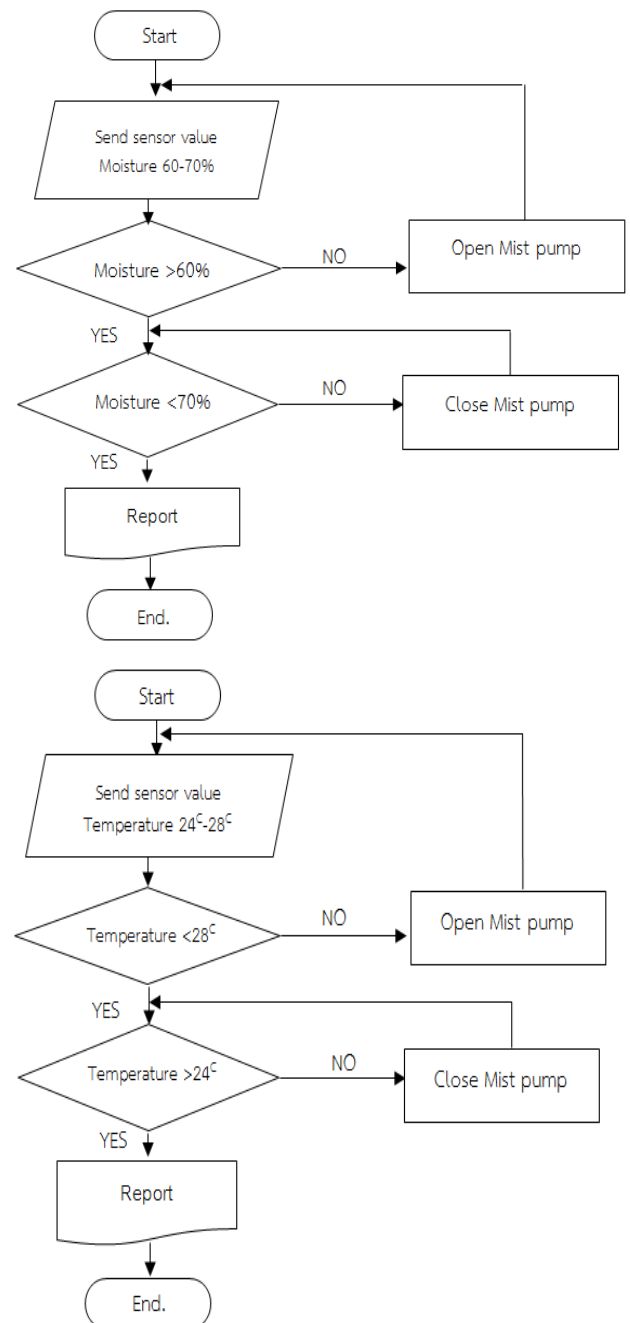


Figure 3 System structure of moisture and temperature sensors

2. ผลการรับรองค่าเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ในการยืนยันผล พบว่า ผลประเมินรับรอง

ค่าอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถนำค่าเซ็นเซอร์ที่ได้ไปพัฒนาเขียนไว้ในซอฟต์แวร์เป็นเครื่องมือสั่งการฮาร์ดแวร์ในระบบ IoT ผลประเมินภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$, S.D. = 0.61) (Table 1) จากการพิจารณาผลรายด้านจาก Table 1 มีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการประเมินค่าเซ็นเซอร์วัดความชื้น (Moisture sensor module) ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.27$, S.D. = 0.58) แสดงดัง Table 2

2) ผลการประเมินค่าเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor module) ในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.61) แสดงดัง Table 3

3) ผลการประเมินอุปกรณ์ชุดหัวพ่นหมอกมีการทำงานภาพรวมทั้งระบบ พบว่า มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.63) เมื่อพิจารณารายชื่อ พบว่า ชุดหัวพ่นหมอกเปิดทำงานเมื่อความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 60 มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) และจะหยุดทำงานเมื่อความชื้นสูงกว่าร้อยละ 70 มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.84) และหรือหัวพ่นหมอกจะทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 28 °C มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 24 °C มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.71) แสดงดัง Table 4

Table 1 The data statistics from sensor

No.	Sensor	Evaluation	Results	
			$\bar{X}$	S.D.
1	Moisture sensor	Setup moisture sensor system (range 50-80 %)	4.27	0.58
2	Temperature sensor	Setup temperature sensor system (range 20-32 °C)	4.47	0.61
3	Mist pump module	Value range moisture sensor <50 % system on or moisture sensor >80 % system off and value range temperature sensor >32 °C system on or temperature sensor <20 °C system off	4.40	0.63
Total			4.38	0.61

Table 2 Criteria for suitability of measurement values of moisture sensor module

No.	Moisture sensor	Results		Scales				
		$\bar{X}$	S.D.	1*	2*	3*	4*	5*
1	Setup moisture sensor system 50-60 %	3.80	0.45				/	
2	Setup Moisture Sensor System 60-70 %	4.80	0.45					/
3	Setup Moisture Sensor System 70-80 %	4.20	0.84				/	
Total		4.27	0.58					

* 1 = very unimportant, 2 = somewhat unimportant, 3 = neutral, 4 = somewhat important, 5 = very important.

Table 3 Criteria for suitability of measurement values of Temperature sensor module

No.	Temperature sensor	Results		Scales				
		$\bar{X}$	S.D.	1*	2*	3*	4*	5*
1	Setup Temperature sensor System 20 °C-24°C	4.40	0.55				/	
2	Setup Temperature sensor System 24 °C-28°C	4.80	0.45					/
3	Setup Temperature sensor System 28 °C-32°C	4.20	0.84				/	
Total		4.47	0.61					

* 1 = very unimportant, 2 = somewhat unimportant, 3 = neutral, 4 = somewhat important, 5 = very important.

Table 4 Criteria for suitability of measurement values of mist pump module

No.	Mist pump module	Results		Scales				
		$\bar{X}$	S.D.	1*	2*	3*	4*	5*
1	Moisture sensor <60 % system on	4.80	0.45					/
2	Moisture sensor >70 % system off	4.20	0.84				/	
3	Temperature sensor >28 °C system on	4.60	0.55					/
4	Temperature sensor <24 °C system off	4.00	0.71				/	
Total		4.40	0.63					

* 1 = very unimportant, 2 = somewhat unimportant, 3 = neutral, 4 = somewhat important, 5 = very important.

จากผลการวิจัย ผลที่ทำให้เห็ดหลินจือมีน้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.09 เป็นผลมาจากการวิเคราะห์และพัฒนาชุดเซ็นเซอร์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนให้เหมาะสมและคงที่ โดยเขียนโปรแกรมวางเงื่อนไขเซ็นเซอร์ของ IoT ไปสั่งเปิดชุดพ่นหมอก เปิด-ปิดการทำงานให้รักษาอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ พร้อมแจ้งเตือนส่งการผ่านแอปพลิเคชันของเกษตรกร ส่งผลให้ชุมชนขายเห็ดหลินจือได้น้ำหนักสูงขึ้น เกิดรายได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการสังเคราะห์และพัฒนาชุดเซ็นเซอร์ควบคุมความชื้น อุณหภูมิในโรงเรือนที่ดี ซึ่งสรุปผลการประเมินอุปกรณ์และรองรับค่าเซ็นเซอร์ควบคุมความชื้น อุณหภูมิของอุปกรณ์ที่เหมาะสมใช้ภายในโรงเรือนเห็ดหลินจือ มีผลการรับรองภาพรวมเฉลี่ยทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมมาก เมื่อพิจารณาผลการประเมินในแต่ละอุปกรณ์ มีรายละเอียดดังนี้ 1) อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้น ที่ตั้งค่าในระบบอยู่ช่วงร้อยละ 60-70 มีความเหมาะสมมากที่สุด 2) อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ที่ตั้งค่าในระบบอยู่ช่วง 24-28 °C มีความเหมาะสมมาก และ 3) อุปกรณ์ชุดหัวพ่นหมอกมีความเหมาะสมมาก โดยตั้งการทำงานไว้เมื่อความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 60 และจะหยุดทำงานเมื่อความชื้นสูงกว่าร้อยละ 70 หรือหัวพ่นหมอกจะทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 28 °C และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 24 °C จึงสรุปได้ว่า ผลการสังเคราะห์และรับรองผลอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถนำไปใช้งานจริงได้เหมาะสมมาก ซึ่งเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่น่าการตั้งค่าเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นในโรงเรือนเห็ดด้วยเทคโนโลยี IoT พร้อมสั่งการด้วยแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบ IoT โดยใช้เซ็นเซอร์ควบคุมความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 60-70 และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24-28 °C ในฟาร์มเห็ดหลินจือทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากโรงเรือนที่มีการติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ไปควบคุมระบบพ่นหมอก เมื่อน้ำหนักของเห็ดหลินจือไปเปรียบเทียบกับโรงเรือนแบบปกติที่มีน้ำหนักอยู่ที่ 22.79 กรัม/ดอก จึงพบความแตกต่างด้านน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 29.42 กรัม/ดอก มีอัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น 6.63 กรัม/ดอก คิดน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.09 เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการดำเนินงานที่มีการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับปัญหาความต้องการ และสภาพปัจจุบันจากเอกสารตำรา งานวิจัยและแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวข้อง โดยงานวิจัยมุ่งเน้นดำเนินการลงพื้นที่ประชุมทำความเข้าใจระหว่างนักวิจัยกับชุมชน รวมถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องที่มีการใช้วิธีการสังเคราะห์รูปแบบและสรุปผลองค์ประกอบแล้วนำนวัตกรรมที่ได้ไปขอข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนหรือวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ สรุปว่า นวัตกรรม IoT ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยจัดการอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเห็ดจนทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเห็ดเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 29.42 กรัม/ดอก (เดิมอยู่ที่ 22.79 กรัม/ดอก) คิดเป็นอัตราน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.63 กรัม/ดอก และคิดร้อยละของน้ำหนักค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 29.09 จึงทำให้ชุมชนได้เห็ดที่มีน้ำหนักมากขึ้น ส่งผลให้รายได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในรายนี้นี้ได้รับการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิ และคนในชุมชนทุกท่าน ที่ได้กรุณาใช้เวลาอันมีค่าในการ

ให้สัมภาษณ์ ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ตรวจสอบรูปแบบ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็นที่ดีในการพัฒนาเครื่องมือทุก ๆ ชิ้นให้มีประสิทธิภาพ

References

- Arreerard, T., & Arreerard, W. (2020). IoT system for humidity and temperature monitoring to promote cultivation of mushrooms in greenhouses to have a complete product. *Journal of Applied Information Technology*, 9(1), 7-17. (in Thai)
- Bahrudin, M. S. B., Kassim, R. A., & Buniyamin, N. (2013). *Development of fire alarm system using raspberry Pi and Arduino Uno*. Accessed May 20, 2023. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/280829016_Development_of_Fire_Alarm_System_using_Raspberry_Pi_and_Arduino_Uno
- Biswas, S., Datta, M., & Ngachan, S. V. (2012). *Mushrooms: A Manual for cultivation*. New Delhi: Raj Press.
- Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, 15, 11-23. doi: 10.1016/J.BTRE.2017.03.002
- Kaewmard, N., & Saiyod, S. (2014). Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm. *Proceedings of 2014 IEEE conference on wireless sensors (ICWiSE)* (pp.106-112). Subang: Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/ICWiSE.2014.7042670
- Kamra, A., & Bhatt, A. B. (2013). First attempt of an organic cultivation of red *Ganoderma lucidum* under subtropical habitat and its economics. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(Suppl. 4), 94-98.
- Nuboon, T., Wengsungnoen, P., Sutthiprapha, P., Chanprom, S., & Jaruwongwittaya, T. (2014). Comparison method of Shiitake (*Lentinula edodes*) productivity stimulated. *RMUTI Journal Science and Technology*. 7(1),80-88. (in Thai)
- Sinton, S. (2013). Develop a video recommendation system using content-based filtering technique. Master's thesis, research and development institute Rajabhat Maha Sarakham University. Retrieved 19 April 2022, from <http://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2556/106845/abstract.pdf> (in Thai)

- Sinton, S., Budsmun, S., Sichaiwong, P., Tongnamtiang, S., & Songphum, C. (2022). Development of a sensor system to detect abnormalities of water in mountain water pipes with IoT technology for agriculture and consumption of Tadrinthong Community, Chaiyaphum Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 19(2), 143–149. doi:10.14456/paj.2022.30 (in Thai)
- Sinton, S., Budsmun, S., Simmatun, P., & Songphum, C. (2020). A Study and development of software prototype of the further study recommendation in 21st century relying individuals skills based on multiple intelligence theory for 12th graders. *Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University*. 17(32),213-224. (in Thai)

Research article

Synthesize moisture and develop a highly accurate Reishi mushroom quantity control system with IoT sensor technology to increase mushroom product export entire of Kanchana community enterprise mushroom farm, Chaiyaphum Province

Samart Sinton^{1*} Sittichai Bussaman² Pramuk Sichaiwong³ Chartnarongsak Suthandee⁴ Kreangsak Chokwarakul⁵ Duanpenporn Chaipugdee⁶ and Chanunchida Songphum⁷

¹*Computer science Faculty of Arts and Sciences Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

²*Computer science Faculty of Science and Technology Maha Sarakham Rajabhat University, Muang District, Maha Sarakham Province 44000*

³*Interdisciplinary for Local Development Faculty of Political Science Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

⁴*Human Resource Management Faculty of Political Science Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

⁵*Laws Faculty of Political Science Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

⁶*Curriculum and Instruction Faculty of Education, Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

⁷*Policy and Planning Division Office of the President Chaiyaphum Rajabhat University, Muang District, Chaiyaphum Province 36000*

ARTICLE INFO

Article history

Received: 23 February 2023

Revised: 16 May 2023

Accepted: 19 May 2023

Online published: 9 June 2023

Keyword

Smart agriculture

Internet of things

Sensor

Reishi mushroom

Precise Agriculture

ABSTRACT

This phase of research aims to study the weight gain effect of *Ganoderma lucidum*, which is a part of the research entitled, " Synthesize moisture and develop a highly accurate Reishi mushroom quantity control system with IoT sensor technology to increase mushroom product export entire of Kanchana community enterprise mushroom farm Chaiyaphum Province". As for the methodology, there were two mushroom houses, each containing 1,000 blocks each. The normal house and controlled house were compared by using sensors to analyze the suitable and constant humidity control values and by writing a program to set up conditions for the IoT sensor system to turn on and off the misting system while keeping a constant temperature and humidity. The findings revealed that the synthesis of humidity and temperature-controlled sensor values used in commanding the misting system to turn on had appropriate values for mushroom growth. The conditions of the system are as follows: 1) The misting system will be activated when the humidity is lower than 60 % and will be turned off when it is higher than 70 %, and 2) The misting system will be activated when the temperature is higher than 28 oC and will be turned off when it is lower than 24 oC, depending on which conditions were likely to occur, Maintaining constant temperature and humidity in the house as well. As the resulted, the synthesized sensor value was appropriate and able to maintain constant humidity and temperature management in the mushroom house. Hence, the productivity of the mushroom has increased, resulting in higher weight and income.

*Corresponding author

E-mail address: sinton45@gmail.com (S. Sinton)

Online print: 9 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.12>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ปริมาณสารไฟโตสเตอรอลและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวบางสายพันธุ์

เวทิน รักษาพล¹ พรพิชญ ธรรมปัทม² และ สรรยา พิมราช^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 10 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 4 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 6 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 12 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

ข้าวพันธุ์พื้นเมือง

ข้าวเพื่อสุขภาพ

ข้าวกล้อง

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารต้านอนุมูลอิสระ

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารไฟโตสเตอรอลและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในข้าวบางสายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยข้าว 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย หอมไผ่เบญจ ไร่ชัยบุรี นิลสุรินทร์ และทับทิมชุมแพ วิเคราะห์หาปริมาณไฟโตสเตอรอล วิตามินอี แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเมล็ดข้าวกล้องทั้ง 6 พันธุ์ จากการศึกษาพบว่าข้าวต่างสายพันธุ์กันมีปริมาณสารไฟโตสเตอรอล วิตามินอี แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สารไฟโตสเตอรอลส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในรูปของ Campesterol, β -Sitosterol และ Stigmasterol (69.85, 14.53 และ 7.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ข้าวพันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย และหอมไผ่เบญจมีปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ ไร่ชัยบุรี และนิลสุรินทร์ วิตามินอีส่วนใหญ่อยู่ในรูป γ -Tocotrienol มากที่สุด (62.19 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ α -Tocotrienol (28.63 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่วิตามินอีที่อยู่ในรูป α -Tocopherol, γ -Tocopherol, δ -Tocopherol และ β -Tocopherol พบในปริมาณต่ำ ซึ่งข้าวพันธุ์โสมมาลีมีปริมาณวิตามินอีทั้งหมดสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ข้าวพันธุ์นิลสุรินทร์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมา คือ ไร่ชัยบุรี และทับทิมชุมแพ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์หอมพิมาย โสมมาลี และหอมไผ่เบญจ ข้าวพันธุ์หอมไผ่เบญจมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์หอมพิมาย และ โสมมาลี ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ไร่ชัยบุรีมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์โสมมาลี หอมไผ่เบญจ นิลสุรินทร์ ทับทิมชุมแพ และ หอมพิมาย ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงนั้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากรวมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลาย ๆ ชนิดรวมกัน ดังนั้น การเลือกบริโภคข้าวเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจได้รับสารอาหารและสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพไม่เพียงพอ การบริโภคข้าวเพื่อสุขภาพ หรือรับประทานข้าวเพื่อเป็นยา ควรเลือกบริโภคข้าวหลายชนิดรวมกัน ซึ่งอาจจะนำข้าวกล้องที่มีสีเข้มมาผสมกับข้าวกล้องสีขาว เช่น ข้าวไร่ชัยบุรีผสมกับข้าวโสมมาลี หรือผสมกับข้าวหอมไผ่เบญจ เป็นต้น

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญชนิดหนึ่งของประชากรโลก เมล็ดข้าวเป็นแหล่งของสารอาหารต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหาร นอกจากนี้ในเมล็ดข้าวยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพที่ สารบางชนิดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ ลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล (gamma oryzanol) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) วิตามินอีในกลุ่มโทโคฟีรอล ฟลาโวนอยด์ และฟีนอลิก เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Garcia et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็ก ธาตุสังกะสี และวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 ไบโอฟาฟอสโฟลิก 3 ไบโอฟาฟอสโฟลิก 6 ไบโอฟาฟอสโฟลิก 9 และสาร acylated sterol glucosides (ASGs) ช่วยการทำงานของอินซูลิน และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Rice Family Thailand, 2023) สารไฟโตสเตอรอล (phytosterol) หรือ แพลนท์ สเตอรอล (plant sterol) เป็นไฟโตนิว

เทรียนท์ (phytonutrient) หรือ สเตอรอลที่ได้จากพืช จัดเป็นสารธรรมชาติในกลุ่มของไตรเทอร์เพน (triterpene) มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับคอเลสเตอรอล (Moreau et al., 2002; Ostlund, 2002) พบในเมล็ดข้าวในส่วนจมูกข้าว รำข้าว และน้ำมันรำข้าว สารไฟโตสเตอรอลยังเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของโมเลกุลโอไรซานอล ซึ่งเป็นสารธรรมชาติ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Lampi et al., 1999) ช่วยทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL cholesterol) ในร่างกายลดลง โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อคอเลสเตอรอลชนิดดี (HDL cholesterol) ซึ่งช่วยยับยั้งการอักเสบ และยับยั้งการเกิดเนื้องอก (Nystrom et al., 2007) ป้องกันจากการเหนี่ยวนำการเกิดเซลล์มะเร็งได้ (Awad & Fink, 2000) ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอก ทำลายเซลล์มะเร็งเต้านม ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และมะเร็งต่อมลูกหมากได้ (Tapiero et al., 2003) และมีหลายรายงานวิจัยที่บ่งชี้ว่า วิตามินอี (Debie & Larondelle, 2005; Yoshida et al., 2007) สารแอนโทไซยานิน (Wang et al., 2007; Sompong et al., 2011)

*Corresponding author

E-mail address: sumranp@gmail.com (S. Pimratch)

Online print: 12 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.13>

และสารประกอบฟีนอลิก (Akinmoladun et al., 2007; Shen et al., 2009; Butsat & Siriamornpun, 2010; Vichapong et al., 2010; Walter et al., 2013) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้

สารไฟโตสเตอรอลพบในธัญพืช ถั่ว งา น้ำมันพืช เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก และน้ำมันงา เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบในเมล็ดข้าวในส่วนจมูกข้าว รำข้าว และน้ำมันรำข้าว (Van Hoed et al., 2006; Marangoni & Poli, 2010) อย่างไรก็ตามการศึกษาไฟโตสเตอรอลในข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวเพื่อสุขภาพยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวเพื่อสุขภาพบางสายพันธุ์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในส่วนของ การปรับปรุงพันธุ์ หรือนำไปส่งเสริมเกษตรกรปลูกขยาย และแปรรูปเพิ่มมูลค่าข้าวที่มีคุณภาพทางโภชนาการสูงเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของสารไฟโตสเตอรอล วิตามินอี แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกล้องบางสายพันธุ์

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

นำเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ผ่านการนวดและตากแดดให้แห้ง (ความชื้น 12-14 เปอร์เซ็นต์) มาสีให้เป็นข้าวกล้องด้วยเครื่องสีข้าว นำเมล็ดข้าวกล้องแต่ละพันธุ์ที่ได้ไปทำการบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงร่อน (sieving) ขนาด 250 μm และเก็บตัวอย่างในถุงที่บดแสงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารไฟโตสเตอรอลและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยเมล็ดข้าวกล้อง พันธุ์โฮมมาลี หอมพิมาย หอมใบเตย ไรซ์เบอร์รี่ นิลสุรินทร์ และทับทิมชุมแพ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไฟโตสเตอรอลและวิตามินอี ตามวิธีของ Thammapat et al. (2016) วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH Different (Abdel-Aal & Hucl, 1999) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้ ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method (Noreen et al., 2017) และวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity (Loypimai et al., 2015)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป Statistic version 8.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน (Figure 1) มีผลทำให้ปริมาณไฟโตสเตอรอลแตกต่างกัน (Table 1) สารไฟโตสเตอรอลที่อยู่ในรูปของ Campesterol Stigmasterol β -Sitosterol Δ^5 -Avenasterol Δ^7 -Stigmasterol และ Δ^7 -Avenasterol ของข้าวพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 144.6-165.60 10.33-19.15 28.88-33.84 2.81-5.55 8.38-12.92 และ 2.56-4.59 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ

Campesterol, β -Sitosterol และ Stigmasterol เท่ากับ 69.85 14.53 และ 7.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ข้าวพันธุ์โฮมมาลี หอมพิมาย และหอมใบเตยมีปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดสูงสุดตามลำดับ (223.32 222.83 และ 221.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งข้าวทั้ง 3 พันธุ์ดังกล่าวปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ ไรซ์เบอร์รี่ และนิลสุรินทร์ (215.90 214.86 และ 214.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ)

ปริมาณวิตามินอีที่พบในเมล็ดข้าวกล้องซึ่งอยู่ในรูปของ α -Tocopherol, β -Tocopherol, γ -Tocopherol, δ -Tocopherol, α -Tocotrienol และ γ -Tocotrienol ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (8.60-12.88 0.11-0.29 5.10-5.79 0.11-0.31 44.18-54.92 103.20-118.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) แต่ไม่พบวิตามินอีที่อยู่ในรูปของ β -Tocotrienol และ δ -Tocotrienol พันธุ์ข้าวแตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีแตกต่างกัน ส่วนมากพบว่าวิตามินอีอยู่ในรูป γ -Tocotrienol มากที่สุด เท่ากับ 62.19 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ α -Tocotrienol เท่ากับ 28.63 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิตามินอีที่อยู่ในรูป α -Tocopherol γ -Tocopherol δ -Tocopherol และ β -Tocopherol พบในปริมาณต่ำ เท่ากับ 5.82 3.11 0.13 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งข้าวพันธุ์โฮมมาลีมีปริมาณวิตามินอีทั้งหมดสูงที่สุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์หอมพิมาย หอมใบเตย ทับทิมชุมแพ นิลสุรินทร์ และ ไรซ์เบอร์รี่ (Table 2)

พันธุ์ข้าวต่างกันมีผลทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) โดยที่ข้าวพันธุ์นิลสุรินทร์ปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมา คือ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ ตามลำดับ (27.58 27.58 และ 21.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวพันธุ์หอมพิมาย โฮมมาลี และหอมใบเตย มีปริมาณสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 1.36 1.10 และ 0.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) ข้าวพันธุ์หอมใบเตยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 368.11 มิลลิกรัม GAE ต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ พันธุ์หอมพิมาย และ โฮมมาลี ตามลำดับ (336.98 327.83 มิลลิกรัม GAE ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ทับทิมชุมแพ และ นิลสุรินทร์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในปริมาณ 308.84 274.99 และ 265.98 มิลลิกรัม GAE ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และจากการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกล้อง โดยวิธี DPPH พบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) โดยที่ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 44.73 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พันธุ์โฮมมาลี หอมใบเตย นิลสุรินทร์ และ ทับทิมชุมแพ ตามลำดับ (43.29 43.48 42.24 และ 42.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนข้าวพันธุ์หอมพิมายมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ (38.67 เปอร์เซ็นต์)



Figure 1 Six rice varieties including Som Malee, Hom Pimai, Hom Baitoei, Riceberry, Ninsurin and Tubtim Chum Phae

Table 1 Phytosterols in 6 rice varieties

Varieties	Campesterol (mg/100g)	Stigmasterol (mg/100g)	β -Sitosterol (mg/100g)	Δ^5 -Avenasterol (mg/100g)	Δ^7 -Stigmasterol (mg/100g)	Δ^7 -Avenasterol (mg/100g)	Total Phytosterol (mg/100g)
Som Malee	165.60 $\pm$ 1.18 ^{a1/}	10.33 $\pm$ 0.53 ^d	28.88 $\pm$ 0.15 ^c	5.55 $\pm$ 0.49 ^a	8.38 $\pm$ 0.32 ^d	4.59 $\pm$ 0.39 ^a	223.32 $\pm$ 2.04 ^a
Hom Pimai	156.51 $\pm$ 0.69 ^b	17.12 $\pm$ 0.81 ^{bc}	30.37 $\pm$ 0.45 ^b	2.94 $\pm$ 0.21 ^b	12.92 $\pm$ 0.35 ^a	2.97 $\pm$ 0.39 ^{cd}	222.83 $\pm$ 1.08 ^a
Hom Baitoei	154.74 $\pm$ 0.45 ^b	16.50 $\pm$ 0.57 ^c	30.96 $\pm$ 0.27 ^b	2.81 $\pm$ 0.26 ^b	12.13 $\pm$ 0.20 ^b	4.01 $\pm$ 0.22 ^{ab}	221.15 $\pm$ 0.67 ^a
Riceberry	147.34 $\pm$ 0.51 ^c	17.77 $\pm$ 0.22 ^b	33.55 $\pm$ 0.67 ^a	2.99 $\pm$ 0.15 ^b	10.65 $\pm$ 0.29 ^c	2.56 $\pm$ 0.21 ^d	214.86 $\pm$ 1.46 ^b
Ninsurin	144.68 $\pm$ 2.14 ^d	19.15 $\pm$ 0.63 ^a	33.84 $\pm$ 1.19 ^a	2.92 $\pm$ 0.36 ^b	11.52 $\pm$ 0.50 ^b	2.59 $\pm$ 0.49 ^d	214.70 $\pm$ 5.11 ^b
Tubtim Chum Phae	148.18 $\pm$ 0.39 ^c	17.41 $\pm$ 0.49 ^{bc}	33.20 $\pm$ 0.41 ^a	2.95 $\pm$ 0.31 ^b	10.77 $\pm$ 0.44 ^c	3.39 $\pm$ 0.33 ^{bc}	215.90 $\pm$ 1.13 ^b
Mean	152.84 $\pm$ 0.89	16.38 $\pm$ 0.54	31.80 $\pm$ 0.53	3.36 $\pm$ 0.30	11.06 $\pm$ 0.35	3.35 $\pm$ 0.34	218.79 $\pm$ 1.77
%	69.85	7.49	14.53	1.54	5.06	1.53	100.00
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.71	3.48	1.97	9.42	3.28	10.47	1.14

^{1/}Mean values $\pm$ standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ** = significant at P< 0.01.

Table 2 Vitamin E in 6 rice varieties

Varieties	α -Tocopherol (mg/100g)	β -Tocopherol (mg/100g)	γ -Tocopherol (mg/100g)	δ -Tocopherol (mg/100g)	α -Tocotrienol (mg/100g)	γ -Tocotrienol (mg/100g)	Total vitamin E (mg/100g)
Som Malee	10.99 $\pm$ 0.42 ^{a1/}	0.11 $\pm$ 0.02 ^d	5.40 $\pm$ 0.14 ^{bc}	0.14 $\pm$ 0.01 ^c	53.76 $\pm$ 2.24 ^a	113.41 $\pm$ 0.66 ^b	183.80 $\pm$ 1.19 ^a
Hom Pimai	10.48 $\pm$ 0.32 ^c	0.18 $\pm$ 0.02 ^c	5.79 $\pm$ 0.16 ^a	0.11 $\pm$ 0.02 ^c	54.92 $\pm$ 0.95 ^a	107.28 $\pm$ 0.48 ^d	178.76 $\pm$ 1.11 ^b
Hom Baitoei	12.88 $\pm$ 0.18 ^a	0.11 $\pm$ 0.02 ^d	5.66 $\pm$ 0.08 ^{ab}	0.19 $\pm$ 0.02 ^b	49.72 $\pm$ 0.74 ^b	109.48 $\pm$ 0.88 ^c	178.04 $\pm$ 0.08 ^b
Riceberry	9.66 $\pm$ 0.12 ^d	0.25 $\pm$ 0.02 ^{ab}	5.10 $\pm$ 0.17 ^d	0.28 $\pm$ 0.03 ^a	46.99 $\pm$ 0.53 ^c	103.29 $\pm$ 0.89 ^e	165.59 $\pm$ 1.39 ^c
Ninsurin	8.60 $\pm$ 0.15 ^f	0.24 $\pm$ 0.02 ^b	5.37 $\pm$ 0.18 ^c	0.30 $\pm$ 0.02 ^a	44.18 $\pm$ 0.40 ^d	118.58 $\pm$ 1.12 ^a	177.29 $\pm$ 1.03 ^b
Tubtim Chum Phae	9.18 $\pm$ 0.20 ^e	0.29 $\pm$ 0.02 ^a	5.74 $\pm$ 0.11 ^a	0.31 $\pm$ 0.03 ^a	54.35 $\pm$ 0.48 ^a	108.11 $\pm$ 0.43 ^{cd}	177.98 $\pm$ 0.44 ^b
Mean	10.30 $\pm$ 1.45	0.20 $\pm$ 0.07	5.51 $\pm$ 0.28	0.22 $\pm$ 0.08	50.65 $\pm$ 4.29	110.03 $\pm$ 5.57	176.91 $\pm$ 5.75
%	5.82	0.12	3.11	0.13	28.63	62.19	100.00
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	2.45	9.69	2.63	9.72	2.17	0.71	0.66

^{1/}Mean values $\pm$ standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ** = significant at P< 0.01.

Table 3 Anthocyanin total phenolics and free radical scavenging activity determined by DPPH method

Varieties	Anthocyanin (mg/100g)	Total phenolics (mgGAE/100g)	DPPH (% Inhibition)
Som Malee	1.10 $\pm$ 0.16 ^{a1/}	327.83 $\pm$ 4.44 ^b	43.29 $\pm$ 0.23 ^b
Hom Pimai	1.36 $\pm$ 0.11 ^d	336.98 $\pm$ 7.03 ^b	38.67 $\pm$ 0.71 ^d
Hom Baitoei	0.98 $\pm$ 0.16 ^d	368.11 $\pm$ 6.07 ^a	43.48 $\pm$ 0.45 ^b
Riceberry	27.58 $\pm$ 0.52 ^b	308.84 $\pm$ 5.72 ^c	44.73 $\pm$ 0.46 ^a
Ninsurin	28.67 $\pm$ 0.25 ^a	265.98 $\pm$ 10.78 ^d	42.24 $\pm$ 0.89 ^c
Tubtim Chum Phae	21.71 $\pm$ 0.36 ^c	274.99 $\pm$ 8.78 ^d	42.19 $\pm$ 0.38 ^c
F-test	**	**	**
C.V. (%)	2.18	2.38	1.32

^{1/}Mean values $\pm$ standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ** = significant at P< 0.01.

จากการศึกษาครั้งนี้สารไฟโตสเตอรอลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Campesterol, β -Sitosterol และ Stigmasterol ข้าวพันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย และหอมไเบเตยมีปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ ไรซ์เบอร์รี่ และนิลสุรินทร์ จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าข้าวกล้องที่เป็นข้าวเจ้าเมล็ดข้าวกล้องสีขาวมีปริมาณของสารไฟโตสเตอรอลทั้งหมดในเมล็ดสูงกว่าข้าวกล้องที่มีสีสีแดง สีม่วง หรือสีดำ ซึ่งข้าวพันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย และหอมไเบเตยทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นข้าวเจ้าที่มีเมล็ดข้าวกล้องสีขาว ในขณะที่ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ ไรซ์เบอร์รี่ และนิลสุรินทร์ ซึ่งเป็นข้าวเจ้าที่เมล็ดข้าวกล้องมีสีแดง สีม่วง และสีดำ ตามลำดับ Marangoni & Poli (2010) รายงานว่า มีปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดในเมล็ดข้าวเจ้า 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดจะพบในปริมาณสูงที่สุดในน้ำมันรำข้าว เท่ากับ 1,830 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เช่นเดียวกันกับ Van Hoed et al. (2006) พบว่า ปริมาณสารไฟโตสเตอรอลพบมากในน้ำมันข้าวดิบ 2.94 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าข้าวกล้องมีปริมาณของสารไฟโตสเตอรอลทั้งหมดอยู่ในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณของสารไฟโตสเตอรอลทั้งหมดในน้ำมันรำข้าว ดังนั้น จำควรนำเอารำข้าวจากสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารไฟโตสเตอรอลสูงไปสกัดเป็นน้ำมันรำข้าว ในขณะที่เมล็ดข้าวเมล็ดข้าวนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องที่มีสารไฟโตสเตอรอลในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาารูปของสารไฟโตสเตอรอลที่มีประโยชน์มาก คือ β -Sitosterol ซึ่งสามารถป้องกันมะเร็งได้หลายชนิด เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม และมะเร็งในลำไส้ใหญ่ พบว่า นิลสุรินทร์ ไรซ์เบอร์รี่ และ ทับทิมชุมแพ มีปริมาณ β -Sitosterol สูงกว่าข้าวพันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย และ หอมไเบเตย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณของสารไฟโตสเตอรอลแต่ละรูปแบบที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกันออกไป

วิตามินอีและสารประกอบฟีนอลิกได้รับความสนใจเพราะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติซึ่งปลอดภัยกว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ (Yim et al., 2013) การศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณวิตามินอีซึ่งอยู่ในรูปของ α -Tocopherol β -Tocopherol γ -Tocopherol δ -Tocopherol α -Tocotrienol และ γ -Tocotrienol ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สายพันธุ์ข้าวแตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณวิตามินอีแตกต่างกัน ส่วนมากพบว่าวิตามินอีอยู่ในรูป γ -Tocotrienol มากที่สุด (62.19 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ α -Tocotrienol (28.63 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งข้าวพันธุ์โสมมาลีมีปริมาณวิตามินอีทั้งหมดสูงสุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์หอมพิมาย หอมไเบเตย ทับทิมชุมแพ นิลสุรินทร์ และ ไรซ์เบอร์รี่ เช่นเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า ข้าวพันธุ์หอมไเบเตยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์หอมพิมาย และ โสมมาลี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์นิลสุรินทร์ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ แต่ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์นี้กลับมีปริมาณของสารแอนโทไซยานินในปริมาณสูงกว่า 3 สายพันธุ์แรก จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงและสารแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของข้าว และจาก

การวัดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกล้อง จำนวน 6 พันธุ์ โดยวิธี DPPH พบว่า กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์โสมมาลี หอมไเบเตย นิลสุรินทร์ และ ทับทิมชุมแพ ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์หอมพิมายมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ Shen et al. (2009) ข้าวสีขาวย ข้าวสีแดง และข้าวสีดำมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้น้อยไปหามาก ตามลำดับ Walter et al. (2013) ได้ทำการศึกษาคณสมบัติของการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้อง ข้าวสีแดงและข้าวสีดำและผลจากกระบวนการแปรรูปข้าวพบว่า สายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกที่ละลายได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากงานวิจัยของ Sompong et al. (2011) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวสีแดงและข้าวสีดำสายพันธุ์ไทย จีน และศรีลังกาพบว่า มีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 19.40-140.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีในข้าวดำมากที่สุด ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของข้าวแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งข้าวสายพันธุ์ไทยพบว่ามีสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารไฟโตสเตอรอล วิตามินอี แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกัน และส่งผลทำให้มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน ซึ่งข้าวพันธุ์ที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงนั้นอาจเป็นผลเนื่องมาผลรวมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลาย ๆ ชนิดรวมกัน ดังนั้น การเลือกบริโภคข้าวเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจได้รับสารอาหารและสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพไม่เพียงพอ การบริโภคข้าวเพื่อสุขภาพ หรือบริโภคข้าวเพื่อเป็นยา ควรเลือกบริโภคข้าวหลายชนิดรวมกัน ซึ่งอาจจะนำข้าวกล้องที่มีสีเข้มมาผสมกับข้าวกล้องสีขาว เช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมกับข้าวโสมมาลี หรือผสมกับข้าวหอมไเบเตย เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

ข้าวพันธุ์โสมมาลี หอมพิมาย และหอมไเบเตยมีปริมาณไฟโตสเตอรอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ ไรซ์เบอร์รี่ และนิลสุรินทร์ ซึ่งข้าวพันธุ์โสมมาลีมีปริมาณวิตามินอีทั้งหมดสูงสุดและมีปริมาณมากกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ในทางตรงกันข้ามข้าวพันธุ์นิลสุรินทร์กลับมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงสุด รองลงมา คือ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ ตามลำดับ ซึ่งข้าวทั้ง 3 พันธุ์นี้ มีปริมาณสารแอนโทไซยานินที่สูงกว่าข้าวพันธุ์หอมพิมาย โสมมาลี และหอมไเบเตย ข้าวพันธุ์หอมไเบเตยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์หอมพิมาย และ โสมมาลี ตามลำดับ โดยที่ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือ พันธุ์โสมมาลี หอมไเบเตย นิลสุรินทร์ ทับทิมชุมแพ และ หอมพิมาย ตามลำดับ พันธุ์ข้าวที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่ในปริมาณสูงสามารถนำไปบริโภคเป็นข้าวเพื่อสุขภาพได้ โดยอาจนำไปแปรรูปเป็นข้าวกล้อง 3 สี หรือข้าวกล้องหลาย ๆ สี ตลอดจนนำไปแปรรูปเป็นข้าวกล้องงอกเพื่อเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางชนิดและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ต่อไป

References

- Abdel-Aal, E. S. M., & Hucl, P. (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*, 76(3), 350-354.
- Akinmoladun, A. C., Ibukun A., Afor, E., Obuotor, E. M., & Farombi, O. (2007). Phytochemical constituent and antioxidant activity of extract from the leaves of *Ocimum gratissimum*. *Scientific Research and Essays*, 2(5), 163-166.
- Awad, A. B., & Fink, C. S. (2000). Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 130(9), 2127-2130. doi: 10.1093/jn/130.9.2127
- Butsat, S., & Siriamornpun, S. (2010). Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 119(2), 606-613.
- Debier, C., & Larondelle, Y. (2005). Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring. *British Journal of Nutrition*, 93(2), 153-174. doi: 10.1079/bjn20041308.
- Garcia, C. A., Gavino, G., Mosqueda, M. B., Hevia, P., & Gavino, V. C. (2007). Correlation of tocopherol, tocotrienol, γ -oryzanol and total polyphenol content in rice bran with different antioxidant capacity assays. *Food Chemistry*, 102(4), 1228-1232.
- Lampi, A. M., Dimberg, L. H., & Kamal-Eldin, A. K. (1999). A study on the influence of fucosterol on thermal polymerisation of purified high oleic sunflower triacylglycerols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(4), 573-579.
- Loypimai, P., Moongngarm, A., & Chottanom, P. (2015). Impact of stabilization and extraction methods on chemical quality and bioactive compounds of rice bran oil. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(11), 849-856. doi: 10.9755/ejfa.2015.09.738
- Marangoni, F., & Poli, A. (2010). Phytosterols and cardiovascular health. *Pharmacological Research*, 61(3), 193-199. doi: 10.1016/j.phrs.2010.01.001
- Moreau, R. A., Whitaker, B. D., & Hicks, K. B. (2002). Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research*, 41(6), 457-500. doi: 10.1016/s0163-7827(02)00006-1
- Noreen, H., Semmar, N., Farman, M., & McCullagh, J. S. O. (2017). Measurement of total phenolic content and antioxidant activity of aerial parts of medicinal plant *Coronopus didymus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(8), 792-801.
- Nystrom, L., Achrenius, T., Lampi, A. M., Moreau, R. A., & Piironen, V. (2007). A comparison of the antioxidant properties of steryl ferulates with tocopherol at high temperatures. *Food Chemistry*, 101(3), 947-954.
- Ostlund, R. E. (2002). Phytosterols in human nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 22(1), 533-549. doi: 10.1146/annurev.nutr.22.020702.075220
- Rice Family Thailand (2023). *High nutritious rice*. Accessed May 9, 2023. Retrieved from <https://www.thaicedb.com/rice.php?cid=6> (in Thai)
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., & Bao, J. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 106-111. doi:10.1016/j.jcs.2008.07.010
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., & Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*, 124(1), 132-140. doi:10.1016/j.foodchem.2010.05.115
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2003). Phytosterols in the prevention of human pathologies. *Biomed Pharmacother*, 57(8), 321-325. doi: 10.1016/s0753-3322(03)00104-5
- Thammapat, P., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2016). Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, γ -oryzanol and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*, 194, 230-236. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.014
- Van Hoed, V., Depaemelaere, G., Ayala, J. V., Santiwattana, P., Verhe, R., & De Greyt, W. (2006). Influence of chemical refining on the major and minor components of rice bran oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 315-321.
- Vichapong, J., Sookserm, M., Srijesdaruk, V., Swatsitang, P., & Srijaranai, S. (2010). High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1325-1330.
- Walter, M., Marchesan, E., Massoni, P. F. S., da Silva, L. P., Sartori, G. M. S., & Ferreira, R. B. (2013). Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food Research International*, 50(2), 698-703.

- Wang, Q., Han, P., Zhang, M., Xia, M., Zhu, H., Ma, J., Hou, M., Tang, Z., & Ling, W. (2007). Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 16(Suppl. 1), 295-301.
- Yim, J. H., Seon, J. K., Song, E. K., Choi, J. I., Kim, M. C., Lee, K. B., & Seo, H. Y. (2013). A comparative study of meniscectomy and nonoperative treatment for degenerative horizontal tears of the medial meniscus. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(7), 1565-1570. doi: 10.1177/0363546513488518
- Yoshida, Y., Saito, Y., Jones, L. R., & Shigeri, Y. (2007). Chemical reactivities and physical effects in comparison between tocopherols and tocotrienols: physiological significance and prospects as antioxidant. *Journal of Biosciences and Bioengineering*, 104(6), 439-445.

Research article

Phytosterols and bio-active compounds in some rice varieties

Vethin Raksapon¹ Pornpisanu Thammapat² and Sumran Pimratch^{1*}¹Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham, 44000, Thailand²Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham, 44000, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 10 May 2023

Revised: 4 June 2023

Accepted: 6 June 2023

Online published: 12 June 2023

Keyword

*Indigenous rice**Functional rice products**Husked rice**Bio-active compounds**Antioxidant*

ABSTRACT

The objectives of this study were to quantify phytosterols and bio-active compounds and to determine antioxidant activity in some rice varieties. The experiment was laid out in a completely randomized design with three replications. Six rice varieties including Som Malee, Hom Pimai, Hom Baitoey, Riceberry, Ninsurin and Tubtim Chum Phae were analyzed for phytosterols, vitamin E, anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity determined by DPPH method. Significant differences among rice varieties were observed for phytosterols, vitamin E, anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity. Campesterol, β -sitosterol and Stigmasterol were found predominantly in rice grains accounting for 69.85, 14.53 and 7.49 % of total phytosterols, respectively. Som Malee, Hom Pimai and Hom Baitoey had the highest total phytosterols, respectively, and they were significantly higher than Riceberry, Ninsurin and Tubtim Chum Phae. γ -tocotrienol contributed to the largest proportion to total vitamin E in rice grain (62.19 %) followed by α -tocotrienol (28.63 %), whereas α -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol and β -tocopherol contributed to the smallest proportion of total vitamin E. Som Malee had the highest total vitamin E, which was significantly higher than other rice varieties. Ninsurin, Riceberry and Tubtim Chum Phae had the highest anthocyanin, respectively. Riceberry had the highest antioxidant activity followed by Som Malee, Hom Baitoey, Ninsurin, Tubtim Chum Phae and Hom Pimai, respectively. Differences bio-active compounds contributed to antioxidant activity indifferent rice varieties, and consuming only one rice variety may not provide sufficient bioactive compounds. Therefore, the rice consumption as functional or medicinal food, it is highly recommended to mix brown rice of more than one variety. The mixed brown rice between white and colored rice including Riceberry, Som Malee and Haum Baitoey as multigrain rice is recommended as an excellent option for healthy.

*Corresponding author

E-mail address: sumranp@gmail.com (S. Pimratch)

Online print: 12 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.13>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การศึกษาสภาพการเลี้ยง เศรษฐกิจ และความต้องการลักษณะภายนอกด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี

กชกร สายพัฒน์ วลัยลักษณ์ แก้ววงษา และฤทธิชัย พิลาชัย*

สาขาวิชาการจัดการเกษตรและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 13 เมษายน 2566

แก้ไข: 1 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 2 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 13 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

สภาพการเลี้ยง

เศรษฐกิจ

ความต้องการลักษณะภายนอก

ควายไทย

จังหวัดอุดรธานี

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพการเลี้ยงควาย เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงควาย และศึกษาความต้องการลักษณะภายนอก โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี โดยเก็บแบบสอบถามจากเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 150 ราย และเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ ปรานัญควายไทยอุดรธานี จำนวน 20 ราย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการเลี้ยงควายเพียงพอ แรงงานที่ใช้ในการเลี้ยงควาย 1 - 2 คนต่อฟาร์ม มีประสบการณ์เลี้ยงควายส่วนใหญ่ 6 - 10 ปี มีจำนวนควายต่อฟาร์มส่วนใหญ่ น้อยกว่า 5 ตัว มีคอกและโรงเรือนเฉพาะในการเลี้ยงควาย ใช้หญ้าสดและฟางข้าวเป็นอาหารหลัก แต่ส่วนใหญ่ไม่มีการเสริมอาหารข้นและก้อนแร่ธาตุสำหรับเลี้ยงควาย การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่ใช้การผสมจริงและผสมเทียม บางกรณี เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการจดบันทึกการเลี้ยงควาย และมีรายได้ต่ำกว่า 50,000 บาทต่อปี จากการขายพ่อและแม่พันธุ์ควายและปุ๋ยคอก เกษตรกรพบปัญหาและอุปสรรคการเลี้ยงควายในระดับปานกลาง มีความต้องการระดับมากในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทย และมีแหล่งเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว เกษตรกรตัดสินใจคัดเลือกควายสำหรับการผสมพันธุ์ด้วยตัวเองเป็นส่วนใหญ่ โดยต้องการคัดเลือกลักษณะควายพ่อและแม่พันธุ์ในระดับมากจากใบพันธุ์ประวัติ การประกวดควาย และโครงสร้างลักษณะภายนอกตามอุดมทัศน์ควายไทย ระดับการศึกษาและประสบการณ์ของเกษตรกรที่แตกต่างกัน มีสภาพปัญหาการเลี้ยงควายและความต้องการองค์ประกอบในการพิจารณาเลือกควายพ่อและแม่พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

บทนำ

กระบือ หรือ ควาย เป็นสัตว์ที่มีอยู่คู่กับเกษตรกรไทยมาอย่างยาวนาน ควายที่เลี้ยงในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นควายปลัก (swamp buffalo) ซึ่งเป็นปศุสัตว์ที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรในชนบท การเลี้ยงควายในอดีตถูกเลี้ยงไว้ใช้ประโยชน์ด้านแรงงานและการขนส่งเป็นหลัก เช่น เป็นแรงงานในการลาก ไร่ พื้นที่สำหรับเกษตรกร การลากเกวียน การขนส่ง นอกจากนั้น ควายยังเลี้ยงเพื่อจำหน่าย บริโภคเนื้อ และผลพลอยได้จากการเลี้ยงควายที่เป็นแหล่งปุ๋ยคอกสำหรับเกษตรกร (Anuan, 2016) ปัจจุบันจำนวนประชากรควายในประเทศไทยและจังหวัดอุดรธานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2564 มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี พ.ศ. 2556 - 2559 พบว่า จำนวนควายมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2564 จำนวนควายกับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ควายไทย 5 ปี (พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2565) โดยในปี พ.ศ. 2564 จำนวนควายในประเทศไทยมีประมาณ 1,521,014 ตัว และจังหวัดอุดรธานีมีควายจำนวน 54,809 ตัว ตามลำดับ (Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2013) สาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อ

จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงควายและปริมาณควายที่ลดลงมีเหตุปัจจัยหลายอย่าง เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีด้านการเกษตรที่รวดเร็ว ส่งผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องจักรกลเกษตร แทนแรงงานจากควาย พื้นที่สำหรับเลี้ยงควายลดลง เกษตรกรขาดแรงงานเลี้ยงดูควาย มีความต้องการบริโภคเนื้อควายเพิ่มขึ้นในบางพื้นที่ เป็นต้น ส่งผลให้จำนวนประชากรควายลดลง (Srisak, 2006)

การอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยจึงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยพบว่ามีการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในหลายจังหวัดในประเทศ สอดคล้องกับนโยบายภาครัฐที่เห็นความสำคัญจึงได้มีการจัดทำยุทธศาสตร์ควายไทย 5 ปี (พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2565) โดยกำหนดยุทธศาสตร์ ด้านการอนุรักษ์วิถีภูมิปัญญาควายไทยและการใช้ประโยชน์อย่างครบวงจร ด้านการกระตุ้นการเพิ่มประชากรควาย ด้านการบริหารจัดการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงควายให้เป็นอาชีพที่มั่นคง ทำให้ประชากรควายไทย เพิ่มขึ้นขึ้นในปัจจุบัน (Beef Cattle, Buffalo and Product Development Working Group, 2018)

*Corresponding author

E-mail address: r.pilachai@udru.ac.th (R.Pilachai)

Online print: 31 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.14>

จังหวัดอุดรธานี ได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาและอนุรักษ์ควายไทยให้เป็นปศุสัตว์ที่สร้างอาชีพและรายได้แก่เกษตรกรอย่างมั่นคง โดยการจัดโครงการส่งเสริมอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยอย่างต่อเนื่อง เช่น กิจกรรมการประกวดควายงาม การโชว์ควาย การอบรมสัมมนาและประชาสัมพันธ์ การสนับสนุนการพัฒนาหมู่บ้านอนุรักษ์และพัฒนาควายไทย โดยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในจังหวัดอุดรธานี อย่างไรก็ตาม ปัญหาของการเลี้ยงและอนุรักษ์ควายในจังหวัดอุดรธานีไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะปริมาณควายที่ลดลงเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการที่โครงสร้างของควายส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก การเจริญเติบโตช้า ส่งผลให้น้ำหนักตัวและปริมาณเนื้อเพื่อการบริโภคลดลง นอกจากนี้ องค์ความรู้หรือภูมิปัญญาในการคัดเลือกควายตามอุดมทัศน์ควายไทย ด้วยการดูลักษณะการแสดงออกภายนอก (phenotype) ซึ่งเป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative) ของควายไทยมีจำกัด ซึ่งองค์ความรู้และทักษะนี้ เกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ และผ่านกระบวนการเลือกสรร เรียนรู้ ประยุกต์และถ่ายทอดสืบต่อกันมายาวนาน ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง (Kubkaew, 2010) ประชาชนหรือเกษตรกรผู้เลี้ยงควายที่มีความรู้ความเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ควายที่มีลักษณะตามอุดมทัศน์ควายไทย โดยเฉพาะบางกลุ่มเท่านั้น โดยกระจายอยู่ตามชนบทในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ จากเหตุผลดังกล่าว องค์ความรู้จากการศึกษาลักษณะภายนอกควายไทยที่เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นในการเลี้ยง การคัดเลือก และผสมพันธุ์ควายของเกษตรกร จึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

ดังนั้น การศึกษาสภาพการเลี้ยง เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงควาย และความต้องการ ลักษณะภายนอกควายไทยด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทย ของเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญในการอนุรักษ์และพัฒนาพันธุ์ควายไทยในจังหวัดอุดรธานี ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กำหนดยุทธศาสตร์ นโยบายและกิจกรรมในการอนุรักษ์ ส่งเสริมและพัฒนากลุ่มเลี้ยงควายให้ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 150 ราย สุ่มแบบบังเอิญ (accidental sampling) จากเกษตรกรผู้เลี้ยงควายไทยในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 10,740 ราย โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (Yamane, 1973) และเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ประจำจังหวัดอุดรธานี ปศุสัตว์ประจำอำเภอ ประชาชนควายไทยอุดรธานี สุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 20 ราย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษารวมทั้งสิ้นจำนวน 170 ราย

การเก็บข้อมูล

ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สภาพการเลี้ยงควาย เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงควาย ในจังหวัดอุดรธานี และความต้องการลักษณะภายนอกควายไทย ด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรเพื่อการอนุรักษ์ควายไทย แบบสอบถามมีความเชื่อมั่นที่ระดับ 0.83 ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปส่วน

บุคคล ข้อมูลสภาพการเลี้ยง ปัญหา เศรษฐกิจ และอุปสรรคการเลี้ยงควาย และข้อมูลความต้องการลักษณะภายนอกด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกร ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสอบถามกับเกษตรกร จำนวน 150 ราย หลังจากนั้น ดำเนินการจัดเสวนากลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ประจำจังหวัดอุดรธานี ปศุสัตว์ประจำอำเภอ ประชาชนควายไทยอุดรธานี และเกษตรกรรายย่อยในกลุ่มอนุรักษ์ควายไทย นำข้อมูลมาทำการสรุปแนวทางในการอนุรักษ์และอนุพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 20 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลสภาพการเลี้ยงควายของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา คำนวณค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลระดับปัญหาและความต้องการในการเลี้ยงควายของเกษตรกร กำหนดค่าคะแนนระดับความต้องการ และระดับปัญหาเป็น 5 ระดับ ดังนี้ มากที่สุด = 5 มาก = 4 ปานกลาง = 3 น้อย = 2 และไม่มีปัญหาหรือไม่ต้องการ = 1 แปลความหมาย ความต้องการส่งเสริมและปัญหา โดยใช้ค่าเฉลี่ยกลางเป็นเกณฑ์ดังนี้ ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.21 - 5.00, 3.41 - 4.20, 2.61 - 3.40, 1.81 - 2.60 และ 1.00 - 1.80 ตามลำดับ ทำการเปรียบเทียบระดับปัญหาและความต้องการลักษณะภายนอกด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี โดยแบ่งตามระดับการศึกษาของเกษตรกร 3 กลุ่ม ได้แก่ ประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น/มัธยมปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)/ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และปริญญาตรีขึ้นไป และแบ่งตามประสบการณ์การเลี้ยงควายของเกษตรกร 4 กลุ่ม ได้แก่ น้อยกว่า 5 ปี, 5 - 20 ปี, 21 - 30 ปี และมากกว่า 30 ปี ขึ้นไป ด้วยสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistic) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สภาพการเลี้ยงควาย เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี

ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม 150 ราย ส่วนใหญ่ เป็นเพศชายร้อยละ 61.30 อายุช่วง 41 - 55 ปี ร้อยละ 46.00 สถานภาพสมรส ร้อยละ 88.00 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาประถมศึกษา ร้อยละ 48.70 เกษตรกรมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 1 - 5 คน ร้อยละ 78.70 มีอาชีพหลักเกษตรกร ร้อยละ 90.00 และเกษตรกรมีการถือครองที่ดินเป็นของตนเอง ร้อยละ 96.00 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาสภาพการเลี้ยงควายของเกษตรกรในตำบลท่าม่วง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด โดย Sukkasem et al. (2019) พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงควาย ส่วนใหญ่มียุ อายุ 35 - 45 ปี ร้อยละ 50.00 รองลงมาคือ 20 - 35 ปี ร้อยละ 28.57 มีสถานภาพการสมรส ร้อยละ 89.29 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 71.43 มีอาชีพหลักคือ เกษตรกร ร้อยละ 96.43 และเกษตรกรทั้งหมดมีการทำนาควบคู่กับการเลี้ยงควาย ร้อยละ 100.00

สภาพการเลี้ยงควายและการจัดการ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ มีการถือครองที่ดินเป็นของตนเอง พื้นที่ในการเลี้ยงควายมีเพียงพอ ในกรณีพื้นที่ในการเลี้ยงควายไม่เพียงพอ เกษตรกรแก้ไขโดย

การเลี้ยงในที่ดินของเครือญาติหรือคนรู้จัก ทุกฟาร์มเกษตรกรมีหนองน้ำเป็นของตัวเองสำหรับให้ควายแช่ปลัก แรงงานที่ใช้ในการเลี้ยงควาย 1 - 2 คน ร้อยละ 77.30 โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้เลี้ยงเอง มีประสบการณ์เลี้ยงควายส่วนใหญ่ 6 - 10 ปี ส่วนใหญ่เกษตรกรมีจำนวนควายที่เลี้ยงรวม น้อยกว่า 5 ตัวต่อฟาร์ม ร้อยละ 87.30 โดยแบ่งเป็น ควายเพศผู้โตเต็มวัย (อายุ 3 ปีขึ้นไป) ควายเพศเมียโตเต็มวัย (อายุ 3 ปีขึ้นไป) ควายรุ่นเพศผู้ (อายุ 1 - 3 ปี) ควายรุ่นเพศเมีย (1 - 3 ปี) และลูกควายทั้งหมด รูปแบบการเลี้ยงควายส่วนใหญ่เลี้ยงผูกมัดในพื้นที่ ร้อยละ 50.70 มีคอกและโรงเรือนเฉพาะในการขังควาย ร้อยละ 98.70 เกษตรกรจัดหาหญ้าสดและฟางข้าวเป็นอาหารหลักสำหรับเลี้ยงควาย ร้อยละ 99.30 เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีอาหารเสริม ร้อยละ 65.30 และไม่มีการให้ก้อนแร่ธาตุ ร้อยละ 58.70 จากรายงานการศึกษานโยบายและพัฒนาการของการอนุรักษ์ควายในประเทศไทย ภูมิปัญญา และพัฒนาการของการอนุรักษ์ควายในประเทศไทย โดย Rattamana et al. (2018) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงควายด้วยอาหารจำพวกหญ้าสด หญ้าแห้ง ฟางข้าว และเกลือ เป็นหลัก อาจมีบ้างที่ใช้อาหารเสริมจำพวก ข้าวโพด และอาหารเม็ดเช่นเดียวกับเกษตรกรในจังหวัดอุดรธานี สอดคล้องกับสภาพการเลี้ยงควายของเกษตรกรจังหวัดพะเยา โดย Intawicha et al. (2017) พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงควายส่วนใหญ่ เป็นเพศชายจบชั้นประถมศึกษา มีการเลี้ยงควายเป็นอาชีพหลัก มีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงเพื่อผลิตลูกจำหน่าย เกษตรกรได้พันธุ์ควายมาจากเครือญาติ โดยยังไม่มีมีการจดบันทึกพันธุ์ประวัติ มีรูปแบบการเลี้ยงแบบปล่อย ปล่อยให้กินหญ้าตามทุ่งนา เกษตรกรมีการให้ฟางข้าวและแร่ธาตุเสริมให้ควายกินภายในคอก เกษตรกรใช้วิธีผสมพันธุ์ควายแบบธรรมชาติ ได้รับวัคซีนป้องกันโรค และตรวจสุขภาพจากหน่วยงานภาครัฐเป็นประจำ และเกษตรกรจำหน่ายควายมีชีวิตให้กับพ่อค้าคนกลางเป็นส่วนใหญ่

เกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี ส่วนใหญ่ผสมพันธุ์ควายด้วยการผสมจริงจากพ่อพันธุ์และผสมเทียมเป็นบางกรณี ร้อยละ 47.30 โดยเริ่มผสมพันธุ์เมื่อแม่ควายมีอายุมากกว่า 27 เดือน ร้อยละ 70.70 กรณีการผสมเทียมควายได้รับการผสมเทียมโดยสัตวแพทย์กรมปศุสัตว์และอาสาปศุสัตว์ในพื้นที่ ร้อยละ 48.00 โดยเกษตรกรมีการตัดสินใจคัดเลือกสายพันธุ์สำหรับการผสมพันธุ์ด้วยตัวเองเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 98.70 การดูแลรักษาสุขภาพควายกรณีเจ็บป่วยโดยสัตวแพทย์จากกรมปศุสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 50.70 เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการจดบันทึกในการเลี้ยงควาย ร้อยละ 46.00 เกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากการเลี้ยงควายระหว่างปี ต่ำกว่า 50,000 บาท ร้อยละ 66.70 ส่วนใหญ่เป็นรายได้ที่มาจากการขายพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ ร้อยละ 64.00 และการขายปุ๋ยคอก ร้อยละ 40.00

ปัญหาและอุปสรรคการเลี้ยงควายของเกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี พบว่าอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ปัญหาขาดความรู้ด้านการเลี้ยงควาย ด้านอาหารสัตว์ การคัดเลือกและขยายพันธุ์ควาย การป้องกันโรคในควาย แรงงานเลี้ยงควาย ไม่มีพื้นที่ในการเลี้ยงขาดแคลนสายพันธุ์ควายพันธุ์ดี ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในฤดูแล้ง ไม่มีผู้สืบทอดอาชีพการเลี้ยงควายสู่ลูกหลาน ด้านการตลาด ถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับรายงานของ Phasuk & Ruangchoengchum (2016) ที่พบว่าสถานการณ์การผลิตควายในจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2551 - พ.ศ. 2557 ลดลงร้อยละ

68.03 และจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงควายลดลง ร้อยละ 55.95 สาเหตุของปัญหาที่ทำให้จำนวนควายมีจำนวนลดลง ได้แก่ เกษตรกรไม่มีพื้นที่ในการเลี้ยงควายที่เพียงพอ ไม่มีทายาทสืบทอดในการเลี้ยงควาย เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเลี้ยงควายแบบปล่อยเลี้ยงและเล็มตามทุ่งหญ้าธรรมชาติ ไม่ได้ใช้อาหารเสริมหรือพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพในการให้อาหารควาย ส่งผลให้ควายขาดสารอาหารและการเจริญเติบโตลดลง เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญในการวางแผนการผลิตควาย มีการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ การจัดการโรงเรือน มีสิ่งปลูกสร้างที่ไม่แข็งแรงคงทนและไม่ถูกสุขลักษณะ พบปัญหาแมลงรบกวน และมีความอับชื้นในโรงเรือน

ผลการวิจัยเปรียบเทียบสภาพปัญหาของเกษตรกรผู้เลี้ยงควายที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน พบว่า ระดับการศึกษาของเกษตรกรที่แตกต่างกัน มีสภาพปัญหาการเลี้ยงควายที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า เกษตรกรที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษามีปัญหาไม่มีผู้สืบทอดอาชีพการเลี้ยงควายสู่ลูกหลาน และมีปัญหาด้านการตลาดถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลางสูงกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษามัธยมศึกษา/ปวช. - ปวส. และระดับปริญญาตรีขึ้นไป (Table 1) จากการศึกษาข้างพบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์การเลี้ยงควาย น้อยกว่า 5 ปี และมากกว่า 30 ปีขึ้นไป อีกทั้งประสบปัญหาขาดแรงงานในการเลี้ยงควาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มเกษตรกรที่มีประสบการณ์ระหว่าง 6 - 30 ปี

ความต้องการลักษณะภายนอกควายไทยด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี

เกษตรกรผู้เลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานีส่วนใหญ่ มีความต้องการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทย และต้องการให้มีแหล่งเรียนรู้อนุรักษ์ควายไทย และส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดอุดรธานี (ร้อยละ 99.30) ต้องการให้มีแนวทางในการการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ โดยเลือกควายที่มีลักษณะงามตามอุดมคติ (ร้อยละ 78.70) และมีวัตถุประสงค์เลี้ยงเพื่อขายพ่อพันธุ์แม่พันธุ์เป็นหลัก (ร้อยละ 78.70) และรองลงมาคือเลี้ยงเพื่อประกวด/โชว์ควายงาม เชื่อมโยงการท่องเที่ยวให้เกิดรายได้ (ร้อยละ 52.70) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การได้รับความนิยมจากคนรุ่นใหม่ ดารา นักแสดงที่ให้ความสนใจเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น การจัดกิจกรรมประกวดควายงาม การจัดงานวิถีคนวิถีควาย โชว์ควายงามในงานเทศกาลประจำปีในจังหวัดอุดรธานี และพื้นที่ใกล้เคียงทำให้การรับรู้ถึงความสำคัญของการเลี้ยงควายมากยิ่งขึ้น ส่งผลทำให้มูลค่าของควายในตลาดเพิ่มสูงขึ้น เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงควายมากขึ้นในปัจจุบัน

ประเด็นความต้องการองค์ประกอบในการพิจารณาเลือกควายพ่อและแม่พันธุ์ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการในระดับมาก ในด้านคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แม่พันธุ์ควายจากใบพันธุ์ประวัติ พ่อพันธุ์แม่พันธุ์จากการประกวดควาย พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ควายที่มีส่วนหน้าตา หัวเข่า แข็งแรง สวยงามสอดคล้องกับลักษณะควายงามตามอุดมทัศน์นี้คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แม่พันธุ์ควายที่มีอังก่อหรือบังค่อ มีสีขาวใต้คอชัดเจน 2 ถึง 3 บั้ง พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ควายที่มีจุดลักษณะสีขาวบริเวณโคนตา (ตาแต้ม) ทั้ง 2 มีลักษณะจุดสีขาวบริเวณแก้ม (แก้มจ้ำ) ทั้ง 2

ช้าง มีขนเหนือโหนกสีดำคาดชัดเจนทั้ง 4 ขา พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีท่าทางการยืนและเดินสง่างาม หน้ายกหรือหัวเชิด ออกตั้ง มีลักษณะของขาที่ใหญ่ กางออกสวยงาม และปลายเขามนเข้าหากัน มีตาสวยงาม ดวงตาแจ่มใส พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีสีขนเช่นเดียวกับควายงาม

ตามอุดมทัศน์ พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีหนังกาเป็นมัน พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีใบหูตั้งเหง่าหูรูด มีหางใหญ่ยาว เหง้าหางเต็ม พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีตำแหน่งขั้วขั้วที่เป็นมงคลและพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่ไม่มีลักษณะกาลกิณี (Table 2)

Table 1 Comparison of the problems of raising buffalo among farmers with different levels of education

Factor related to problem and obstacle of raising buffalo	Primary school (n = 73)	High school, Voc. - High Voc. Cert. (n = 57)	Under-graduate (n = 20)	S.E.	P-value
1. Lack of knowledge about buffalo farming	2.67	2.68	2.75	0.070	0.937
2. Lack of knowledge about buffalo food	2.64	2.67	2.90	0.068	0.476
3. Lack of knowledge about buffalo selection and breeding	2.66	2.63	2.85	0.070	0.605
4. Lack of knowledge on disease prevention in buffaloes	2.59	2.65	2.95	0.073	0.280
5. Lack of labor to raise cattle	2.63	2.65	3.00	0.075	0.257
6. No space for raising buffaloes	2.89	2.68	2.95	0.073	0.340
7. Lack of good buffalo breeds	3.08	2.82	2.95	0.072	0.258
8. Lack of animal feed in the dry season	3.32	3.05	3.30	0.076	0.255
9. No one who inherits the career of raising buffaloes to their family	3.36 ^a	2.86 ^b	2.90 ^b	0.080	0.009
10. Marketing problems, being pressured by Middleman	3.40 ^a	3.05 ^{ab}	2.90 ^b	0.074	0.027

^{abc} Significant difference at P < 0.05.

Table 2 The level of need for components in the selection of male and female buffalo breeder

Characteristics of male and female buffalo breeder	Issue		
	AV.	S.D.	Level
1. Selected breeder from the records of the pedigree	4.09	0.76	high
2. Selected breeder from buffalo contests	3.95	0.86	high
3. Selected breeder according the ideal of a beautiful buffalo; face, head, horns strong and good conformation	3.98	0.87	high
4. Neck or chevron has 2 to 3 distinct white chevrons under the neck	3.82	0.90	high
5. White appearance spots around the base of the eyes (eye points) on both sides	3.80	0.96	high
6. Appearance of white spots on the cheeks (blotched cheeks) on both sides	3.73	0.95	high
7. The black hair above the hooves is clearly visible on all 4 legs	3.68	0.91	high
8. Light standing and walking posture, face raised, or head up, chest erect	3.71	1.00	high
9. The appearance of the large horns spread out beautifully and the ends of the horns rounded together	3.60	0.93	high
10. Beautiful eyes and bright eyes	3.63	0.92	high
11. The hair color corresponds to the beauty buffalo's ideal	3.59	0.91	high
12. Oily thick skin	3.54	0.86	high
13. Erect ears, banded ear rhizomes	3.46	0.86	high
14. Big long tail, full base of tail	3.55	0.92	high
15. An auspicious kwan position	3.51	0.96	high
16. No unlucky kwan position	3.48	0.95	high

ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานการศึกษาลักษณะภายนอกที่ใช้ในการคัดเลือกและอนุรักษ์พันธุ์กรรมของควายปลักด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกร ในอำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม โดย Yamkong et al. (2019) พบว่า กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงควายสวยงามในบ้านดอนสมอ ตำบลท่าบ่อสงคราม อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนมมีทัศนคติในการคัดเลือกควายให้มีขนาดรูปร่างที่ใหญ่ขึ้น และมีความสวยงามตรงตามอุดมคติหรืออุดมทัศน์ของควายไทย โดยมีการพิจารณาลักษณะทั้งหมด 13 ลักษณะ ได้แก่ 1) โครงสร้างลำตัวยาว สูงใหญ่ 2) ขาแข็งแรง เหมาะสมกับลำตัว 3) บั้งคอสีขาว ได้คอ 2 - 3 บั้ง 4) หน้า และดวงตาแจ่มใส 5) ตาแถมทั้ง 2 ข้าง 6) มีจุดสีขาวบริเวณแก้มทั้ง 2 ข้าง 7) เท้า 4 ข้าง มีสีขาว 8) เขาใหญ่ กางออก

และปลายมนหากัน 9) ลูกอ้นทะใหญ่เสมอกัน ไม่บิด 10) หางใหญ่ ยาว เหง้าหางเต็ม 11) สิ่งครัดติดหน้าท้องตรง 12) ตำแหน่งขั้วขั้วที่เป็นมงคล และ 13) ไม่มีลักษณะกาลกิณี

นอกจากนั้น เกษตรกรมีความต้องการคัดเลือกควายพ่อพันธุ์ ในระดับมาก ในด้านพ่อพันธุ์ที่มีลักษณะของขาหน้าและขาหลังใหญ่แข็งแรงทั้ง 4 ขา ขาหลังสามารถรับน้ำหนักได้ดี เวลาขึ้นผสมพันธุ์ พ่อพันธุ์ที่มีอุปนิสัยและอารมณ์ ดูแลดู เชื่อง ไม่ดุร้าย ไม่เปรี้ยวเกินไป และไม่ทำร้ายควายตัวอื่น พ่อพันธุ์ที่มีลูกอ้นทะใหญ่ เสมอเท่ากันทั้งสองข้าง ไม่บิด พ่อพันธุ์ที่มีลักษณะของสิ่งครัดติดหน้าท้องตรง ไม่คดองคประกอบในการพิจารณาคัดเลือกควายแม่พันธุ์ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการในระดับมาก ในด้านแม่พันธุ์ที่มีโครงสร้างลำตัวขนาด

ปานกลาง ไม่สูงเกินไป ไม่ใหญ่เกินไป มีร่างกายสมบูรณ์ แม่พันธุ์ที่มีลักษณะของขาเล็ก ข้อมาไม่โต กีบ เหมือนควายงามตามอุดมคติ แม่พันธุ์ที่มีอุปนิสัยและอารมณ์ ไม่ทิ้งลูกให้ห่างจากตัว ให้นมลูกดี กินเก่ง รอบการเป็นสัดสม่ำเสมอ แม่พันธุ์ที่มีอวัยวะเพศเมียสมบูรณ์ ใหญ่สมตัว มีพื้นฐานเป็นรูป 3 เหลี่ยม ส่วนปลายไม่หักงอนขึ้น แม่พันธุ์ที่มีเต้านมและหัวนม มีฐานนมกว้าง มองเห็นชัดเจน ยาว หัวนมต้องไม่ขาดไม่เกินและไม่บอด ขนาดเท่ากันทั้ง 4 เต้า และแม่พันธุ์ที่มีสะโพกลาดเอียง เชิงกรานกว้าง ให้อูกลูกดี

การเปรียบเทียบความต้องการองค์ประกอบในการพิจารณาคัดเลือกควายพ่อแม่พันธุ์ แบ่งตามระดับการศึกษา พบว่าการคัดเลือกควายพ่อแม่พันธุ์ การคัดเลือกลักษณะพ่อพันธุ์ และการคัดเลือกลักษณะแม่พันธุ์ เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไป มีความต้องการในระดับที่สูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรที่มีระดับการศึกษามัธยมศึกษา ปวช./ปวส. และระดับประถมศึกษา การเปรียบเทียบความต้องการองค์ประกอบในการพิจารณาคัดเลือกควายพ่อแม่พันธุ์ แบ่งตามประสบการณ์ พบว่า ประสบการณ์ของเกษตรกรที่ต่างกัน มีความต้องการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยภาพรวมจะเห็นว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์น้อยกว่า 5 ปี จะมีความต้องการควายที่มีลักษณะความงามตามอุดมคติ มากกว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ 6 - 20 ปี ประสบการณ์ 20 - 30 ปี และ 30 ปีขึ้นไป

จากข้อมูลการจัดเสวนากลุ่ม พบว่า แนวทางการส่งเสริมพัฒนาและอนุรักษ์ควายไทยในจังหวัดอุดรธานี ควรเพิ่มโอกาสการกระจายน้ำเชื้อหรือพ่อพันธุ์ควายที่มีพันธุกรรมที่ดี มีลักษณะภายนอกตามอุดมทัศน์ ที่ผ่านเวทีการประกวดควาย และ/หรือได้รับรางวัลจากเวทีประกวด สู่เกษตรกรรากหญ้าให้มากขึ้น ทำการพัฒนาสายพันธุ์ประวัติที่ดีของควายไทย และจัดให้มีกิจกรรมในการส่งเสริมการให้ความสำคัญเรื่องของการเลี้ยงควาย การจัดเวทีการประกวดหรือกิจกรรมโชว์ควายร่วมกับงานเทศกาลในพื้นที่ เช่น งานวิถีคนวิถีควาย ขับเคลื่อนควายไทยสู่เวทีโลก โดยความร่วมมือของทุกภาคส่วน ควรกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาเกษตรกรรายย่อยในด้านการพัฒนาพันธุ์กรรม การผสมเทียม และการพัฒนาอาหารสัตว์ท้องถิ่นที่มีคุณภาพ ทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น การส่งเสริมการเลี้ยงควายที่ครอบคลุมห่วงโซ่การผลิตแบบครบวงจร ทั้งการเลี้ยงควายขุนและควายนม การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากควาย ที่มีการเชื่อมโยงการท่องเที่ยวกับแหล่งโบราณสถานสำคัญของจังหวัดอุดรธานี ส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชีวิตของเกษตรกร และวิถีการเลี้ยงควาย สร้างรายได้ อย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับการเสนอแนวทางการอนุรักษ์ควายของ Srisak (2006) ที่ได้เสนอแนวทางการอนุรักษ์พัฒนาควายไทย 5 อันดับแรก ได้แก่ 1) จังหวัดประชาสัมพันธ์ รมรณรงค์การอนุรักษ์ พัฒนาควายแก่สังคม 2) กำหนดนโยบายแนวทางอนุรักษ์พัฒนาควายของจังหวัด 3) องค์การบริหารท้องถิ่นส่งเสริมการอนุรักษ์พัฒนาควาย 4) ดำเนินกิจกรรมที่มีศักยภาพ และโอกาสสำเร็จในการอนุรักษ์พัฒนาควาย และ 5) ขึ้นทะเบียนสมาชิกอนุรักษ์พัฒนาควายจังหวัดอุดรธานี ทั้ง 5 ประเด็นของแนวทางการอนุรักษ์พัฒนาควายไทยอาจเกี่ยวข้องกับโครงสร้างและระบบการบริหารการอนุรักษ์พัฒนาควายไทย ควรจะต้องสร้างความเข้าใจกับบุคลากร องค์กรหลัก และองค์กรที่เกี่ยวข้องให้สามารถอนุรักษ์ พัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานีให้มี

รูปธรรมได้จริง นอกจากนั้น Anuan (2016) รายงานหลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการอนุรักษ์ควายไทย โดยนำเอาแนวความคิดในการอนุรักษ์และการพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการคุ้มครองควายไทย ที่ต้องคำนึงถึงการสงวนคุ้มครองควายพันธุ์พื้นเมืองไทย ตลอดจนการป้องกันสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ควายไทยมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว จัดตั้งโครงการสนับสนุนและส่งเสริมการอนุรักษ์ควายไทย เผยแพร่ภูมิปัญญาเกี่ยวกับวิถีชีวิตของเกษตรกรและการเลี้ยงควาย ส่งเสริมการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนผ่านวิถีชีวิตการเลี้ยงควายไทย

Rattamana et al. (2018) ได้เสนอแนะการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงควายเพื่อการอนุรักษ์ในประเทศไทย ปัจจุบันพบว่าเกษตรกรมีความตื่นตัวในการพัฒนาแบบการเลี้ยงควายในประเด็นที่คล้ายกัน เช่น การคัดเลือกพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ควายที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์ ด้านทานโรคมากขึ้น การผสมเทียมโดยอาศัยน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ชั้นดี อบรมความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงควายจากเจ้าหน้าที่ด้านการเกษตรและปศุสัตว์ มีการพัฒนาด้านการแปรรูปอาหารสัตว์ ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการฝึกควายให้มีความสามารถพิเศษ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมวิถีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่เสนอแนะการพัฒนาสายพันธุ์ควายที่ดี และการเชื่อมโยงวิถีการเลี้ยงควายกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่สำคัญของจังหวัดอุดรธานี

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรในจังหวัดอุดรธานีส่วนใหญ่มีปัญหาและอุปสรรคการเลี้ยงควายในระดับปานกลาง โดยพบว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษา และประสบการณ์ที่แตกต่างกัน มีสภาพปัญหาการเลี้ยงควายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในบางประเด็น และแนวทางในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ควายของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่คัดเลือกลักษณะโครงสร้างภายนอกและสายพันธุ์ตามอุดมทัศน์ควายไทยด้วยตนเอง เกษตรกรที่มีระดับการศึกษา และเกษตรกรที่ ประสบการณ์ที่ แตกต่างกัน มีความต้องการองค์ประกอบในการพิจารณาคัดเลือกพ่อและแม่ควายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในบางประเด็น นอกจากนั้นเกษตรกรมีความต้องการระดับมากในการอนุรักษ์และพัฒนาควายไทยในจังหวัดอุดรธานี และต้องการให้มีแหล่งเรียนรู้ อนุรักษ์ควายไทย ส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดอุดรธานี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรส่งเสริมและให้ความรู้การเลี้ยงและการอนุรักษ์ควายที่ครอบคลุมทุกด้าน ได้แก่ การจัดการอาหารสัตว์ วัคซีน ยารักษาโรค การคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์ การปรับปรุงสายพันธุ์และการตลาด เป็นต้น

2. ควรส่งเสริมและพัฒนาศูนย์ผลิตน้ำเชื้อควายที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน เพิ่มโอกาสการกระจายน้ำเชื้อหรือพ่อพันธุ์ควายที่มีพันธุกรรมที่ดีมีลักษณะภายนอกตามอุดมทัศน์ควายไทย แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงควายรายย่อย มีระบบในพันธุ์ประวัติที่ชัดเจนและมีมาตรฐาน และพัฒนาบุคลากรที่สามารถผสมเทียมประจำตำบลหรือหมู่บ้าน ให้สามารถบริการผสมเทียมแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงควายได้อย่างทั่วถึง ลดความเหลื่อมล้ำให้เกษตรกรทุกภาคส่วน

3. ควรศึกษาวิจัยการพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยี การดูงาน การอบรมเสวนา การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หัวข้อที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การยกระดับการเลี้ยงควาย การพัฒนาสายพันธุ์ควาย ทั้งควาย เนื้อและควายนม ตลอดจนการวิจัยการตลาด เส้นทาง การเข้าถึงของผู้บริโภค ทั้งในและต่างประเทศ ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับควาย การแปรรูปด้านอาหารที่ทำมาจากควายให้มีความหลากหลาย มีมาตรฐานส่งออกได้ มีรายได้ที่ยั่งยืน
4. ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้มีแหล่งเรียนรู้ พัฒนาและอนุรักษ์ควายไทย เชื่อมโยงการท่องเที่ยวเชิงเกษตร วิถีชีวิตการเลี้ยงควายในจังหวัดอุดรธานี

References

- Anuan, P. (2016). *Legal problems in Thailand in the conservation of Thai buffaloes*. Bangkok: Thammasat University. (in Thai)
- Beef Cattle, Buffalo and Product Development Working Group. (2018). *Thai buffalo strategy A.D. 2018 - 2022*. Bangkok: Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2013). *Thai buffalo farming guide*. Bangkok: Public Relations Group Bureau of Livestock Promotion and Development, Department of Livestock Development. (in Thai)
- Intawicha, P., Tana, S., Krueasan, S., Saengwong, S., Sorachakula, C., Danmek, K., Attabhanyo, R., Dongpaleethun C., & Teepatimakorn., S. (2017). The study of situation buffalo raising and satisfaction on academic service in Phayaov Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 35(3), 69-78.
- Kubkaew, K. (2010). *Wisdom of selecting Thai buffaloes*. Bangkok: Organic Livestock Center, Animal Breeding Division, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Phasuk, K., & Ruangchoengchum, P. (2016). Approaches to enhance productivity of buffaloes in Ubon Ratchathani province. *MBA-KKU Journal*, 9(1), 203-215.
- Rattamana, J., Phaengsoi, K., & Panthahai, T. (2018). Development of a breeding model for buffalo conservation in Thailand. *Journal of MCU Social Science Review*, 7(2), 205-264. (in Thai)
- Srisak, T. (2006). *Thai water buffalo: community economic animals for sustainable self-reliance*. Nonthaburi: Office of the Civil Service Commission (OCSC), Civil Service Training Institute College of Management. (in Thai)
- Sukkasem, K., Chulanan, K., Pantiwa, S., & Nonsuwan, E. (2019). Study of conditions of raising buffaloes of farmers in Tambon Tha Muang, Selaphum district, Roi Et province. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 47, special issue 2, 111-115. (in Thai)
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis* (3rd ed.). New York: Harper and Row Publications.
- Yamkong, S., Nguyen, N. T., & Sarakul, M. (2017). A study of the external characteristics used in genetic selection and preservation of swamp buffaloes with local wisdom of farmers in Si Songkhram district, Nakhon Phanom province. *Journal of Yala Rajabhat University*, 14(1), 109-118. (in Thai)

Research article

A study of raising conditions, economy and phenotype needs of Thai buffaloes with local wisdom of farmer to conservation and development of Thai buffalo in Udon Thani Province

Kotchakorn Saipatana, Walailuck Keawwongsa and Rittichai Pilachai*

Program in Management of Agricultural and Innovation, Udon Thani Rajabhat University, 64 Thahan road, Mueang district, Udon Thani Province 41000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 13 May 2023

Revised: 1 June 2023

Accepted: 2 June 2023

Online published: 13 June 2023

Keyword

Raising conditions

Economy

need for appearance

Thai buffalo

Udon Thani Province

ABSTRACT

This research aimed to study the conditions of buffalo farming, the economy and society of Oudorne-Thanni buffalo farmers and the need of external characteristics using local wisdom in an effort of the conservation and development of Thai buffaloes in Udon Thani. The questionnaires were collected from 150 farmers located in Oudorne-Thanni and 20 of Oudorne-Thanni provincial livestock officers and Thai buffalo philosophers. The study showed that the most farmers have had sufficient land to raise buffaloes. The labour used in raising buffaloes is 1 - 2 persons per farm. The most farmers have had 6 - 10 years of experience raising buffaloes. Farmers have mostly less than 5 buffaloes per farm. As for the buffalo farming pattern, most of the animals had specific stalls and houses for keeping buffaloes. Farmers supply fresh grass and rice straw as roughage for their buffaloes. Most farmers did not have supplementary concentrated diet and minerals. Breeding buffaloes were carried out by natural insemination and in some cases artificial insemination. The most of farmers earn less than 50,000 baht per year, mainly from the sale of breeders and manure. Farmers have had a high level of need in the conservation and development of Thai buffaloes and showed preference for having a form of institution to learn Thai buffalo conservation to promote tourism. Farmers mostly decided to select their own buffalo breeds. There were high needs on the external appearance of buffaloes when considering the selection of male and female breeder buffaloes. Most farmers selected breeder buffaloes from pedigree, buffalo contests and the external appearance according to the Thai buffalo ideology. Factors of education level and experience of different farmers had statistically differed problems in raising buffaloes and requirements for selecting breeder buffalo ($P < 0.05$).

*Corresponding author

E-mail address: r.pilachai@udru.ac.th (R. Pilachai)

Online print: 13 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.14>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ

อภิชาติ กระจำเอย¹ บุญล้ำ สุนทร² ศศิธร คนทน³ และ ธนภูมิ ศิริงาม^{4*}

¹สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

²สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 96 ตำบลประตูชัย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

³สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

⁴สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 29 มีนาคม 2566 แก้ไข: 4 มิถุนายน 2566 ตอบรับการตีพิมพ์: 5 มิถุนายน 2566 ตีพิมพ์ออนไลน์: 14 มิถุนายน 2566	
คำสำคัญ ผักกาดหอม แอโรพอนิกส์ การเจริญเติบโต การเจริญเติบโต ผลผลิต	การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารในระบบแอโรพอนิกส์ 3 ระดับ ได้แก่ 1) พ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาฬิกา หยุด 3 นาฬิกา 2) พ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาฬิกา หยุด 5 นาฬิกา และ 3) พ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาฬิกา หยุด 7 นาฬิกา อย่างต่อเนื่องภายในโรงเรือนที่มีขนาด 1.38 x 2.00 x 2.32 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 28.20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 65.50 เปอร์เซ็นต์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 4 ซ้ำ จากการศึกษาพบว่าการพ่นสารละลายธาตุอาหารนาน 1 นาฬิกา หยุด 3 นาฬิกา มีจำนวนใบ ความสูง น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสตรก และน้ำหนักแห้งรากของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คมากที่สุด เท่ากับ 33.38±1.01 ใบ, 10.50±0.85 เซนติเมตร, 69.96±3.58 กรัม, 3.45±0.11 กรัม, 19.09±0.39 กรัม และ 0.98±0.02 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ความกว้างทรงพุ่มและความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 20.25±0.25 เซนติเมตร และ 73.50±1.66 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อได้รับการพ่นสารละลายธาตุอาหารนาน 1 นาฬิกา หยุด 5 นาฬิกา

บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชที่นิยมนำส่วนใบมาบริโภค โดยแนวโน้มการบริโภคผักกาดหอมยังคงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของประชากร นอกจากนี้ธุรกิจอาหารยังนิยมนำผักกาดหอมมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร ซึ่งผักกาดหอมมีความต้องการธาตุอาหารเพื่อใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต (Manullang et al., 2019) ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาใช้ในการผลิตผักกาดหอมในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชที่มีการจัดการผลผลิตพืชตลอดอายุปลูกที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความสะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

แอโรพอนิกส์ (Aeroponics) จัดเป็นระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินชนิดหนึ่ง โดยการปลูกพืชในระบบแอโรพอนิกส์เป็นระบบการปลูกพืชที่รากพืชลอยอยู่ในอากาศ โดยพืชได้รับสารละลายธาตุอาหารในลักษณะละอองฝอยผ่านทางรากพืชโดยตรง (Resh, 2022) ทำให้รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอและต่อเนื่องมีผลทำให้รากพืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการปลูกพืชในระบบแอโรพอนิกส์

จัดเป็นระบบปลูกพืชที่มีการใช้สารละลายธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในการปลูกพืชในระบบแอโรพอนิกส์สามารถหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้มีการใช้น้ำและปริมาณสารละลาย ธาตุอาหารน้อยกว่าระบบปลูกพืชแบบอื่น นอกจากนี้ระบบแอโรพอนิกส์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชในพื้นที่จำกัดมีผลทำให้ใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Laksono, 2021)

อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในระบบแอโรพอนิกส์มีข้อจำกัดหลายประการทั้งในด้านต้นทุนที่มีราคาค่อนข้างสูง ระบบต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าในการให้น้ำแก่พืช หากระบบไฟฟ้าขัดข้องอาจทำให้รากพืชขาดน้ำและธาตุอาหาร ในขณะที่พืชที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์จะได้รับสารละลายธาตุอาหารผ่านระบบรากที่ต้องอาศัยการทำงานของหัวพ่นแรงดันสูง หากหัวพ่นเกิดการอุดตันจะทำให้พืชขาดน้ำและธาตุอาหารและแสดงอาการเหี่ยวและตายได้ โดย Tunio et al. (2022) รายงานว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เบตที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีขนาดอนุภาค 11.24

*Corresponding author

E-mail address: thanapoom@pnru.ac.th (T. Siringam)

Online print: 14 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.15>

ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 นาที หยุด 30 นาที อย่างต่อเนื่อง มีการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมพันธุ์ปัตเตอร์เฮดที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีขนาดอนุภาค 26.35, 17.38 และ 4.89 ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 นาที หยุด 15, 45 และ 60 นาที อย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ El-Helaly & Darwish (2019) พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์มีความยาวรากมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์และผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบวัสดุปลูก คิดเป็น 0.68 และ 0.62 เท่า ตามลำดับ รวมทั้งยังพบว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากที่ปลูกในระบบ แอโรพอนิกส์มากที่สุด แต่ผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์มีน้ำหนักสดต้นและผลผลิตมากที่สุด คิดเป็น 2.51 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบวัสดุปลูก ในขณะที่ผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์เพิ่มขึ้น คิดเป็น 2.30 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมพันธุ์เรดไฟร์ที่ปลูกในระบบวัสดุปลูก

ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบศูนย์สูตรที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับสภาพอุณหภูมิสูงและภูมิอากาศร้อนชื้นที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ โดยอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากมีการทำงานตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ โดย Subandi & Muhammad (2016) รายงานว่าอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก 30 วินาที หยุด 15 นาที มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในแต่ละวัน โดยความสูงเฉลี่ยและความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น วันละ 2 มิลลิเมตรต่อวัน และ 1 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ ส่วน Ruamrungsri et al. (2005) รายงานว่า ผักกาดหอมพันธุ์โอกายามาที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์บนแผ่นปลูกที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบ โดยแต่ละแบบมีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหาร 2 อัตรา ได้แก่ การพ่นสารละลายนาน 1 นาที หยุด 10 นาที และการพ่นสารละลายนาน 1 นาที หยุด 30 นาที จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมพันธุ์โอกายามาที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์บนแผ่นปลูกทั้ง 3 แบบ ที่มีการการพ่นสารละลายนาน 1 นาที หยุด 10 นาที มีน้ำหนักสดส่วนต้นมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์โอกายามาที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ที่มีอัตราการพ่นสารละลายนาน 1 นาที หยุด 30 นาที คิดเป็น 1.21 2.00 และ 1.62 เท่า ตามลำดับ ในขณะที่ Awalina et al. (2022) รายงานว่าความแตกต่างของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากในระบบแอโรพอนิกส์มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยผักกาดหอมที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากตลอดเวลามีความสูง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่ใบ และ น้ำหนักสดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก 30 วินาที หยุด 10 นาที 30 วินาที หยุด 15 นาที 30 วินาที หยุด 20 นาที 30 วินาที หยุด 25 นาที และ 30 วินาที หยุด 30 นาที อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในต่างประเทศที่มีสภาพแวดล้อมในการปลูกที่แตกต่างจากประเทศไทยจึงอาจให้ผลการตอบสนองของพืชปลูกที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา ดังนั้นในการ

ทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การออกแบบระบบแอโรพอนิกส์และโรงเรือนขนาดเล็ก

โรงเรือนที่ใช้ในการศึกษานี้ทำจากวัสดุชนิด carbon steel ที่มีน้ำหนักเฉพาะตัวโครงสร้างโรงเรือนประมาณ 43 กิโลกรัม (Figure 1a) ส่วนแผ่นปลูกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แผ่นโฟมขนาด 1.00 x 1.00 เมตรหนา 2.54 เซนติเมตร โดยแผ่นโฟมเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านการต้านทานการส่งผ่านความร้อนและสามารถหาซื้อได้ง่าย (Figure 1b) ในขณะที่ บ่อปลูกทำจากแผ่นโฟมที่มีความหนา 3.81 เซนติเมตร เป็นผนังทุกด้าน โดยที่มีแผ่นพลาสติกปิดทับด้านในเพื่อเป็นพื้นที่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชในบริเวณรากของผักกาดหอม (Figure 1c)

ส่วนโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิมีการติดตั้งระบบการลดอุณหภูมิแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ พัดลมระบายอากาศและแผงระเหยน้ำ โดยพัดลมระบายอากาศที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ใช้แรงดันไฟฟ้าชนิดกระแสตรง (DC) ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ซึ่งใช้กำลังไฟขนาด 80 วัตต์ ซึ่งพัดลมระบายอากาศที่ใช้เป็นชนิดแรงดันต่ำ จึงมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ส่วนแผงระเหยน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดกระดาษ มีความกว้าง 1,200 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร หนา 100 มิลลิเมตร ด้านนอกเคลือบสีดำเพื่อลดการเกิดตะไคร่น้ำ (Figure 2)

หลักการทำงานในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิอาศัยการทำงานของพัดลมระบายอากาศที่ถูกติดตั้งอยู่ด้านตรงข้ามกับแผงระเหยน้ำ ในขณะที่พัดลมระบายอากาศทำงานจะดึงอากาศภายในโรงเรือนออกไปด้านนอกมีผลทำให้ภายในโรงเรือนมีสภาพเป็นสุญญากาศ ส่วนอากาศร้อนภายนอกโรงเรือนจะไหลผ่านแผงระเหยน้ำที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นมีผลทำให้อากาศที่ไหลผ่านแผงระเหยน้ำมีอุณหภูมิลดลง โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Solidworks เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศและการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศภายในโรงเรือน โดยมีกำหนดค่าเริ่มต้นของระดับอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าไปภายในโรงเรือนโดยผู้วิจัยกำหนดค่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของผนังโรงเรือนกำหนดไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของแผงระเหยน้ำกำหนดไว้ที่ 20.05 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเข้าของอากาศ (inlet volume flow) กำหนดไว้ที่ 0.05 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อัตราการไหลทางด้านเข้า (inlet velocity) และอัตราการไหลออก (outlet velocity) ของแผงระเหยน้ำมีความเร็ว เท่ากับ 0.01 เมตรต่อวินาที ซึ่งแสดงผลรูปแบบการไหลของอากาศและการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศภายในโรงเรือน (Figure 3)

การเตรียมต้นพืชและการดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองระหว่างเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 โดยเพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลงในฟองน้ำโดยนำฟองน้ำที่เพาะเมล็ดวางลงในกล่องพลาสติกที่บรรจุน้ำสูงประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อเมล็ดเริ่มงอกและเจริญเป็นต้นกล้าให้นำไปไว้ในที่มีแสงแดดรำไร เป็นเวลา 4 วัน เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริงหรืออายุประมาณ 10 วันหลังเพาะเมล็ด จึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารแก่ ต้นกล้า โดยเติมสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครที่ประกอบด้วย แคลเซียมไนเตรท ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) และจุลธาตุรวม (Siringam et al., 2014) ที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.40 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm)

สภาพการทดลอง

ทำการย้ายต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอายุ 14 วัน ลงปลูกในโรงเรือนที่มีการติดตั้งระบบแอโรพอนิกส์ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 65.50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายนอกโรงเรือน เท่ากับ 27.60 องศาเซลเซียส และมี เท่ากับ 63.30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะปลูกระหว่างต้น 20X20 เซนติเมตร หลังจาก

นั้นเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนครที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ระหว่าง 5.50-6.50 ที่ปรับโดยกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 1 นอร์มัล และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ในถังบรรจุสารละลาย ปริมาตร 40 ลิตร ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร มีค่าระหว่าง 0.80-1.50 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) และทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์ โดยต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์

กรีนโอ๊คได้รับการพ่นสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (Figure 4) ดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 การพ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาที่ หยุด 3 นาที่ อย่างต่อเนื่อง (300.00 ลิตรต่อวัน)

ทริทเมนต์ที่ 2 การพ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาที่ หยุด 5 นาที่ อย่างต่อเนื่อง (180.00 ลิตรต่อวัน)

ทริทเมนต์ที่ 3 การพ่นสารละลายสารละลายธาตุอาหาร 1 นาที่ หยุด 7 นาที่ อย่างต่อเนื่อง (128.75 ลิตรต่อวัน)

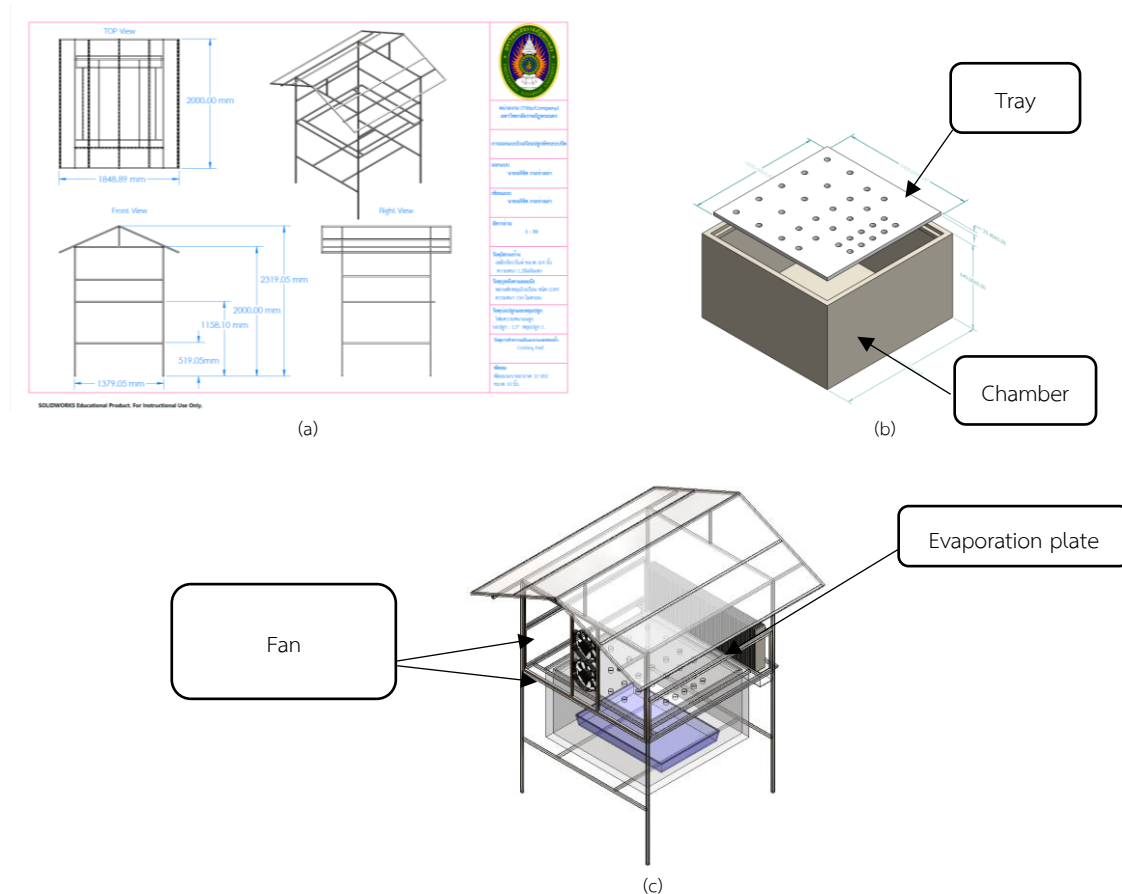


Figure 1 Greenhouse structure (a) chamber and tray (b) and prototype (c).



Figure 2 Controlled temperature greenhouse used to study the nutrient solution spraying rate.

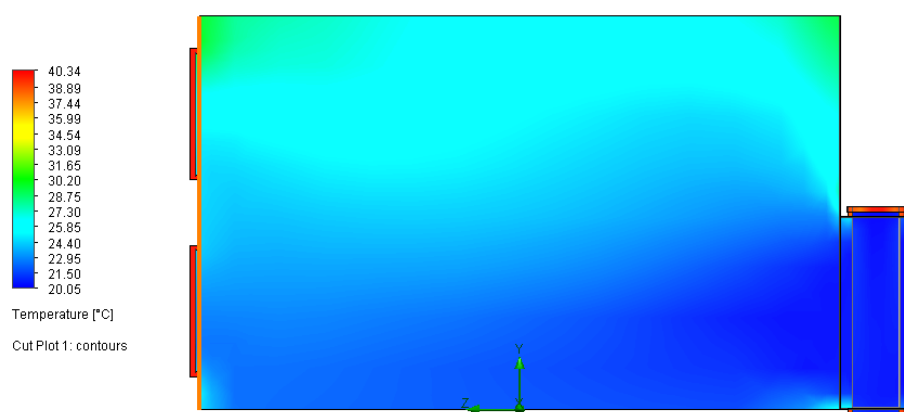


Figure 3 Temperature in the controlled temperature greenhouse simulation by using Solidworks® program.



Figure 4 Nutrient solution spraying characteristic in aeroponics system.

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต

เมื่อผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ดังนี้

1. จำนวนใบ (ใบ) นับจำนวนใบที่แผ่นใบเจริญเต็มที่และไม่มีกรรมวั่น
2. ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากบริเวณโคนต้นถึงส่วนสูงสุดของลำต้น

3. ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดบริเวณที่กว้างที่สุดจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

4. ความยาวราก (เซนติเมตร) วัดความยาวตั้งแต่ปลายรากถึงโคนต้น

5. น้ำหนักสดต้นและราก (กรัม) โดยตัดส่วนต้นและรากแยกจากกัน หลังจากนั้นนำส่วนต้นและรากมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

6. น้ำหนักแห้งต้นและราก (กรัม) นำส่วนต้นและรากที่ผ่านการล้าง น้ำหนักมาอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำส่วนต้นและรากที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักแห้งด้วย เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ โดยนำข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่าอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง รากที่แตกต่างกันมีผลต่อจำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความยาว ราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งราก แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนัก แห้งต้นของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ โดยมีระยะปลูกบนแผ่นปลูก 20×20 เซนติเมตร (Figure 5 - Figure 6) โดยผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการ พ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีจำนวนใบ มากที่สุด เท่ากับ 33.38±1.01 ใบ คิดเป็น 1.26 และ 1.47 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลาย ธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที และผักกาดหอมพันธุ์กรีน โอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 7 นาที ตามลำดับ (Figure 5a)

ในขณะที่ความสูงของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่น สารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีความสูงมาก ที่สุด เท่ากับ 10.50±0.85 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง ราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที (Figure 5b) ส่วนความกว้างทรงพุ่ม พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง ราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด เท่ากับ 20.25±0.25 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที (Figure 5c) ในขณะที่ความยาวรากของผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที มีความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 73.50±1.66 เซนติเมตร ส่วน ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง ราก นาน 1 นาที หยุด 7 นาที มีความยาวรากน้อยที่สุด เท่ากับ 54.25±2.91 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที (Figure 5d)

น้ำหนักสดต้นของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่น สารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีน้ำหนักสด ต้นมากที่สุด เท่ากับ 69.96±3.58 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง ราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที (Figure 6a) ส่วนน้ำหนักแห้งต้นของ

ผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง รากที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คมีน้ำหนักแห้งต้นอยู่ในช่วงระหว่าง 2.79±0.25 - 3.45±0.11 กรัม (Figure 6b)

ในขณะที่น้ำหนักสดรากของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการ พ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีน้ำหนัก สดรากมากที่สุด เท่ากับ 19.09±0.39 กรัม ส่วนผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 7 นาที มีน้ำหนักสดรากน้อยที่สุด เท่ากับ 15.96±0.80 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่าง ทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหาร ผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 5 นาที (Figure 6c) ส่วนน้ำหนักแห้งรากของ ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทาง ราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด เท่ากับ 0.98±0.02 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 7 นาที (Figure 6d)

ความแตกต่างของอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก มีผลทำให้จำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด ต้น น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งรากแตกต่างกัน โดยผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คที่มีอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที มีการเจริญเติบโตมากที่สุด (Figure 7 and Figure 8) ซึ่งให้ผล ไปในทิศทางเดียวกันกับงานทดลองของ Ruamrungsri et al. (2005) รายงานว่า ผักกาดหอมพันธุ์โอกายามาที่ปลูกในระบบ แอโรพอนิกส์ที่มี อัตราพ่นสารละลายนาน 1 นาที หยุด 10 นาที มีน้ำหนักสดมากกว่า ผักกาดหอมพันธุ์โอกายามาที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ที่มีอัตราพ่น สารละลายนาน 1 นาที หยุด 30 นาที ทั้งนี้อาจเป็นไปได้อัตราการพ่น สารละลายธาตุอาหารผ่านทางราก นาน 1 นาที หยุด 3 นาที ทำให้ ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คได้รับปริมาณน้ำ ธาตุอาหาร ความชื้น และปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญและ พัฒนาของพืช (Li et al., 2018) ในทางเดียวกันกับ El-Helaly & Darwish (2019) ที่รายงานว่าพืชที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากอย่าง ต่อเนื่อง ช่วยในการรักษาสมดุลของน้ำภายในพืชที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ของพืชที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ นอกจากนี้การปลูกพืชในระบบแอโร พอนิกส์พืชจะได้รับสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากในรูปของละอองฝอย ซึ่งหากอัตราการพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากไม่สัมพันธ์กับการ เปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในการปลูกพืช อาจนำไปสู่สภาวะขาดน้ำ และธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงาน ทดลองของ Tunio et al. (2022) ที่แสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์ เฮดที่ปลูกในระบบ แอโรพอนิกส์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีขนาด อนุภาค 4.89 ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 นาที หยุด 60 นาที มีผลทำให้ การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง รงควัตถุ และคุณค่า ทางโภชนาการลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ ปลูกในระบบแอโรพอนิกส์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีขนาดอนุภาค 11.24, 26.35 และ 17.38 ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 นาที หยุด 15, 30 และ 45 นาที อย่างต่อเนื่อง

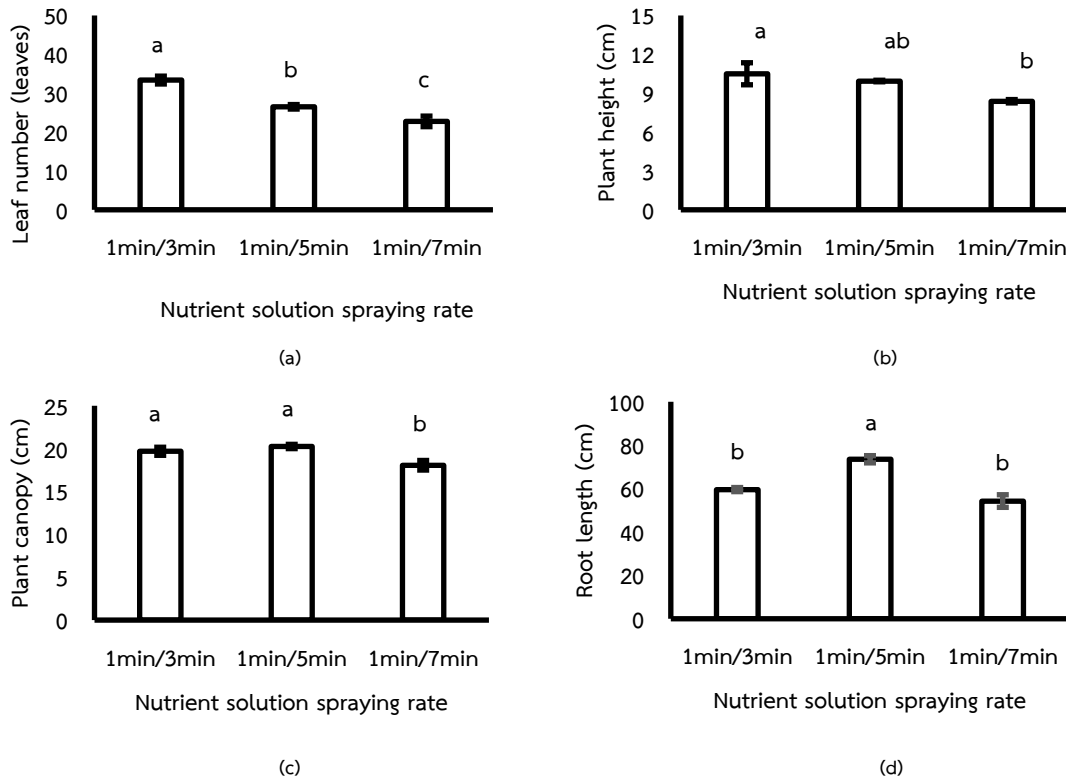


Figure 5 Leaf number (leaves) (a), plant height (cm) (b), plant canopy (cm) (c) and root length (cm) (d) of green oak lettuce at 28 days after transplants under aeroponics system with plant spacing at 20×20 cm under different nutrient solution spraying rate. Mean±S.E. following with the same letter was not significant at $P \leq 0.05$ when compared by Duncan's New Multiple Range Test.

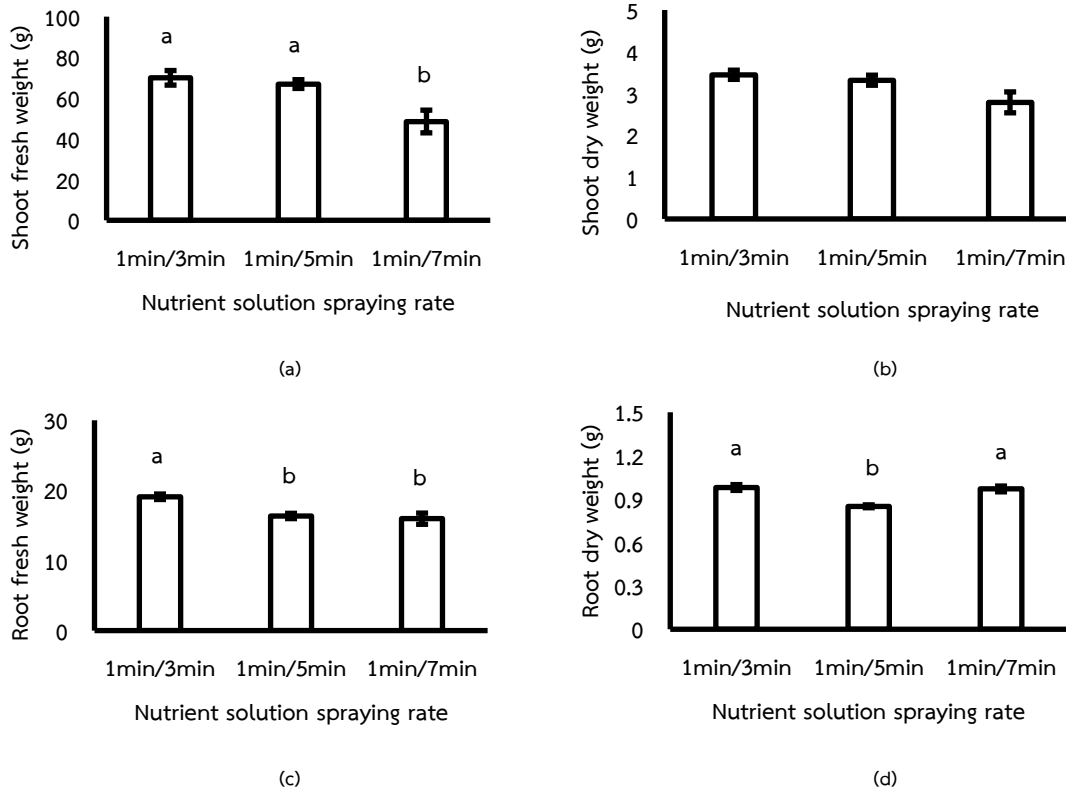


Figure 6 Shoot fresh weight (g), shoot dry weight (g), root fresh weight (g) and root dry weight (g) of green oak lettuce at 28 days after transplants under aeroponics system with plant spacing at 20×20 cm under different nutrient solution spraying rate. Mean±S.E. following with the same letter was not significant at $P \leq 0.05$ when compared by Duncan's New Multiple Range Test.

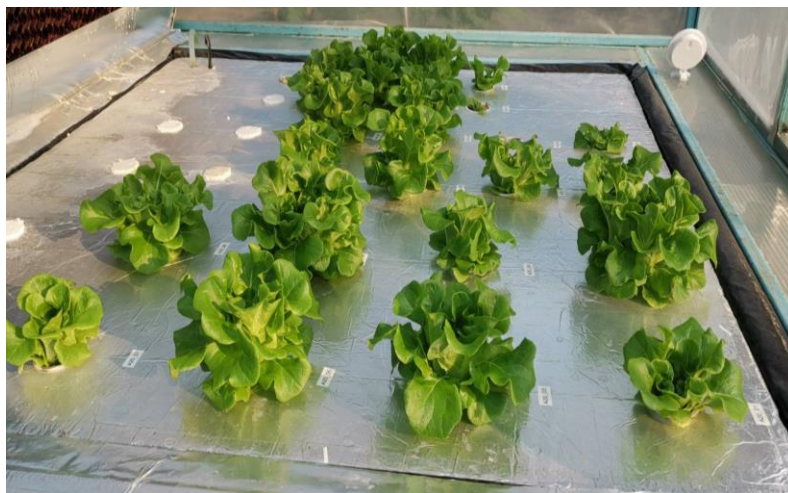


Figure 7 Growth of green oak lettuce at 21 days after transplants under aeroponics system with plant spacing at 20x20 cm under different nutrient solution spraying rate.



Figure 8 Growth measurement of green oak lettuce at 28 days after transplants under aeroponics system with plant spacing at 20x20 cm under different nutrient solution spraying rate.

สรุปผลการวิจัย

ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ได้รับการปนสารละลายธาตุอาหารนาน 1 นาที หยุด 3 นาที อย่างต่อเนื่อง มีจำนวนใบ ความสูง น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสตราก และน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด ในขณะที่ผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คมีความกว้างทรงพุ่มและความยาวรากมากที่สุด เมื่อได้รับการปนสารละลายธาตุอาหารนาน 1 นาที หยุด 5 นาที ในทางตรงกันข้ามผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ได้รับการปนสารละลายธาตุอาหารนาน 1 นาที หยุด 7 นาที อย่างต่อเนื่อง มีจำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักสตรากน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวิรัช ปันท์ศิริโรจน์ ผู้อำนวยการฝ่ายสถาบันการศึกษา บริษัท แอปพลีแคด จำกัด (มหาชน) เจ้าของลิขสิทธิ์โปรแกรม Solidworks ที่อนุญาตให้ใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศและการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศภายในโรงเรือนที่ใช้ทำแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้

References

- Awalina, R., Erona, M., & Rusnam. (2022). Lettuce (*Lactuca sativa* L) growth in aeroponic systems with differences in nutritional time. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059, 012014.. doi:10.1088/1755-1315/1059/1/012014
- El-Helaly, M. A., & Darwish, O. S. (2019). Effect of culture system; aeroponic, hydroponic and sandy substrate on growth, yield and chemical compositions of lettuce. *Plant Archives*, 19(2), 2543-2550.
- Laksono, R. A. (2021). Interval waktu pemberian nutrisi terhadap produksi tanaman selada hijau (*Lactuca sativa* L.) varietas new grand rapid pada sistem aeroponik. *Paspalum Jurnal Ilmiah Pertanian*, 9(1), 1. doi: 10.35138/paspalum.v9i1.194
- Li, Q., Li, X., Tang, B., & Gu, M. (2018). Growth responses and root characteristics of lettuce grown in aeroponics,

- hydroponics, and substrate culture. *Horticulturae*, 4(4),35. doi: 10.3390/horticulturae4040035
- Manullang, I. F., Hasibuan, S., & Mawarni R. C. H. (2019). Pengaruh nutrisi mix dan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca Sativa*) secara hidroponik dengan sistem wick. *BERNAS Agricultural Research Journal*, 15(1), 82-90.
- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (8th ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Ruamrungsri, S., Phornsawatchai, T., & Jaidee, A. (2005). Effect of plant supporting models and spraying rate on growth of lettuce in aeroponics. *Journal of Agriculture*, 21(3), 241-249. (in Thai)
- Siringam, K., Theerawipa, K., & Hlaihakhot, N. (2014). Effect of nutrient solution on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated under hydroponic system. *Thai Science and Technology Journal*, 22(6), 828-836. (in Thai)
- Subandi, A., & Muhammad, W. (2016). Rancang bangun sistem aeroponik secara otomatis berbasis mikrokontroler. Accessed December 16, 2022. Retrieved from <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/476>
- Tunio, M. H., Gao, J., Qureshi, W. A., Sheikh, S. A., Chen, J., Chandio, F. A., Lakhari, I. A., & Solangi, K. A. (2022). Effects of droplet size and spray interval on root-to-shoot ratio, photosynthesis efficiency, and nutritional quality of aeroponically grown butterhead lettuce. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(1), 79-88.

Research article

Influence of nutrient solution spraying rate on growth and yield of green oak lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in aeroponics system under controlled temperature greenhouse

Apichit Krajangyao¹ Boonlump Soontorn² Sasitorn Konthon³ and Thanapoom Siringam^{4*}

¹Technology Management Program, Faculty of Industrial Technology, Phranakorn Rajabhat University, 9 Changwattana Road, Bangkok Bangkok, 10220

²Engineering Management Program, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 Pratuchai Subdistrict, Phra Nakhon Si Ayutthaya District Phra Nakhon Si Ayutthaya Province 13000

³Ceramics Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Phranakorn Rajabhat University, 9 Changwattana Road, Bangkok Bangkok, 10220

⁴Modern Agricultural Technology Management Program, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Rajabhat University, 9 Changwattana Road, Bangkok Bangkok, 10220

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 29 March 2023

Revised: 4 June 2023

Accepted: 5 June 2023

Online published: 14 June 2023

Keyword

Lettuce

Aeroponics

Growth

Yield

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different nutrient solution spraying rates (open/close duration) in an aeroponics system. The spraying rates tested were as follows: 1) 1 min/3 min, 2) 1 min/5 min, and 3) 1 min/7 min, continuously applied in a greenhouse measuring 1.38 × 2.00 × 2.32 m (width × length × height). The average temperature and relative humidity inside the greenhouse were 28.20°C and 65.50 %, respectively. The experiment followed a completely randomized design (CRD) with four replications per treatment. Results showed that the green oak lettuce exhibited the most significant growth parameters when the nutrient solution spraying rate was set at 1 min/3 min, with an average leaf number of 33.38 ± 1.01, plant height of 10.50 ± 0.85 cm, shoot fresh weight of 69.96 ± 3.58 g, shoot dry weight of 3.45 ± 0.11 g, root fresh weight of 19.09 ± 0.39 g, and root dry weight of 0.98 ± 0.02 g. Additionally, the green oak lettuce displayed the highest plant canopy height (20.25 ± 0.25 cm) and root length (73.50 ± 1.66 cm) when the nutrient solution spraying rate was set at 1 min/5 min.

*Corresponding author

E-mail address: thanapoom@pnru.ac.th (T. Siringam)

Online print: 14 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.15>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ความชุกของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรและความไวต่อสารต้านจุลชีพ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย

พิทักษ์ น้อยเมษฐ์*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 23 มีนาคม 2566

แก้ไข: 7 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 9 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

ซัลโมเนลลา

เนื้อสุกร

ความชุก

สารต้านจุลชีพ

ปนเปื้อน

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในเนื้อสุกรเป็นสาเหตุในการเกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังมีข้อมูลบ่งชี้ว่าเชื้อซัลโมเนลลาดังกล่าวคือต่อสารต้านจุลชีพซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรในเขตอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย โดยทำการเก็บตัวอย่างเนื้อสุกรจำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง นำมาเพาะเชื้อในห้องปฏิบัติการโดยวิธีมาตรฐาน และทดสอบความไวต่อสารต้านจุลชีพ 4 ชนิด ได้แก่ Ceftriaxone Chloramphenicol Gentamicin และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim ด้วยวิธี Disk diffusion test ผลการศึกษาพบว่าจากตัวอย่างเนื้อสุกรทั้งหมด 30 ตัวอย่าง พบเชื้อซัลโมเนลลา 18 ตัวอย่าง (ร้อยละ 60.00) 28 isolate (ไอโซเลท) พบว่าเชื้อซัลโมเนลลา 2 ไอโซเลท ดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Ceftriaxone และ 1 ไอโซเลท ดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Sulphamethoxazole-Trimethoprim ปัจจัยการแพร่กระจายของเชื้อซัลโมเนลลาไปยังซากสุกรอาจเกิดจากการปนเปื้อนในกรงชนส่ง การขนส่งสุกรไปยังโรงฆ่าสัตว์ การปนเปื้อนข้ามระหว่างกระบวนการฆ่าหรือขั้นตอนการเก็บรักษา สำหรับการดื้อยาต้านจุลชีพเกิดจากการใช้สารต้านจุลชีพมากเกินไปจนเกิดเป็นและการใช้ไม่ถูกวิธีในการป้องกันควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาและสารตกค้างในเนื้อสุกร จะทำให้เกิดประโยชน์ และปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค

บทนำ

ในปี 2561 ปริมาณการบริโภคเนื้อสุกรของคนไทยอยู่ที่ 1.39 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นในปี 2562 อยู่ที่ 1.48 ล้านตัน หรือคิดเป็นอัตราการบริโภค 22 กิโลกรัม/คน/ปี (Chuenchom, 2022) ผู้ผลิตสุกรยังคงใช้สารต้านจุลชีพในการป้องกันและรักษาโรคจึงทำให้เกิดการตกค้างในเนื้อสัตว์ ถึงแม้ว่าจะใช้สารต้านจุลชีพด้วยวัตถุประสงค์ใดก็ตาม ถ้าผู้ใช้ขาดความรู้หรือมีการใช้ไม่ถูกวิธี อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยง ผู้เลี้ยง ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมได้ โดยอาจก่อให้เกิดปัญหาการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อและเกิดการตกค้างของสารต้านจุลชีพในเนื้อและผลิตภัณฑ์สัตว์ ก่อให้เกิดความเสียหายมหาศาลทั้งในเชิงสุขภาพอนามัย และเศรษฐกิจ (Jaiphon, 2012)

การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในเนื้อสัตว์อาจเกิดขึ้นได้ทั้งในฟาร์ม โรงฆ่าสัตว์ ตลอดจนสถานที่จำหน่ายเนื้อสัตว์ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียส่วนมากมักปะปนอยู่ในมูลสัตว์ หากไม่มีการเลี้ยงที่ควบคุมด้านความสะอาดเป็นอย่างดี เช่น กวาดมูลหรือล้างคอกเป็นประจำ เชื้อแบคทีเรียก็จะสะสมอยู่ตามผิวหนัง หรือเข้าไปอาศัยอยู่ในลำไส้ และทางเดินอาหารได้ (Gray & Fedorka-Cray, 2001) การปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น สภาพแวดล้อมในการเลี้ยงสัตว์ ได้แก่

อาหารสัตว์ แหล่งน้ำ มูลสัตว์ การปฏิบัติของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับสัตว์และเนื้อสัตว์ในช่วงการชำแหละ การแปรรูปเนื้อสัตว์ และการเก็บรักษาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ (Trevanich, 2022) การติดเชื้อซัลโมเนลลามักจะเกิดจากการรับประทานอาหารที่มีเชื้อปนเปื้อน เช่น เนื้อไก่ เนื้อวัว เนื้อสุกร ไช นม และผลิตภัณฑ์นม ผัก และผลไม้ (Zhao et al., 2008) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการสัมผัสกับสัตว์ที่ติดเชื้อ (Benenson, 1995) ได้มีรายงานการเพิ่มขึ้นของการติดเชื้อซัลโมเนลลาโดยการบริโภคผักและผลไม้ที่มีแหล่งผลิตจากเขตร้อนชื้น และพบการติดเชื้อเนื่องจากการบริโภคเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อไก่ เนื้อสุกร หรือผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เป็นสาเหตุของการติดเชื้อได้เช่นกัน (Fashae et al., 2010) เชื้อซัลโมเนลลาเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค Salmonellosis ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาการลำไส้อักเสบ และก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โดยผู้ป่วยมีอาการปวดท้อง ท้องร่วงรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และเป็นไข้ หรือเกิดการติดเชื้อในกระแสเลือด ทำให้โลหิตเป็นพิษอาจถึงแก่ชีวิตได้ในรายที่มีการติดเชื้อรุนแรง (Srimongkol et al., 2012)

ภาวะที่เชื้อแบคทีเรียดื้อต่อสารต้านจุลชีพ จัดเป็นปัญหาที่สำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุขทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิต ทำให้มีการเสียชีวิตจากเชื้อดื้อยา

*Corresponding author

E-mail address: pitak.noi@lru.ac.th (P.Noimay)

Online print: 26 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.16>

ประมาณปีละ 700,000 คน และหากไม่เร่งแก้ไขปัญหาคาดว่าใน พ.ศ. 2593 การเสียชีวิตจากเชื้อดื้อยาจะสูงถึง 10 ล้านคน ประเทศไทยในทวีปเอเชียมีคนเสียชีวิตมากที่สุดคือ 4.7 ล้านคน (Ministry of Public Health, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2022) ส่งผลให้เกิดการเสี่ยงประมาณในการรักษาเป็นจำนวนมาก

การศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ ทำในเขตอำเภอเมืองเลย โดยจังหวัดเลยเป็นจังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากและมีสถานศึกษาระดับมหาวิทยาลัย มีร้านค้าและร้านอาหารประเภทปิ้งย่างจำนวนมาก ซึ่งยังไม่มีข้อมูลพื้นฐานความชุกและการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่เป็นปัจจุบัน จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความชุกของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรและความไวต่อสารต้านจุลชีพในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการใช้สารต้านจุลชีพในเนื้อสุกรในเขตพื้นที่จังหวัดเลยยังไม่มีรายงานการศึกษา ดังนั้นการเลือกใช้สารต้านจุลชีพจึงใช้แนวทางจากงานวิจัยของ Angkititrakul et al. (2011) ที่ได้ศึกษาความชุกและการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากคนขายและเนื้อสุกร (Angkititrakul et al., 2009) แต่ด้วยความจำกัดของงานวิจัยผู้วิจัยจึงเลือกสารต้านจุลชีพมา 4 ชนิด ได้แก่ Ceftriaxone 30 ไมโครกรัม Chloramphenicol 30 ไมโครกรัม Gentamicin 10 ไมโครกรัม และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim 25 ไมโครกรัม ซึ่งงานวิจัยนี้จะป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและให้ผู้บริโภคได้รับรู้ข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกบริโภคเนื้อสุกรที่มีความสะอาดและปลอดภัย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อสุกร 1 ชิ้นให้น้ำหนักตัวอย่างละ 200-300 กรัม จากตลาดในเขตตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเลย จำนวน 4 แห่ง เป็นตลาดสดประจำจังหวัดขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในเขตชุมชน และตลาดตำบลนาอ้อ จำนวน 1 แห่ง รวมเป็น 5 แห่ง แต่ละแห่งเลือกเก็บจาก 3 ร้าน ๆ ละ 2 ตัวอย่าง รวมเป็นแต่ละ 6 ตัวอย่าง โดยเลือกร้านที่มีขนาดใหญ่และมีผู้บริโภคเลือกซื้อจำนวนมาก รวมตัวอย่างทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง ใส่ในถุงปลอดเชื้อ เก็บตัวอย่างไว้ในถังเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 4-7 องศาเซลเซียส จนถึงขั้นตอนการตรวจหาเชื้อในห้องปฏิบัติการ ระหว่างเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2565

การตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลา

ทำตามวิธีของ ISO (2002) ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ลงใน Buffer Peptone Water (BPW) (Himedia, India) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18-24 ชั่วโมง ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Modified Semi Solid Rappaport Vassiliadis (MSRV) (Himedia, India) จำนวน 3 จุด ๆ ละ 100 ไมโครลิตร แล้วนำไปเข้าตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้ลูปแตะเชื้อจากอาหารเลี้ยงเชื้อ MSRV ที่ให้ผลบวกที่มีลักษณะโคโลนีสีขาวแผ่เป็นวงกว้างมาเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD) (Himedia, India) และ Hektoen Enteric Agar (HE) (Himedia,

India) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อซัลโมเนลลาในอาหารแต่ละชนิด โดยโคโลนีของเชื้อซัลโมเนลลาบนอาหาร XLD จะมีลักษณะสีแดงใส บริเวณตรงกลางโคโลนีเป็นสีดำ และโคโลนีของเชื้อซัลโมเนลลาบนอาหาร HE โคโลนีจะมีลักษณะกลมสีเขียวน้ำเงินจนถึงสีน้ำเงินอาจมีหรือไม่มีจุดดำ ตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อยังมีสีเขียว แต่อาจพบโคโลนีขนาดใหญ่ที่มีจุดดำแวววาวตรงกลางหรืออาจจะดำทั้งโคโลนี จากนั้นเลือกโคโลนีที่คาดว่าจะเป็เชื้อซัลโมเนลลาจาก HE และ XLD มา 4 โคโลนี นำไปทดสอบทางชีวเคมีโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Triple Sugar Iron Agar (TSI) (Himedia, India) โดยใช้วิธี Streak และ Stab นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเชื้อซัลโมเนลลาจะทำให้อาหาร TSI ในส่วนลาดเอียงเป็นสีแดง ก้นหลอดเป็นสีเหลือง และอาจจะพบหรือไม่พบสีดำที่เกิดจากการสร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และทดสอบด้วยอาหาร Motility Indole-Lysine Agar (MIL) (Himedia, India) โดยใช้วิธี Stab นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเชื้อซัลโมเนลลาจะทำให้หลอดมีสีม่วงและขุ่น และเมื่อหยดน้ำยา Kovac's reagent ลงไป จะเห็นวงแหวนที่เกิดขึ้นบนอาหารเป็นสีเหลือง

2. นำเชื้อที่แยกได้มาการทดสอบความไวของเชื้อต่อสารต้านจุลชีพด้วยวิธี Disk diffusion test (NCCLS, 2002) โดยการใส่ยา 4 ชนิด ได้แก่ Ceftriaxone 30 ไมโครกรัมต่อแผ่นยา (Oxoid, England), Chloramphenicol 30 ไมโครกรัมต่อแผ่นยา (Oxoid, England), Gentamicin 10 ไมโครกรัมต่อแผ่นยา (Oxoid, England) และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim 25 ไมโครกรัมต่อแผ่นยา (Oxoid, England) นำเชื้อที่ต้องการทดสอบเลี้ยงใน Nutrient Agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำก้านสำลีไปชุบเชื้อที่ต้องการ ใน Nutrient Agar (Himedia, India) แล้วนำไปจุ่มลงใน Normal Saline Solution (NSS) ความเข้มข้น 0.89 % จากนั้นนำไปปรับความขุ่นให้เท่ากับ 0.5 Mcfaland หรือวัดค่า OD = 0.08 ที่ความยาวคลื่น เท่ากับ 625 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ KLAB รุ่น Optizen Alpha) แล้วนำเชื้อที่ได้ไป Spread ลงบน Mueller Hinton Agar (Himedia, India) แล้ววาง Disc ยาปฏิชีวนะ 4 ชนิด และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากบ่มให้ทำการวัด Clear zone ที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หาร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ และทำการเปรียบเทียบการไวต่อสารต้านจุลชีพ ได้แก่ Ceftriaxone, Chloramphenicol, Gentamicin และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim โดยใช้มาตรฐานของ Clinical Laboratory Standards Institute (National Institutes of Health, 2016)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การตรวจหาการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลา จากเนื้อสุกรเขตในอำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยมีการเก็บตัวอย่างจากตลาดทั้งหมด 5 แห่ง ๆ ละ 6 ตัวอย่าง รวมเป็น 30 ตัวอย่าง ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ตลาดที่ 1 พบเชื้อ 3 ตัวอย่าง ตลาดที่ 2 พบเชื้อ 2 ตัวอย่าง ตลาดแห่งที่ 3 พบเชื้อ 6 ตัวอย่าง ตลาดที่ 4 พบเชื้อ 4 ตัวอย่าง และตลาดที่ 5 พบเชื้อ 3

ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50.00 33.33 100.00 66.67 และ 50.00 ตามลำดับ รวมพบเชื้อซัลโมเนลลาทั้งหมด 18 ตัวอย่าง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.00 และแยกไอโซเลทได้ทั้งหมด 28 ไอโซเลท ดัง Table 1

การตรวจการดื้อต่อสารต้านจุลชีพจากเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรทั้ง 28 ไอโซเลท พบเชื้อที่แยกได้จากตลาดที่ 5 เท่านั้น

ที่มีการดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Ceftriaxone 2 ไอโซเลท และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim 1 ไอโซเลท ดัง Table 2 และ Table 3

Table 1 Results of the detection of *Salmonella*

Market	Samples	Number of samples detected	%	Isolates
1	6	3	50	6
2	6	2	33.33	5
3	6	6	100	8
4	6	4	66.67	6
5	6	3	50	3
Total	30	18	60	28

Table 2 Diameter of clear zone (mm) of isolated *Salmonella* strains against 4 antibiotics test

Market	Isolate code	Clear zone (mm)			
		Ceftriaxone	Chloramphenicol	Gentamicin	Sulphamethoxazole-Trimethoprim
1	A1	25	30	19	24
	A2	28	32	19	28
	A3	28	30	18	26
	A4	24	24	18	26
	A5	30	30	19	28
	A6	26	30	18	25
2	A7	26	30	20	25
	A8	28	30	24	19
	A9	27	29	25	20
	A10	27	28	23	19
	A11	23	24	18	22
3	A12	23	29	19	23
	A13	28	27	18	27
	A14	30	31	20	27
	A15	27	34	18	28
	A16	30	25	19	28
	A17	27	31	19	26
	A18	26	30	17	26
	A19	26	28	21	22
4	A20	25	30	20	27
	A21	26	26	17	25
	A22	25	27	18	26
	A23	24	29	19	25
	A24	23	30	19	23
	A25	24	28	19	23
5	A26	18	35	18	22
	A27	23	35	16	8
	A28	15	35	17	17
Susceptible		≥23	≥18	≥15	≥16
Intermediate		20-22	16-18	13-14	11-15
Resistant		≤19	≤12	≤12	≤10

Table 3 Antimicrobial resistance of *Salmonella* isolates from Pork in Mueang District, Loei Province

Market	Isolates	Antimicrobial Resistance (Isolates)			
		Ceftriaxone	Chloramphenicol	Gentamicin	Sulphamethoxazole-Trimethoprim
1	6	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0
3	8	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0
5	3	2	0	0	1
Total	28	2 (7.14 %)	0	0	1 (3.57 %)

สุกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย เก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลา 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.00 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้กำหนดไว้คือ เนื้อสัตว์ดิบจำนวน 25 กรัม จะต้องตรวจไม่พบเชื้อซัลโมเนลลา (Department of Medical Sciences, 2017) สอดคล้องกับ Angkititrakul et al. (2014) ได้ทำการศึกษาคูณภาพเนื้อสุกรบดที่จำหน่ายในเขตเทศบาลนครขอนแก่น พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในเนื้อสุกรบดในตลาดสดร้อยละ 50.00-69.23 และในห้างสรรพสินค้าร้อยละ 50.00 (Angkititrakul et al., 2014) และรายงานของ Liamthong (2017) ได้ทำการศึกษาความชุกของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกจากเนื้อสัตว์คั่วปิ้งในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าจากจำนวนตัวอย่างเนื้อสัตว์คั่วปิ้ง 172 ตัวอย่าง มีเนื้อสัตว์ที่ปนเปื้อนจำนวน 116 ตัวอย่าง (ร้อยละ 67.40) (Liamthong, 2017)

แสดงให้เห็นว่ายังพบการปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ที่จำหน่ายในท้องตลาดอยู่ การปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาอาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนตั้งแต่ระดับฟาร์ม กระบวนการชำแหละ และขั้นตอนการเก็บรักษา ซึ่งถือเป็นอีกแหล่งสำคัญในการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในรายงานของ Sithigon & Angkititrakul (2011) พบการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในโรงฆ่าสัตว์จากสุกรก่อนชำแหละ ซากสุกรชำแหละ นำไปใช้ในโรงฆ่า และเจ้าหน้าที่ชำแหละสัตว์ ร้อยละ 27.14 36.67 19.51 และ 10.71 ตามลำดับ (Sithigon & Angkititrakul, 2011) และยังอาจจะพบจากแหล่งอาหารสัตว์ หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ จากรายงานของ Akkaraisi & Sinnak (2016) พบการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทจากสัตว์และประเภทจากพืชร้อยละ 13.40 และ 7.40 ตามลำดับ (Akkaraisi & Sinnak, 2016) นอกจากนี้ สัตว์พาหะก็ถือว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายของเชื้อซัลโมเนลลาโดยภายหลังจากการจำหน่ายอาจมีสัตว์พาหะ เช่น จิ้งจก และแมลงสาบมากินเศษอาหารบริเวณที่จำหน่าย หรือบริเวณแช่จัดเก็บชำแหละ ซึ่งมีรายงานว่าสัตว์ดังกล่าวสามารถเป็นพาหะของเชื้อซัลโมเนลลาได้ รายงานของ Kasapkarn et al. (1989) พบเชื้อซัลโมเนลลาร้อยละ 52.50 (105/200) ในจิ้งจกในชุมชนแออัด กรุงเทพมหานคร

การดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย ทั้งหมด 28 ไอโซเลท พบการดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Ceftriaxone 2 ไอโซเลท และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim 1 ไอโซเลท ในตลาดที่ 5 สาเหตุอาจเป็นไปได้ว่าทางร้านค่านำเนื้อสุกรมาจากฟาร์มที่มีการใช้สารต้านจุลชีพในการเลี้ยงมากเกินไปจนกำหนดของรูปแบบการใช้ทั้งการใช้เพื่อรักษาและป้องกันโรค หรืออาจจะใช้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานเพื่อเร่งการเจริญเติบโตซึ่งจะทำให้เชื้อซัลโมเนลลาดื้อต่อสารต้านจุลชีพได้

มีผลการศึกษาของ Angkititrakul et al. (2011) ได้ศึกษาความชุกและการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากคนขายและเนื้อสุกร พบว่ามีการดื้อต่อ Amoxicillin, Chloramphenicol, Sulfamethoxazole-Trimethoprim และ Tetracycline ร้อยละ 68.00 39.00 75.00 และ 89.00 ตามลำดับ (Angkititrakul et al., 2009) นอกจากนี้มีการศึกษาในเนื้อสุกรแล้วยังมีการศึกษาในเนื้อโคโดย Angkititrakul et al. (2011) ได้ศึกษาความชุกและการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อโคในเขตเทศบาลนครขอนแก่น พบว่ามีการดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Amoxicillin, Gentamicin, Sulfamethoxazole-Trimethoprim และ Tetracycline 40.00 5.00 30.00 และ 35.00 ตามลำดับ (Angkititrakul et al., 2011) ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษานี้จะนำไปเป็นแนวทางในการป้องกันการใช้สารต้านจุลชีพในการยับยั้งแบคทีเรียเพื่อไม่ให้เกิดการดื้อยา ซึ่งมีหลายช่องทางที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาได้และผู้บริโภคมีความเสี่ยงในการได้รับเชื้อผ่านเนื้อสัตว์ที่จำหน่ายในตลาด หนทางที่ปลอดภัยหลีกเลี่ยงกับการติดเชื้อคือการรับประทานเนื้อสัตว์ที่ผ่านความร้อน โดยเชื้อซัลโมเนลลาจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15-20 นาที หรือที่อุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที (Bangtrakulnon, 1998) ในขณะที่อุณหภูมิน้อยกว่า 5 องศาเซลเซียส ซัลโมเนลลาจะไม่ถูกทำลาย แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Chaisakdanukul et al., 2012)

ด้วยข้อจำกัดของงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้เลือกใช้สารต้านจุลชีพ 4 ชนิด ได้แก่ Ceftriaxone Chloramphenicol, Gentamicin และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim อาจเป็นไปได้ที่เชื้อซัลโมเนลลาจะมีการดื้อต่อสารต้านจุลชีพตัวอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลมากขึ้นจะต้องเพิ่มสารต้านจุลชีพให้หลายชนิดกว่านี้ในครั้งต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการดื้อต่อสารต้านจุลชีพของเชื้อซัลโมเนลลาที่แยกได้จากเนื้อสุกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลา 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60.00 แยกเชื้อได้ทั้งหมด 28 ไอโซเลท พบการดื้อต่อสารต้านจุลชีพ Ceftriaxone 2 ไอโซเลท และ Sulphamethoxazole-Trimethoprim 1 ไอโซเลท

References

- Akkaraisi, J., & Sinnak, S. (2016). *Study on Salmonella contamination in animal feed raw materials of Thai animal feed industry*. Bangkok: Animal Feed and Veterinary Products Control, Department of Livestock Development. (in Thai)
- Angkititrakul, S., Sringam, P., & Polpakdee A. (2014). Quality of minced pork sold in Khon Kaen municipality. *KKU Research Journal*, 19(6), 900-904.
- Angkititrakul, S., Nuttrawong, T., & Jamjane, O. (2009). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from butchers and pork. *KKU Research Journal*, 14(5), 421-428. (in Thai)
- Angkititrakul, S., Tangkawattana, P., Polpakdee, A., & Sithigon, D. (2011). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from beef in Khon Kaen municipality. *KKU Research Journal*, 16(2), 105-111.
- Bangtrakulnon, A. (1998). *Handbook for the diagnosis of intestinal pathogenic bacteria confirmation of intestinal pathogenic bacteria*. Nonthaburi: Department of Medical Sciences Ministry of Public Health. (in Thai)
- Benenson, A. S. (1995). *Control of communicable diseases manual* (16th ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Chaisakdanukul, Y., Praikanakhok, N., & Chaturaphahu, U. (2012). *Disease surveillance Salmonellosis in livestock products*. Bangkok: Bureau of Disease Control and Veterinary Services. (in Thai)
- Chuenchom, S. (2022). *Quality and Safety of Pork*. Accessed October 26, 2022. Retrieved from <https://www.prachachat.net/advertorial/news-424889>. (in Thai)
- Department of Medical Sciences. (2017). *Announcement of the department of medical sciences on microbiological quality measures of food and food contact containers, Issue 3*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from <http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/Publish/e-book/micro-ISBN60.pdf> (in Thai)
- Fashae, F., Ogunsola, F., Aarestrup, F. M., & Hendriksen, R. S. (2010). Antimicrobial susceptibility and serovars of *Salmonella* from chickens and humans in Ibadan, Nigeria. *Journal of Infection in Developing Countries*, 4(8), 484-494. doi: 10.3855/jidc.909
- Gray, J. T., & Fedorka-Cray, P. J. (2001). Survival and infectivity of *Salmonella choleraesuis* in swine feces. *Journal of Food Protection*, 64(7), 945-949.
- International Organization for Standardization (ISO). (2002). *Microbiology of food and animal feeding stuffs- Horizontal method for the detection of Salmonella spp.* Accessed October 12, 2022. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6579:ed-4:v1:en>
- Jaiphon, P. (2012). Food (not) safe effects of using antibiotics in animals. *Thai Food and Drug Journal*, 19(3), 8-11. (in Thai)
- Kasapkam, P., Suksringam, B., & Bangtrakulnonth A. (1989). Serotypical analysis of *Salmonella* in lizards from slams in Bangkok. *Parichart Journal Thaksin University*, 2(2), 52-62.
- Liamthong, S. (2017). Prevalence of *Salmonella* isolated from retail meats in Mueang district, Nakhon Si Thammarat Province. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 36(1), 72-85.
- Ministry of Public Health, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2022). *Thailand antimicrobial resistance management strategic plan 2017–2021*. Accessed October 26, 2022. Retrieved from <http://narst.dmsc.moph.go.th/documentation/AMR%20strategy%202560-2564.pdf> (in Thai)
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). (2002). *Performance Standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacterial isolated from animals approved standard M31-A2* (2nd ed.). Pennsylvania: National Committee for Clinical Laboratory Standards.
- National Institutes of Health. (2016). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from <https://www.nih.org.pk/wp-content/uploads/2021/02/CLSI-2020.pdf>
- Sithigon, D., & Angkititrakul, S. (2011). Prevalence of *Salmonella* isolated from pigs, pig carcasses, water and workers at slaughterhouses in Khon Kaen Province. *KKU Veterinary Journal*, 21(1), 33-40.

- Srimongkol, Y., Thonglek S., Srinaphhu J., Thiampool S., Laola B., & Phakasri P. (2012). *Investigation of food poisoning outbreak associated with consumption of Salmonella group B contaminated pork, Khaochakun district, Sakaeo Province*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from https://wesr-doe.moph.go.th/wesr_new/index.php?page=search.php (in Thai)
- Trevanich, S. (2022). *Major food pathogenic bacteria in meat and meat products*. Accessed October 26, 2022. Retrieved from <https://www.swinethailand.com/17289985/%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B9%8C%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B9%8C> (in Thai)
- Zhao, S., White, D. G., Friedman, S. L., Glenn, A., Blickenstaff, K., Ayers, S. L., Abbott, J. W., Hall-Robinson, E., & McDermott, P. F. (2008). Antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Heidelberg isolates from retail meats, including poultry, from 2002 to 2006. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(21), 6656-6662. doi: 10.1128/AEM.01249-08.

Research article

Prevalence of *Salmonella* isolated from pork and antimicrobial resistance in Mueang District, Loei Province

Pitak Noimay *

Department of Science, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei 42000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 23 June 2023

Revised: 7 June 2023

Accepted: 9 June 2023

Online published: 26 June 2023

Keyword

Salmonella

Pork

Prevalence

Antimicrobial

Contamination

ABSTRACT

Salmonella contamination in pork causes gastrointestinal disease, and there is evidence that *Salmonella* is resistant to antimicrobials, leading to health issues. The aim of this research was to study the antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from pork in Muang Loei District, Loei Province. A total of 30 pork samples were collected and then were subjected to bacterial isolation and cultivation in the laboratory using standard methods. Susceptibility testing for Ceftriaxone, Chloramphenicol, Gentamicin, and Sulphamethoxazole-Trimethoprim was conducted using the disk diffusion method. The results revealed that was present in 18 out of the 30 pork samples (60 %). Among the 28 *Salmonella* isolates, two showed resistance to Ceftriaxone, while one isolate was resistant to Sulphamethoxazole-Trimethoprim. Factors contributing to *Salmonella* distribution in pig carcasses include contamination in transport cages, transportation of pork to the slaughterhouse, and cross-contamination during the slaughter or storage process. The overuse and misuse of antimicrobials result in antimicrobial resistance. Preventing and controlling the factors that cause *Salmonella* contamination and residues in pork will benefit consumer health and ensure safety.

*Corresponding author

E-mail address: pitak.noi@lru.ac.th (P.Noimay)

Online print: 26 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.16>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การสะสมโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย

นางสุตา ภูมิจำนงค์ นพพล อรุณรัตน์* และ สุกัญญา เสรีนนท์ชัย

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 21 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 23 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 23 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 27 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

ข้าว

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

บุรีรัมย์

โลหะหนัก

ประเทศไทย

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในนาข้าวถือเป็นปัญหาที่กว้างไกลในหลายประเทศในเอเชีย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม) และประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวันในพื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดบุรีรัมย์ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างดิน 62 ตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำ 57 ตัวอย่าง ตัวอย่างต้นข้าว 62 ตัวอย่าง และตัวอย่างเมล็ดข้าว 11 ตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) และคำนวณหาการได้รับโลหะหนักต่อวัน (Estimated daily intake, EDI) จากการบริโภคข้าวของประชาชนในจังหวัดบุรีรัมย์ ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณทองแดงในต้นข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 4.258 และ 1.963 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นของแมงกานีสพบในดินสูงที่สุด และพบในเมล็ดข้าวน้อยที่สุด ปริมาณตะกั่วพบการสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 30.85 และ 42.794 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในต้นข้าวพบการสะสมของปริมาณตะกั่วสูงที่สุดเท่ากับ 47.858 และ 45.786 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีพบสูงที่สุดในต้นข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.958 และ 23.203 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ ปริมาณแคดเมียมพบในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 0.0001 และ 0.0011 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในเมล็ดข้าว พบการสะสมของแคดเมียมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับในดิน น้ำ และต้นข้าว โดยมีค่าเท่ากับ 0.119 และ 0.114 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการประเมินค่า EDI พบว่า ไม่เกินค่าที่แนะนำต่อวัน (Recommended daily dietary allowances, RDI) ยกเว้น ปริมาณตะกั่วที่มีค่า EDI (0.39 มิลลิกรัม/คน/วัน) สูงกว่าค่า RDI (0.21 มิลลิกรัม/คน/วัน) การปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวเกิดจากหลายแหล่งกำเนิด ด้วยเหตุนี้ การทดสอบหาปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าว และติดตามความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างสม่ำเสมอจึงเป็นสิ่งสำคัญ

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารที่สำคัญ และเป็นอาหารหลักในประเทศไทย ความปลอดภัยของอาหาร โดยเฉพาะการวัดปริมาณโลหะหนักในข้าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ การปลูกพืชข้าวบนดินที่เป็นมลพิษอาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิตมนุษย์ได้ (Saleem et al., 2020) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและการทำเหมืองแร่เป็นสาเหตุสำคัญของความเป็นพิษ (Javed et al., 2020) การเผาไหม้ของขยะ ไอเสียของยานพาหนะ การใส่ปุ๋ยเคมีและการบำบัดกากตะกอนน้ำเสียที่เป็นปุ๋ยบนพื้นที่ปลูกพืชข้าว สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนโลหะหนัก (Zaheer et al., 2020)

การสะสมของโลหะหนัก โดยเฉพาะแคดเมียม (Cadmium, Cd) ตะกั่ว (Lead, Pb) ทองแดง (Copper, Cu) สังกะสี (Zinc, Zn) และแมงกานีส (Manganese, Mn) ในอาหารอาจเป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ แคดเมียมเป็นหนึ่งในโลหะหนักที่เป็นพิษซึ่งพบได้บ่อยและแพร่หลายมากที่สุด เมื่อมีการปนเปื้อนในข้าวหามนุษย์ได้รับเข้าไป

จะส่งผลต่อท่อไตส่วนต้น (Proximal tubule) เกิดภาวะโลหิตจาง และสูญเสียแร่ธาตุในกระดูกอย่างรุนแรง ส่งผลให้กระดูกหัก (Reilly, 2002) นอกจากนี้ ยังมีการระบุนกโรคไต-อิตาลี ในผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีมลพิษจากแคดเมียมอีกด้วย (Waalkes, 2000) นอกจากนี้ สารตะกั่วซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม มีพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง สังกะสีที่ระดับการบริโภคมากกว่า 250 มิลลิกรัม/วัน ในผู้ใหญ่ทำให้เกิดการระคายเคืองในลำไส้ คลื่นไส้ อาเจียน และปวดท้อง (Plum et al., 2010) การบริโภคทองแดงในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์รีดอกซ์และฮีโมโกลบิน เกี่ยวข้องกับการทำงานของไมโทคอนเดรีย เมแทบอลิซึมของเซลล์ การสร้างเนื้อเยื่อ และการดูดซึม (Ruiz et al., 2021) แมงกานีสทำหน้าที่เป็นปัจจัยร่วมที่จำเป็นของเอนไซม์หลายชนิดที่จำเป็นสำหรับการทำงานของเซลล์ประสาทและเซลล์เกลีย (Glial cell) เช่นเดียวกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารสื่อประสาทและเมแทบอลิซึม (Erikson & Aschner, 2003) โลหะหนักเหล่านี้มี

*Corresponding author

E-mail address: noppol.aru@mahidol.ac.th (N. Arunrat)

Online print: 27 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.17>

โครงสร้างที่เคลื่อนที่ได้ ดังนั้นจึงสามารถเคลื่อนที่จากดินสู่พืชได้ (Dogan et al., 2011) องค์ประกอบเหล่านี้แสดงถึงการเคลื่อนที่ระหว่างรากพืชกับยอด และระหว่างยอดกับรวง ผลผลิตพืชที่ปนเปื้อนอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวหอมมะลิที่สำคัญของประเทศไทย นอกจากนี้ จังหวัดบุรีรัมย์มีข้าวที่ใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical indication, GI) คือ ข้าวหอมมะลิถิ่นภูเขาไฟบุรีรัมย์ ซึ่งครอบคลุม 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ อำเภอละหานทราย อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอห้วยราช อำเภอประโคนชัย อำเภอปะคำ และอำเภอนางรอง อย่างไรก็ตามจากการศึกษาประเทศแถบเอเชียพบว่า ธาตุสังกะสี ทองแดง นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว สะสมได้มากที่สุดในรากของพืชข้าว ซึ่งรวมถึงเมล็ดข้าว ดินนา และมูลสัตว์ รวมถึงระบบน้ำชลประทาน (Rittirong & Saenboonruang, 2018) โลหะหนักเหล่านี้สามารถถูกเคลื่อนย้ายจากดินไปยังพืชผ่านทางรากหรือลำต้น (Uchida et al., 2019) โลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนู (As) ถูกเคลื่อนย้ายจากดินและสะสมในเมล็ดธัญพืชได้อีกด้วย (Feng-Hu et al., 2014) ดังนั้นความสามารถในการเคลื่อนย้ายของโลหะหนักจากดินไปยังพืชมีผลต่อรูปแบบการสะสมทางชีวภาพ (Bioaccumulation) (Sekara et al., 2015) การศึกษาครั้งนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม) ในดิน น้ำ ต้นข้าว และเมล็ดข้าว และประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวัน ในพื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีสมมติฐานการวิจัย คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับมีค่าไม่เกินค่าที่แนะนำต่อวัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้การซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2550 และกำหนดระวางขนาด 11×11 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย พื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน 7 ระวาง และพื้นที่ปลูกข้าวนอกเขตชลประทาน 55 ระวาง การกำหนดพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทานพิจารณาจากการซ้อนทับของข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของระบบชลประทาน และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ มากกว่าร้อยละ 50 ของระวาง โดยเลือกเก็บตัวอย่างตามระวางที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้น รวมระวางที่ศึกษาทั้งหมด 62 ระวาง (Figure 1)

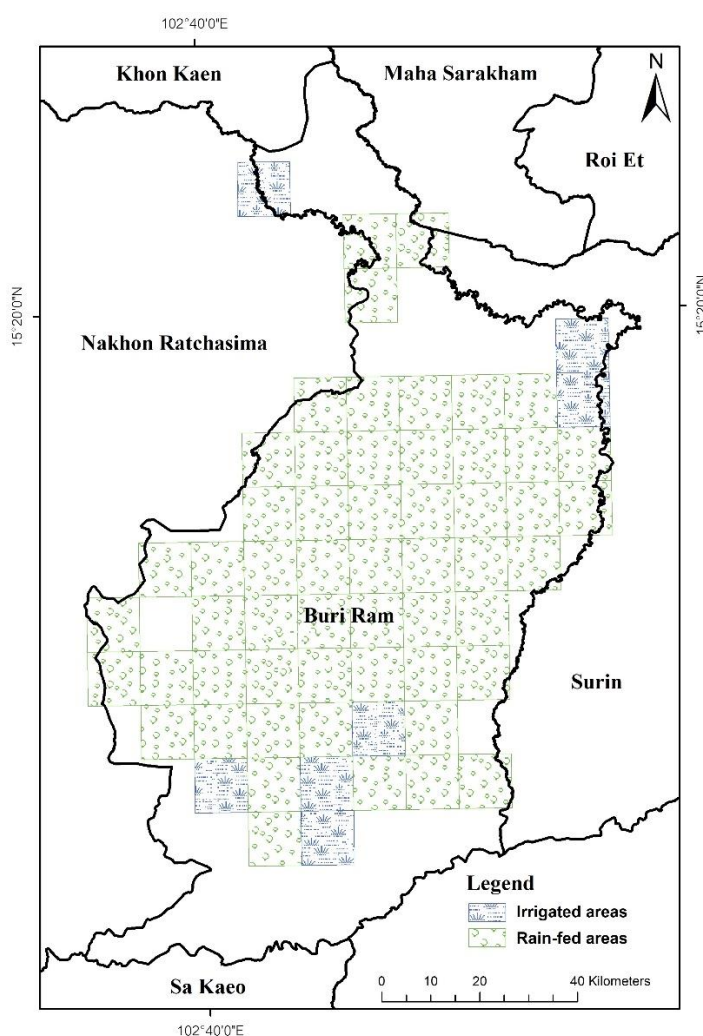


Figure 1 Study area

การเก็บตัวอย่างดินและต้นข้าว

ตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ได้ถูกเก็บให้ครอบคลุม 62 ไร่ทั่วทั้งพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยใช้วิธีเก็บแบบวิธีการผสม (Composite soil sample) (Satachon et al., 2019) โดยที่ตัวอย่างดินแต่ละระยะถูกเก็บแบบกระจายจำนวน 3 จุด และนำดินทั้ง 3 จุดมาผสมกัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างดินของแต่ละระยะ จากนั้นตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม ถูกบรรจุในถุงพลาสติกเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป สำหรับตัวอย่างต้นข้าว ได้ถูกเก็บจากแปลงนาเดียวกับการเก็บตัวอย่างดิน ดังนั้น จำนวนตัวอย่างดินและต้นข้าวทั้งหมดอย่างละ 62 ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำ แบ่งออกเป็น 2 แหล่ง คือ การเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำจากการทำนาด้วยน้ำชลประทานและนาข้าวที่ใช้น้ำฝน สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือ คลองส่งน้ำชลประทานทั้งนี้ต้องใกล้เคียงกับตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 57 ตัวอย่าง จาก 19 ไร่ ซึ่งในแต่ละระยะเก็บตัวอย่างน้ำได้ประมาณ 2-4 ตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับจำนวนสาขาของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือ คลองส่งน้ำชลประทาน จากนั้น นำตัวอย่างน้ำใส่ขวดเก็บตัวอย่างพลาสติกโพลีเอทิลีนฟลาเกลียว หดกรดไนตริก (HNO_3) 2 ml เพื่อคงคุณสมบัติการแตกตัวของไอออนในน้ำตัวอย่างไว้ เขียนจุดเก็บตัวอย่างและจำนวนซ้ำไว้ข้างขวดเก็บตัวอย่างจากนั้นนำไปแช่ในกล่องเก็บความเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

การเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าว

รวบรวมเมล็ดข้าวเปลือกจากเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ได้จำนวน 5 ตัวอย่าง ในเขตชลประทาน และ จำนวน 6 ตัวอย่าง นอกเขตชลประทาน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 11 ตัวอย่าง โดยรวบรวมจากเกษตรกรที่ยังคงเก็บเมล็ดข้าวเปลือกไว้เพื่อบริโภคในครัวเรือนและเก็บเกี่ยวจากแปลงนาที่เก็บตัวอย่างดิน ต้นข้าว และน้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดิน น้ำ ต้นข้าว และเมล็ดข้าว

ปริมาณโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม กระบวนการย่อยตัวอย่างใช้วิธี Microwave acid digestion (Figure 2 (a)) (Faculty of Environment and Resources Studies, Mahidol University, n.d.) อ้างอิงตาม Method 3051A (USEPA, 2007) จากนั้น นำตัวอย่างดิน น้ำ ต้นข้าว และเมล็ดข้าว มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Figure 2 (b)) (Faculty of Environment and Resources Studies, Mahidol University, n.d.) โดยใช้เครื่อง Flame atomic absorption spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส และใช้เครื่อง Graphite atomic absorption spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมเนื่องจากแคดเมียมมีปริมาณน้อยกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ๆ



(a)



(b)

Figure 2 Instruments for heavy metal analysis (a) Microwave acid digestion and (b) Atomic absorption spectrometer.

การประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวัน (Estimated daily intake, EDI)

ค่า EDI ประเมินจากการบริโภคข้าวต่อวัน โดยคำนวณได้จากสมการ (1)

$$EDI = C_{\text{elements}} \times DC_{\text{rice}} \quad (1)$$

โดยที่ C_{elements} คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดในข้าว และ DC_{rice} คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคข้าวต่อวัน ในการศึกษา กำหนดให้ ค่า DC_{rice} เท่ากับ 233 กรัม/คน/วัน (Srinuttrakul et al., 2018)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน และนอกเขตชลประทาน

ด้วยวิธี t-test และใช้ One-way ANOVA และ Post Hoc Tukey's HSD tests ในการวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณโลหะหนักในดิน ต้นข้าว และเมล็ดข้าว โดยใช้โปรแกรม SPSS version 21

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 5 ชนิด (ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี และแคดเมียม) ในดินนาข้าว น้ำสำหรับการเพาะปลูกข้าว ต้นข้าว และเมล็ดข้าว พบว่า ปริมาณทองแดงในดินข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 4.258 และ 1.963 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบปริมาณทองแดงในเมล็ดข้าว น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับในดิน น้ำ และต้นข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0025

และ 0.0028 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ ในขณะที่การสะสมของทองแดงในต้นข้าว (4.258 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และดิน (2.396 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงที่สุด สำหรับในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ (Table 1)

ปริมาณแมงกานีส พบการสะสมในดินและน้ำที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ปริมาณแมงกานีสในดินมีค่าเท่ากับ 208.808 และ 185.084 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ สำหรับปริมาณแมงกานีสในน้ำมีค่าเท่ากับ 0.019 และ 0.134 มิลลิกรัม/ลิตร ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ นอกจากนี้ พบการสะสมของแมงกานีสในดินสูงที่สุด ในขณะที่ พบแมงกานีสในเมล็ดข้าวน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับในน้ำ ต้นข้าว และดิน (Table 1)

ปริมาณตะกั่ว พบการสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 30.85 และ 42.794 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในต้นข้าว พบการสะสมของปริมาณตะกั่วสูงที่สุด เท่ากับ 47.858 และ 45.786 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ ในขณะที่ พบการสะสมของตะกั่ว น้อยที่สุดในน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.889 และ 0.923 มิลลิกรัม/ลิตร ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ (Table 1)

ปริมาณสังกะสี พบการสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 4.758 และ 7.602 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ พบ การสะสมของสังกะสีน้อยที่สุดในน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.017 และ 0.016 มิลลิกรัม/ลิตร ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม พบปริมาณสังกะสีสูงที่สุดในต้นข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.958 และ 23.203 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ (Table 1)

ปริมาณแคดเมียม พบในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน โดยมีค่าเท่ากับ 0.0001 และ 0.0011 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นการสะสมน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ในเมล็ดข้าว พบการสะสมของแคดเมียมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับในดิน น้ำ และต้นข้าว โดยมีค่าเท่ากับ 0.119 และ 0.114 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ตามลำดับ (Table 1)

เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวอื่น ๆ พบว่า ปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวในจังหวัดบุรีรัมย์ค่อนข้างต่ำ เช่น นาข้าวในตำบลแพรกหนามแดง จังหวัดสมุทรสงคราม พบความเข้มข้นของทองแดงและสังกะสีในดิน เท่ากับ 16-20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 55-66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Kingsawat & Roachananakan, 2011) การสะสมของทองแดงและสังกะสีในเมล็ดข้าวในที่ราบสูงโคราชและในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเท่ากับ 1.05-2.47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 11.65-12.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Inboonchuay et al., 2015) นอกจากนี้ Cheun-im et al. (2008) ศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินปลูกข้าวอินทรีย์ในจังหวัดปทุมธานี พบว่า ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดินจากพื้นที่คลอง 6 มีค่าเฉลี่ยของแคดเมียม เท่ากับ 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โครเมียม (Chromium, Cr) เท่ากับ 1.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตะกั่วเท่ากับ 0.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทองแดงเท่ากับ 2.49 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นิกเกิล (Nickel, Ni) เท่ากับ 2.47 มิลลิกรัม/

กิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 12.86 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ เหล็ก (Iron, Fe) เท่ากับ 394.60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดินของแปลงจากพื้นที่คลอง 11 มีค่าเฉลี่ยของแคดเมียม เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โครเมียมเท่ากับ 0.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตะกั่วเท่ากับ 1.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทองแดงเท่ากับ 2.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นิกเกิลเท่ากับ 1.97 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สังกะสีเท่ากับ 3.04 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ เหล็กเท่ากับ 537.19 มิลลิกรัม/กิโลกรัม การศึกษาที่สรุปว่า ปริมาณโลหะหนักที่พบอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าค่าวิกฤตมากและต่ำกว่าค่าความเข้มข้นที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของการเกิดมลพิษจากการปนเปื้อนโลหะหนัก ยกเว้นความเข้มข้นของเหล็กที่มีค่าสูงกว่า ในขณะที่ การศึกษาของ Kukusamude & Kongsri (2019) พบว่า ความเข้มข้นของแคดเมียมในข้าวเหนียวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าอยู่ในช่วง 0.003-0.092 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย 0.024 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การศึกษาของ Satachon et al (2019) ศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ที่ไม่ผ่านการรับรอง (Non-certified organic rice farming) ในจังหวัดนครนายก ผลการศึกษา พบความเข้มข้นของโลหะหนักในดินและเมล็ดข้าวเรียงตามลำดับดังนี้ ตะกั่ว > แมงกานีส > สังกะสี > ทองแดง > นิกเกิล และ สังกะสี > แมงกานีส > ทองแดง > นิกเกิล อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนของตะกั่ว และ สังกะสี มีค่าเกินระดับสูงสุดที่อนุญาตในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ ยังพบว่า ข้าวอินทรีย์ที่ไม่ผ่านการรับรองในพื้นที่นี้อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยมีค่าบ่งชี้ถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ร้ายแรงสำหรับผู้บริโภค

การศึกษานี้ ยังพบว่า ปริมาณทองแดง แมงกานีส และสังกะสี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในดิน ต้นข้าว และเมล็ดข้าว รวมทั้งในเขตพื้นที่ชลประทานและนอกเขตชลประทาน ในขณะที่ปริมาณตะกั่ว พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เฉพาะในพื้นที่ชลประทาน แต่พื้นที่นอกเขตชลประทานนั้น พบปริมาณตะกั่วในดินและในต้นข้าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปริมาณแคดเมียม พบว่า การสะสมในดินและเมล็ดข้าวในเขตพื้นที่ชลประทาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ ปริมาณแคดเมียมในดินและต้นข้าวนอกเขตพื้นที่ชลประทาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากผลการศึกษา ยังพบว่าปริมาณแมงกานีส ตะกั่ว และสังกะสี สะสมในต้นข้าวสูงที่สุดในขณะที่ แคดเมียมพบสะสมในดินสูงที่สุด ทั้งในเขตพื้นที่ชลประทานและนอกเขตชลประทาน (Table 1)

จากการประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวันในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งแสดงด้วยค่า EDI และเทียบกับค่าแนะนำต่อวัน (Recommended daily dietary allowances, RDI) พบว่า จากการประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวันไม่เกินค่าที่แนะนำต่อวัน ยกเว้นปริมาณตะกั่วที่มีค่า EDI (0.39 มิลลิกรัม/คน/วัน) สูงกว่าค่า RDI (0.21 มิลลิกรัม/คน/วัน) (Table 2) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังไม่ได้ยืนยันถึงความเป็นพิษของปริมาณตะกั่วที่อาจส่งผลต่อสุขภาพเนื่องจาก การรวบรวมจำนวนตัวอย่างเมล็ดข้าวยังไม่ครอบคลุมในทุกพื้นที่และทุกสายพันธุ์ข้าว ดังนั้น เพื่อยืนยันผลวิเคราะห์ที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น งานวิจัยในอนาคตควรดำเนินการตามคำแนะนำดังกล่าวจากการศึกษาของ Kukusamude & Kongsri (2019) พบว่า ค่า EDI ในการบริโภคข้าวเหนียวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เท่ากับ 2.0×10^{-5} และ 2.4×10^{-5} มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ของเพศชายและหญิงตามลำดับ

นอกจากนี้ จากการศึกษานี้ของ Srinuttrakul et al. (2018)

ศึกษาปริมาณโลหะหนัก (สารหนู แคดเมียม ทองแดง แมงกานีส และ สังกะสี) ในข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง ผลการศึกษา พบค่า EDI ของ สารหนู เท่ากับ 0.019-0.045 มิลลิกรัม/วัน ค่า EDI ของแคดเมียม เท่ากับ 0.003-0.013 มิลลิกรัม/วัน ค่า EDI ของทองแดง เท่ากับ 0.15-0.37 มิลลิกรัม/วัน ค่า EDI ของแมงกานีส เท่ากับ 2.94-3.75 มิลลิกรัม/วัน และ ค่า EDI ของสังกะสี เท่ากับ 5.12-5.88 มิลลิกรัม/วัน

ในการศึกษาดังกล่าว ใช้การอ้างอิงค่า RDI จาก United States Department of Agriculture/United States Department of Health and Human Services, Dietary Guidelines for Americans ปี ค.ศ. 2010 ซึ่งยืนยันว่าข้าวสังข์หยดในพื้นที่ศึกษามีความปลอดภัยต่อสุขภาพ

Table 1 Heavy metal concentration (mean $\pm$ SD) in paddy fields

Study areas	Types of heavy metal				
	Cu	Mn	Pb	Zn	Cd
Irrigated areas					
Soil (mg/kg)	2.367 $\pm$ 2.02 ^A	208.808 $\pm$ 120.46 ^{AB}	30.85 $\pm$ 10.92 ^{AB}	4.758 $\pm$ 2.76 ^{AB}	0.094 $\pm$ 0.12 ^A
Water (mg/L)	0.039 $\pm$ 0.007 ^X	0.019 $\pm$ 0.031 ^{AX}	0.889 $\pm$ 0.387 ^X	0.017 $\pm$ 0.011 ^X	0.0001 $\pm$ 0.0002 ^{AX}
Rice plant (mg/kg)	4.258 $\pm$ 3.86 ^{AB}	372.7 $\pm$ 51.73 ^B	47.858 $\pm$ 20.59 ^B	21.958 $\pm$ 9.95 ^B	0.024 $\pm$ 0.01 ^B
Rice grain (mg/kg)	0.0025 $\pm$ 0.0007 ^C	0.0001 $\pm$ 0.00006 ^C	1.645 $\pm$ 0.08 ^C	0.735 $\pm$ 0.16 ^C	0.119 $\pm$ 0.007 ^A
Rain-fed areas					
Soil (mg/kg)	2.396 $\pm$ 3.2 ^A	185.084 $\pm$ 228.0 ^{BA}	42.794 $\pm$ 18.71 ^{BA}	7.602 $\pm$ 9.91 ^{BA}	0.024 $\pm$ 0.03 ^A
Water (mg/L)	0.039 $\pm$ 0.008 ^X	0.134 $\pm$ 0.275 ^{BX}	0.923 $\pm$ 0.272 ^X	0.016 $\pm$ 0.008 ^X	0.0011 $\pm$ 0.0043 ^{BX}
Rice plant (mg/kg)	1.963 $\pm$ 2.82 ^{BA}	380.51 $\pm$ 161.48 ^B	45.786 $\pm$ 16.15 ^A	23.203 $\pm$ 7.75 ^B	0.021 $\pm$ 0.03 ^A
Rice grain (mg/kg)	0.0028 $\pm$ 0.003 ^B	0.0001 $\pm$ 0.00003 ^C	1.662 $\pm$ 0.07 ^B	0.541 $\pm$ 0.162 ^C	0.114 $\pm$ 0.005 ^B

^{a-b} Significant difference ($p \leq 0.05$) between irrigated and rain-fed areas. ^{A-C} Significant difference ($p \leq 0.05$) among heavy metal concentration in soil, rice plant and rice grain. ^X The concentration of heavy metals in water was not statistically compared to the significant differences in soil, rice plants, and rice grains due to the use of different measurement units.

Table 2 Comparison of the EDI of heavy metals (mean $\pm$ SD) from rice grain studied with the RDI

Types of heavy metal	EDI (mg/day/person)	RDI (mg/day/person)		References
		Male	Female	
Cu	0.00061 $\pm$ 0.00003	0.90	0.90	Srinuttrakul et al. (2018)
Mn	0.00002 $\pm$ 0.000001	2.30	1.80	Srinuttrakul et al. (2018)
Pb	0.39 $\pm$ 0.11	0.21	0.21	Atique Ullah et al. (2017)
Zn	0.15 $\pm$ 0.08	11.00	8.00	Srinuttrakul et al. (2018)
Cd	0.027 $\pm$ 0.005	0.06	0.06	Atique Ullah et al. (2017)

การปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าว สามารถมาจากหลาย แหล่งกำเนิด ได้แก่ มูลสัตว์ (Sungur et al., 2016) แหล่งน้ำ ชลประทานที่ปนเปื้อนโลหะหนักมาจากน้ำเสียบ้านเรือน และโรงงาน อุตสาหกรรม (Rittirong & Saenboonruang, 2018) รวมถึง ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืช (Rehman et al., 2019) และถนนที่มีการจราจรหนาแน่น (Satachon et al., 2019) นอกจากนี้ ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคในชีวิตประจำวันที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก อาจไม่ใช่เพียงแค่การบริโภคข้าวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่อาจจะมีมาจากกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน รวมถึงการบริโภคผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์อื่น ๆ ด้วย ดังนั้น ความรอบคอบในการบริโภคอาหาร และหมั่นตรวจสุขภาพร่างกายอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นสิ่งจำเป็น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของโลหะหนักที่สะสมในดิน น้ำ ต้นข้าว และเมล็ดข้าว ระหว่างพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานในจังหวัดบุรีรัมย์ จากการประเมินการได้รับโลหะหนักต่อวัน พบว่า มีค่าไม่เกินค่าที่แนะนำต่อวัน ยกเว้นปริมาณตะกั่ว ที่มีค่า EDI (0.39 มิลลิกรัม/คน/วัน) สูงกว่าค่า RDI (0.21 มิลลิกรัม/คน/วัน) การปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าวสามารถเกิดจากหลายแหล่งกำเนิด ด้วยเหตุนี้ การทดสอบหาปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ปลูกข้าว และ ติดตามความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นสิ่งสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยมหิดล สัญญาเลขที่ งป.54/2558 และสัญญาเลขที่ งป.31/2559

References

- Atique Ullah, A. K. M., Maksud, M. A., Khan, S. R., Lutfi, L. N., & Quraishi, S. B. (2017). Dietary intake of heavy metals from eight highly consumed species of cultured fish and possible human health risk implications in Bangladesh. *Toxicology Reports*, 4, 574-579. doi:10.1016/j.toxrep.2017.10.002
- Cheun-im, N., Sinbuathong, N., Ingkapradit, W., Koonket, K., Inklang, V., & Hom-ngarm, V. (2008). Accumulation of heavy metals in soil from organic paddy field. *Proceedings of the 46th Kasetsart University annual conference: Plants* (pp. 521-525). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Dogan, Y., Ugulu, I., Durkan, N., Unver, M. C., & Mert, H. H. (2011). Determination of some ecological characteristics and economical importance of *Vitex agnus-castus*. *Eurasian Journal of Biosciences*, 5(5),

- 10-18. doi:10.5053/ejobios.2011.5.0.2
- Erikson, K. M., & Aschner, M. (2003). Manganese neurotoxicity and glutamate- GABA interaction. *Neurochemistry International*, 43(4-5), 475-480. doi:10.1016/S0197-0186(03)00037-8
- Faculty of Environment and Resources Studies, Mahidol University. (n. d.). *Environmental quality measurement and analysis service*. Accessed June 21, 2023. Retrieved from https://en.mahidol.ac.th/images/lab/publication_edit65.pdf (in Thai)
- Feng-Hu, X., Jiang, Y., Shu, Y., Hu, X., Liu, L., & Luo, F. (2014). Effects of mining wastewater discharges on heavy metal pollution and soil enzyme activity of the paddy fields. *Journal of Geochemical Exploration*, 147(Part B), 139- 150. doi:10.1016/j.gexplo.2014.08.001
- Inboonchuay, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Anusontpornperm, S., & Gilkes, R. J. (2015). Distribution and concentration of major and trace elements in paddy soils and rice plant of Khorat Basin, Northeast Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science*, 48(3), 147-156.
- Javed, M. T., Saleem, M. H., Aslam, S., Rehman, M., Iqbal, N., Begum, R., Ali, S., Alsahli, A. A., Alyemeni, M. N., & Wijaya, L. (2020). Elucidating silicon-mediated distinct morpho-physio-biochemical attributes and organic acid exudation patterns of cadmium stressed Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 157, 23– 37. doi:10.1016/j.plaphy.2020.10.010
- Kingsawat, R., & Roachanakanan, R. (2011). Accumulation and distribution of some heavy metals in water, soil and rice fields along the Pradu and Phi Lok canals, Samut Songkhram Province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 9(1), 38-48.
- Kukusamude, C. , & Kongsri, S. (2019). Cadmium concentration in Thai sticky rice and human health risk assessment. *Proceedings of the 7th Burapha University international conference on interdisciplinary research* (pp. 538-542). Chonburi: Burapha University.
- Plum, L. M., Rink, L., & Haase, H. (2010). The essential toxin: impact of zinc on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 7(4), 1342-1365. doi:10.3390/ijerph7041342
- Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M. H., Bashir, S., Ullah, S., & Peng, D. (2019). Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18003-18016. doi:10.1007/s11356-019-05073-6
- Reilly, C. (2002). *Metal contamination of food* (3rd ed.). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Rittirong, A., & Saenboonruang, K. (2018). Quantification of aluminum and heavy metal contents in cooked rice samples from Thailand markets using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and potential health risk assessment. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(5) , 372- 380. doi:10.9755/ejfa.2018.v30.i5.1680
- Ruiz, L. M., Libedinsky, A., & Elorza, A. A. (2021). Role of copper on mitochondrial function and metabolism. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 711227. doi:10.3389/fmolb.2021.711227
- Saleem, M. H., Kamran, M., Zhou, Y., Parveen, A., Rehman, M., Ahmar, S., Malik, Z., Mustafa, A., Anjum, R. M. A., & Wang, B. (2020). Appraising growth, oxidative stress and copper phytoextraction potential of flax (*Linum usitatissimum* L.) grown in soil differentially spiked with copper. *Journal of Environmental Management*, 257, 109994. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109994
- Satachon, P. , Keawmoon, S. , Rengsungnoen, P. , Thummajitsakul, S., & Silprasit, K. (2019). Source and health risk assessment of heavy metals in non-certified organic rice farming at Nakhon Nayok Province, Thailand. *Applied Environmental Research*, 41(3), 96-106.
- Sekara, A., Poniedzialek, M., Ciura, J., & Jedrzczyk, E. (2005). Cadmium and lead accumulation and distribution in the organs of nine crops: implications for phytoremediation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 509-516.
- Srinuttrakul, W., Permnamtip, V., & Yoshida, S. (2018). Heavy Metals in Sangyod rice samples cultivated in Phatthalung, Thailand. *Food and Applied Bioscience Journal*, 6(special issue on Food and Applied Bioscience), 45-54.
- Sungur, A., Soylak, M., Yilmaz, S., & Ozcan, H. (2016). Heavy metal mobility and potential availability in animal manure: using a sequential extraction procedure. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(3), 563-572. doi:10.1007/s10163-015-0352-4
- Uchida, S., Tagami, K., & Ishikawa, N. (2009). Concentration, soil-to-plant transfer factor and soil-soil solution

- distribution coefficient of selenium in the surface environment. *Proceedings of the Waste management symposium* (pp. 1- 5) . Arizona: Phoenix.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2007). *Method 3051A – microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils*. Accessed April 21, 2023. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3051a.pdf>
- Waalkes, M. P. (2000). Cadmium carcinogenesis in review. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 79(1-4), 241-244. doi:10.1016/s0162-0134(00)00009-x
- Zaheer, I. E., Ali, S., Saleem, M. H., Ali, M., Riaz, M., Javed, S., Sehar, A., Abbas, Z., Rizwan, M., El-Sheikh, M. A., & Alyemeni, M. N. (2020). Interactive role of zinc and iron lysine on *Spinacia oleracea* L. growth, photosynthesis and antioxidant capacity irrigated with tannery wastewater. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26, 2435 - 2452 . doi:10.1007/s12298-020-00912-0

Research article

Accumulation of heavy metals in rice cultivation areas, Buri Ram Province, Thailand

Nathsuda Pumijumnong Noppol Arunrat* and Sukanya Sereenonchai

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Phuttamonthon, Nakhon Pathom, 73170

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 21 May 2023

Revised: 23 June 2023

Accepted: 23 June 2023

Online published: 27 June 2023

Keyword

Rice

Health risk

Buri Ram Province

Heavy metal

Thailand

ABSTRACT

Heavy metal contamination in rice paddy is a serious problem in many Asian countries. This study aimed to measure the concentrations of heavy metals (copper, manganese, zinc, lead, and cadmium) in rice-growing areas and assess the estimated daily intake (EDI) in Buri Ram Province. Soil samples (62 samples), water samples (57 samples), rice plant samples (62 samples), and rice grain samples (11 samples) were collected throughout Buri Ram Province. The heavy metal concentrations were determined using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), and the Estimated Daily Intake (EDI) of heavy metals from commonly consumed rice samples in Buri Ram Province was calculated. The results showed significant differences in copper concentration between the irrigated areas and rain-fed areas, with values of 4.258 and 1.963 mg/kg, respectively. The highest concentration of manganese was found in the soil, and the lowest was found in the rice grains. The concentration of lead showed significant differences in soil between irrigated areas and rain-fed areas, with values of 30.85 and 42.794 mg/kg, respectively. However, in rice plants, the highest accumulation of lead was found to be 47.858 and 45.786 mg/kg in irrigated areas and rain-fed areas, respectively. The highest concentration of zinc was found in rice plants, with values of 21.958 and 23.203 mg/kg in irrigated areas and rain-fed areas, respectively. The concentration of cadmium was found to differ significantly between irrigated areas and rain-fed areas in water, with values of 0.0001 and 0.0011 mg/l, respectively. However, in rice grains, the highest accumulation of cadmium was found when compared to soil, water, and rice plants, with values of 0.119 and 0.114 mg/kg in the irrigated areas and rain-fed areas, respectively. Furthermore, based on the EDI assessment, it was found that the values did not exceed the recommended daily dietary allowances (RDI) except for lead, where the EDI value (0.39 mg/day/person) was higher than the RDI value (0.21 mg/day/person). The contamination of heavy metals in rice cultivation areas can arise from multiple sources. Therefore, testing for heavy metal concentrations in rice cultivation areas and regular monitoring of human health risks are necessary.

*Corresponding author

E-mail address: noppol.aru@mahidol.ac.th (N. Arunrat)

Online print: 27 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.17>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrnu/index>

บทความวิจัย

การประเมินคุณภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูปที่ผสมผงกระเจี๊ยบแดงระหว่างการเก็บเย็น

อุมาพร แพทย์ศาสตร์^{1*} นววรรณ พรหมภักดี² วิภาวี พรหมแทนสุต² โอภาส พิมพา¹ เจษฎา รัตนวุฒิ¹ และ บดี คำสีเขียว¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร โครงการจัดตั้งคณะนวัตกรรมการเกษตรและประมง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 9 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 22 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

เนื้อโคบดอัดขึ้นรูป

กระเจี๊ยบแดง

ออกซิเดชันของไขมัน

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

อายุการเก็บรักษา

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูประหว่างการเก็บเย็น โดยใช้เนื้อส่วนสันนอก (*Longissimus dorsi*) มาบดและแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) กลุ่มที่ไม่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง (กลุ่มควบคุม) 2) กลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง 1 % 3) กลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง 2 % และ 4) กลุ่มที่เสริมสาร Butylated hydroxytoluene (BHT) 0.2 กรัมต่อกิโลกรัม โดยเนื้อมัดในทุกกลุ่มการทดลองถูกนำมาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นกลมแบน แล้วห่อไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 5 และ 10 วัน ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง มีค่าสี L^* , a^* , b^* , *Chroma* และการสูญเสียไขมันจากการปรุงสุกลดลง และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม BHT นอกจากนี้ในวันที่ 0 และ 5 หลังการเก็บรักษาเนื้อมัดพบว่าเกิดการเกิดออกซิเดชันของไขมันทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามในวันที่ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อมัดพบว่าเกิดการเกิดออกซิเดชันของไขมันของกลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดงและ BHT มีค่าลดลง ($p < 0.05$) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงอาจมีผลลบต่อสี แต่อาจช่วยทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป

บทนำ

กระเจี๊ยบแดง (*Roselle*; *Hibiscus sabdariffa* L.) เป็นพืชสมุนไพรที่กินได้โดยเฉพาะดอกของกระเจี๊ยบแดงสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย เช่น เครื่องดื่มทั้งแบบเย็นและร้อน โดยมีคุณสมบัติด้านการอักเสบ ขับปัสสาวะ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเนื้องอก (Salleh et al., 2002) สารต้านอนุมูลอิสระในกระเจี๊ยบแดงส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) (Tsai et al., 2002) ทั้งนี้ในดอกกระเจี๊ยบแดง 100 กรัม น้ำหนักแห้งมีปริมาณแอนโธไซยานิน 361.99 มิลลิกรัม (Wu et al., 2018) สารสีแดงของกระเจี๊ยบแดงนิยมนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารตามธรรมชาติ (Clydesdale et al., 1979) นอกจากนี้กระเจี๊ยบแดงยังเป็นแหล่งของสารสำคัญต่าง ๆ มากมาย เช่น วิตามินซี เบต้า-แคโรทีน โรบิฟลาวิน ไทอามีน ไนอาซิน และกรดมาลิก เป็นต้น (Riaz & Chopra, 2018)

ปัจจัยหลักที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งของไขมันและโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากการสังเคราะห์ เช่น BHT (Butylated hydroxytoluene) และ BHA (Butylate hydroxy anisole) เพื่อยับยั้งการก่อตัวของอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แต่สารสังเคราะห์ดังกล่าวหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Branen, 1975) จึงมีความพยายามใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมากขึ้นในปัจจุบัน ทั้งนี้มีหลายการทดลองก่อนหน้านี้ที่นำสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้เพื่อลดการเกิดออกซิเดชันและช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยจากการทดลองของ Zahid et al. (2018) พบว่าการใช้สารสกัดจากถั่วเขียวและถั่วเหลืองมีประสิทธิภาพมากกว่าไนไตรท์ในการต้าน

*Corresponding author

E-mail address: umaporn.p@psu.ac.th (U. Pastart)

Online print: 28 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.18>

อนุมูลอิสระ โดยสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและรักษาความคงตัวของสี ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อโคบดอัดขึ้นรูปได้ และจากรายงาน Formanek et al. (2001) พบว่าการเสริมสารสกัดจากโรสแมรี่ สามารถลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูปเช่นเดียวกับการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ BHA หรือ BHT นอกจากนี้ Malelak et al. (2017) รายงานว่าการเสริมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง 3 % และสารสกัดจากมะนาว 3 % มีผลดีต่อรสชาติ ความนุ่ม ปริมาณจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันของเนื้อรมควัน

การทดลองนี้เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการศึกษาผลของการใช้ผงกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูป (Beef patties) ที่ระดับ 0 %, 1 % และ 2 % เปรียบเทียบกับการเติมสารสังเคราะห์ BHT (Pastsart et al., 2019) ผลการทดลองพบว่าผงกระเจี๊ยบแดงทำให้ค่า pH ค่าการสูญเสียจากการปรุงสุก ค่าสี L^* , a^* , b^* และ *Chroma* ลดลง แต่ไม่มีผลต่อความแข็ง (Hardness) หรือแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) แต่ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูปมีความร่วนซุยขึ้นหรือมีความยืดหยุ่น (Springiness) ลดลง อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการผลของการใช้ผงกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อบดระหว่างการเก็บรักษา (Shelf life stability) ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูปซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของเนื้อระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูปที่มีคุณภาพ ยืดอายุในการเก็บรักษา และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยใช้เนื้อโคขุนส่วนสันนอก (*Longissimus dorsi*) ที่ซื้อมาจากตลาดสดเทศบาลเมืองจังหวัดสุราษฎร์ธานี มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อที่มีขนาดรูตะแกรง 4.5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการแบ่งเนื้อบดออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) กลุ่มที่ไม่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง (กลุ่มควบคุม) 2) กลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง 1 % 3) กลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง 2 % และ 4) กลุ่มที่เสริมสาร BHT (Food grade) 0.2 กรัมต่อกิโลกรัม ทำการผสมจนเข้ากันดี แล้วนำเนื้อโคบดแต่ละกลุ่มมาอัดขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแผ่นกลมแบน คล้ายเบอร์เกอร์ โดยแต่ละแผ่นมีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม จากนั้นห่อด้วย Oxygen permeable foil เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงหลอดไฟ

การเตรียมผงกระเจี๊ยบแดง ทำโดยนำเฉพาะส่วนกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง มาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง ชั่งน้ำหนักสดก่อนนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 55 - 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักหลังอบ บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร บรรจุในถุงสุญญากาศ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

การวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ทำการวิเคราะห์วันที่ 0, 5 และ 10 วัน หลังห่อเนื้อไว้ด้วย Oxygen permeable foil ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงหลอดไฟ โดยทำการวัดสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab Miniscan colour meter รุ่น MiniScan EZ (D65 light source, 10° standard observer, 45°/0° geometry, 1-inch light surface, white standard) สำหรับค่า *Hue* และ *Chroma* คำนวณได้จาก $[\tan^{-1}(b^*/a^*)]$ และ $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ตามลำดับ (Hunter & Harold, 1987) และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water holding capacity) ประเมินจากค่าการสูญเสียจากการปรุงสุก (Cooking loss) โดยทำการชั่งน้ำหนักเนื้อบดเริ่มต้น หลังจากนั้นนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยให้อุณหภูมิใจกลางเนื้อประมาณ 70 องศาเซลเซียส ชั่งและบันทึกน้ำหนักเนื้อโคบดขึ้นรูปที่เหลือหลังจากนําน้ำออก เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณ %cooking loss จากสูตร (น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้าย) / น้ำหนักเริ่มต้น $\times 100$ (Uytterhaegen et al., 1994)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) ในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0, 5 และ 10 วัน หลังห่อเนื้อไว้ด้วย Oxygen permeable foil ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงหลอดไฟ โดยวิธี DPPH assay ตามวิธีของ Wang et al. (2019) โดยอาศัยหลักการให้สาร 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นตัวสร้างอนุมูลอิสระ (DPPH[•]) ในตัวทำละลายเอทานอล จนได้สารละลายสีม่วง ที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อ DPPH[•] ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Sharma & Bhat, 2009) ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ทำโดยชั่งตัวอย่างเนื้อบด 2.5 กรัม บดให้ละเอียดในสารละลายเอทานอล 7.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าประมาณ 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แล้วนำส่วนใส 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำในสารละลาย DPPH 0.1 mM ในเอทานอล 3.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำไปประเมินค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร DPPH Scavenging activity (%) = $(1 - A_s / A_c) \times 100$ เมื่อ A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง และ A_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (Control)

การวิเคราะห์ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อบด ทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0, 5 และ 10 วัน หลังห่อเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยวิธี Thiobarbituric reactive substances (TBARS) ตามวิธีการของ Tarladgis et al. (1960) โดยชั่งตัวอย่างเนื้อบดประมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร และ 1 % ของ 2, 6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) 1 มิลลิลิตร บดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นนำตัวอย่างใส่ลงในหลอดกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่น 4N HCl 3 มิลลิลิตร และ Antifoam 3-4 หยด นำหลอดกลั่นเข้าเครื่องกลั่น (Distillation) เก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลายที่ได้มา 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 2 - Thiobarbituric acid (TBA) ในกรดอะซิติก 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที รอให้เย็นลง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโน

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ผลการทดลองข้อมูลคุณภาพ
เนื้อมดแสดงในรูปค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ
ค่าเฉลี่ย และข้อมูลความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการเกิด
ออกซิเดชันของไขมันแสดงในรูปค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่า $p < 0.05$ จะพิจารณาว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพสื่อในเนื้อหาจัดขึ้นรูป

ผลการศึกษการใช้ผงกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ในวันที่ 0, 5 และ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงใน Table 1 พบว่าการเสริมผงกระเจี๊ยบแดง มีผลต่อค่าความสว่าง L^* ค่าสีแดง a^* ค่าสีเหลือง b^* ค่าสี Hue ค่าสี Chroma และค่า Cooking loss ของเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ($p < 0.05$) โดยพบว่ากลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดง 2 % มีค่า L^* น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมและกลุ่มที่เสริม BHT ส่วนค่า a^* พบว่าการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงทั้ง 1 และ 2 % ทำให้ค่าสีแดงของเนื้อโคบดอัดขึ้นรูปลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมและกลุ่มที่เสริม BHT สำหรับค่า b^* และค่า Chroma พบว่าการเสริมผงกระเจี๊ยบแดง ทำให้ค่าสีเหลืองและค่าความอิ่มตัวของเนื้อโคบดอัดขึ้นรูปลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมและกลุ่มที่เสริม BHT โดยถ้าระดับการเสริมมากขึ้นทำให้ค่าสีเหลืองและความอิ่มตัวของสีในเนื้อโคบดลดลงมากขึ้นในระหว่างการเก็บเย็น ส่วนค่า Cooking loss กลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดงที่ 2 %, 1 %, 0 % และกลุ่มที่เสริม BHT มีค่า Cooking loss เพิ่มขึ้นตามลำดับ ในวันที่ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิเย็น

สีของเนื้อสัตว์ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเนื้อของผู้บริโภค สีของเนื้อมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดสัตว์ อายุ สายพันธุ์ ชนิดของกล้ามเนื้อ เป็นต้น กล่าวคือสีของเนื้อที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก ปัจจัยแรกคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้อ ซึ่งหมายถึงค่า pH สุดท้ายหลังจากสัตว์ตายแล้ว ส่วนอีกปัจจัยก็คือ ปริมาณและสถานะทางเคมีของรงควัตถุ (Pigment) ที่อยู่ในเนื้อสัตว์ ที่เรียกว่าไมโอโกลบิน (Myoglobin) (Mancini & Hunt, 2005) สัตว์ที่มีปริมาณของไมโอโกลบินมากก็จะทำให้เนื้อมีสีเข้มมาก เช่น เนื้อโมเสีเข้มกว่าเนื้อสุกร ส่วนอีกปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดสีของเนื้อสัตว์ก็คือค่า pH และการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อหลังการฆ่า โดยสีของเนื้อที่สดลงจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า pH ที่ลดต่ำลงของเนื้อหลังฆ่า ถ้าหาก pH สุดท้ายของเนื้อสัตว์มีค่าสูง ทำให้เนื้อดูมีสีเข้ม (Bendall & Swatland, 1988) การวัดสีของเนื้อสามารถประเมินได้โดยการใช้

สายตา หรือใช้เครื่องมือวัดสี โดยอาศัยหลักการตกกระทบของแสง (Reflectance measurements) (AMSA, 2012) ปัจจุบันนิยมใช้วิธีการวัดสีตามระบบของ ระบบ C.I.E. (L^* , a^* , b^*) ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยแสดงค่าเป็น L^* , a^* และ b^* โดย L^* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณีถ้า L^* มีค่าเป็น 100 หมายถึง สว่าง แต่ถ้ามีค่าเป็น 0 หมายถึง มืด (Darkness) ค่าสี a^* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) กรณีถ้า a^* มีค่าเป็นบวกหมายถึง สีแดง แต่ถ้า a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว และค่าสี b^* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) กรณีถ้า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง แต่ถ้า b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ในการทดลองนี้การเสริมผงกระเจี๊ยบแดง ทำให้ค่า L^* , a^* และ b^* ในเนื้อบดลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jung & Nami (2013) ที่ศึกษาผลของกระเจี๊ยบแดงและน้ำมันถั่วเหลืองที่มีผลต่อสีของเนื้อหมูบดและเนื้อสับผัด พบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทำให้ค่า L^* , a^* และ b^* ในเนื้อหมูบดลดต่ำลง จากการทดลองนี้การลดลงของค่าสีต่างๆในเนื้ออาจเป็นผลมาจากค่า pH ของเนื้อที่ลดลงจากการเสริมผงกระเจี๊ยบ (Pastsart et al., 2019) โดยค่า pH ที่ลดลงมีผลทำให้สีของเนื้อซีดลง (Bendall & Swatland, 1988) สำหรับค่า *Chroma* เป็นตัวบ่งบอกถึงความอิ่มตัวของสี (Saturation index) โดยเนื้อที่มีสีที่นาพึงพอใจต่อการเลือกซื้อ ควรมีค่า *Chroma* ที่สูง แสดงถึงเนื้อมีความอิ่มตัวของสีอยู่มาก ทำให้เนื้อมีสีสดโดยไม่สีเทาหรือสีดามาเจือปน จากการทดลองนี้พบว่าการผสมผงกระเจี๊ยบแดง ทำให้ความอิ่มตัวของสีลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลดลงของค่า a^* และ b^* ในเนื้อโคบด ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงมีผลทำให้ค่าการสูญเสียเนื่องจากปฏิกิริยาการปฏิกิริยาการลดลง ทำให้เนื้อบดมีความฉ่ำน้ำ (Juiciness) อาจส่งผลดีต่อรสสัมผัสของเนื้อบด

การต้านอนุมูลอิสระและการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อโคบดอัด
ขึ้นรูป

ผลของการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ในวันที่ 0, 5 และ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิเย็น ดังแสดงใน Figure 1 พบว่าการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงในระดับต่าง ๆ ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมและกลุ่มที่เสริม BHT โดยในวันที่ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิเย็นในกลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบ 0 %, 1 %, 2 % และกลุ่มเสริม BHT มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดเท่ากับ 43.54 %, 77.15 %, 82.25 % และ 53.64 % ตามลำดับ สำหรับค่าออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์เนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ในวันที่ 0, 5 และ 10 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิเย็น แสดงใน Figure 2 พบว่าในวันที่ 0 และ 5 หลังการเก็บรักษาเนื้อในอุณหภูมิเย็น การเกิดออกซิเดชันของไขมันของเนือบดทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามในวันที่ 10 พบว่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนือบดกลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบแดงและ BHT มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) โดยกลุ่มที่เสริมผงกระเจี๊ยบ 0 %, 1 %, 2 % และกลุ่มเสริม BHT มีค่าออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับ 1.82, 1.44, 1.20 และ 1.28 (หน่วยคือ $\mu\text{g MDA} / \text{g meat}$) ตามลำดับ

การเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เนื้อและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์สูญเสียคุณภาพ เนื่องจากเนื้อสัตว์มีไขมันเป็นองค์ประกอบได้สูงขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูญเสียทั้งรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ (Morrissey et al., 1998) การเกิดออกซิเดชันของไขมัน เกิดจากอนุมูลอิสระที่เข้าไปกระตุ้นทำให้ไขมันในเนื้อเกิดการออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันโดยการเข้าไปต้านอนุมูลอิสระ จากรายงานของ Song et al. (2010) และ Yao et al. (2010) พบว่าสารโพลีฟีนอลในธรรมชาติ ส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ในการทดลองนี้การเสริมผงกระเจี๊ยบแดง ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเนื้อบดเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากสารโพลีฟีนอลโดยเฉพาะสารพวกแอนโทไซยานินในดอกกระเจี๊ยบแดง (Tsai et al., 2002) ที่ส่งผลให้เนื้อบดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในช่วงแรกที่ทำการศึกษาเนื้อโคบด การเกิดออกซิเดชันของไขมันในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อโคบดผ่านไป 10 วัน พบว่ากลุ่มที่มีการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงและสาร BHT มีการเกิดออกซิเดชันของไขมันลดลง ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากสารธรรมชาติและสารสังเคราะห์ ช่วยชะลอ

การเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อโคบดเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

สรุปผลการวิจัย

การเสริมผงกระเจี๊ยบแดงที่ระดับไม่เกิน 2 % ในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป ทำให้ค่าสี L^* , a^* , b^* และ *Chroma* (การอิ่มตัวของสี) ลดลง ซึ่งอาจมีผลลบต่อสีของผลิตภัณฑ์ โดยอาจส่งผลต่อความพึงพอใจในการเลือกซื้อของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงมีผลทำให้ค่าการสูญเสียไขมันเนื่องจากการปรุงสุกลดลง ที่อาจส่งผลดีต่อรสสัมผัสของเนื้อบดโดยทำให้เนื้อบดมีความนุ่มนวลมากขึ้น นอกจากนี้การเสริมผงกระเจี๊ยบแดงยังทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเนื้อโคบดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บเย็น และในวันที่ 10 ของการเก็บเย็น การเสริมผงกระเจี๊ยบแดงและการเสริมสาร BHT มีผลทำให้การเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อบดลดลง มากกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม ดังนั้นการเสริมผงกระเจี๊ยบแดงในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูปอาจช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น โดยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อโคบดอัดขึ้นรูป

Table 1. Quality of beef patties formulated with roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) powder during cold storage

Items	Roselle level (%)			BHT (0.2 g/Kg)	SEM ^{1/}	P-value
	0	1	2			
L^* Day0	42.49 ^b	39.21 ^c	37.37 ^d	45.38 ^a	0.96	<0.01
L^* Day5	44.97 ^b	40.11 ^c	39.84 ^c	46.45 ^a	0.89	<0.01
L^* Day10	44.85 ^a	43.71 ^a	41.63 ^b	44.36 ^a	0.46	0.03
a^* Day0	13.94 ^a	6.41 ^b	5.56 ^b	12.89 ^a	1.14	<0.01
a^* Day5	10.14 ^a	5.22 ^c	4.68 ^d	9.60 ^b	0.75	<0.01
a^* Day10	10.27 ^a	3.98 ^b	4.88 ^b	11.09 ^a	0.97	<0.01
b^* Day0	16.49 ^a	8.90 ^b	4.88 ^c	16.51 ^a	1.52	<0.01
b^* Day5	15.90 ^a	8.93 ^b	4.44 ^c	15.90 ^a	1.48	<0.01
b^* Day10	14.00 ^a	6.97 ^b	4.19 ^c	13.22 ^a	1.26	<0.01
<i>Chroma</i> Day0	21.60 ^a	10.97 ^b	7.41 ^c	20.95 ^a	1.87	<0.01
<i>Chroma</i> Day5	15.90 ^a	8.93 ^b	4.44 ^c	15.90 ^a	1.48	<0.01
<i>Chroma</i> Day10	14.00 ^a	6.97 ^b	4.19 ^c	13.22 ^a	1.26	<0.01
<i>Hue</i> Day0	0.87 ^b	0.95 ^a	0.72 ^c	0.91 ^{ab}	0.03	<0.01
<i>Hue</i> Day5	1.00 ^a	1.04 ^a	0.76 ^b	1.03 ^a	0.04	<0.01
<i>Hue</i> Day10	0.94 ^b	1.05 ^a	0.71 ^c	0.87 ^b	0.04	<0.01
Cooking loss (%) Day0	32.03 ^a	27.42 ^b	23.66 ^c	31.09 ^a	1.03	<0.01
Cooking loss (%) Day5	31.35 ^a	27.36 ^b	21.52 ^c	29.90 ^a	1.16	<0.01
Cooking loss (%) Day10	30.54 ^b	26.53 ^c	23.36 ^d	34.33 ^a	1.28	<0.01

^{a-d} Within a row, mean values with different superscripts differ significantly at $p < 0.05$.

^{1/}SEM = Standard error of mean

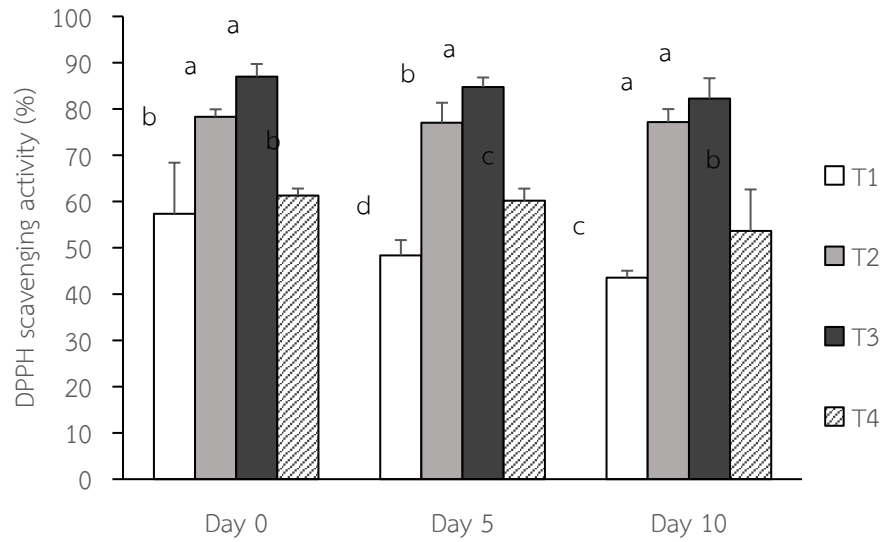


Figure 1 Mean values of antioxidant capacity (%) of beef patties by DPPH assay in respect of formulation treatment (T1: 0 % roselle powder, T2: 1 % roselle powder, T3: 2 % roselle powder and T4: BHT 0.2 g/Kg meat). Error bars represent standard deviations. ^{a-d}Mean values within same time of storage with a different superscript are significantly different at $p < 0.05$.

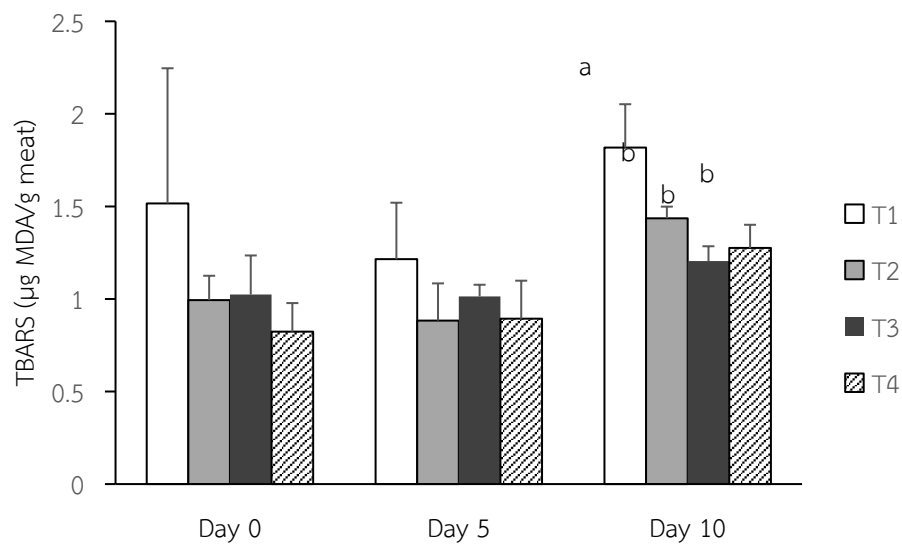


Figure 2 Mean values of lipid oxidation (µg MDA per g meat) of beef patties by formulation treatment (T1: 0 % roselle powder, T2: 1 % roselle powder, T3: 2 % roselle powder and T4: BHT 0.2 g/Kg meat). Error bars represent standard deviations. ^{a,b}Mean values within same time of storage with a different superscript are significantly different at $p < 0.05$.

References

- AMSA. (2012). *Meat colour measurement guidelines*. Illinois: American Meat Science Association.
- Bendall, J. R., & Swatland, H. J. (1988). A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*, 24, 85-126.
- Branen, A. L. (1975). Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 52(2), 59-63.
- Clydesdale, F. M., Main, J. H., & Francis, F. J. (1979). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) anthocyanins as colorants for beverages and gelatin desserts. *Journal of food Protection*, 42(3), 204-207.
- Formanek, Z., Kerry, J. P., Higgins, F. M., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., & Farkas, J. (2001). Addition of synthetic and natural antioxidants to α -tocopheryl acetate supplemented beef patties: effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation. *Meat Science*, 58(4), 37-341.
- Hunter, R. S., & Harold, R. W. (1987). *The measurement of appearance*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Jung, E. K. Y., & Nami, J. (2013). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soybean oil effects on quality characteristics of pork patties studied by response surface methodology. *Meat Science*, 94, 391-401.
- Malelak, G. E. M., Lalelb, H. J. D., Kalea, P. R., & Jelantika, I. G. N. (2017). The sensory properties, color, microbial, lipid oxidation, and residual nitrite of Se'i marinated with lime and roselle calyces Extracts. *Media Peternakan*, 40(3), 194-201.
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121.
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P., & Buckley, D. J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49, S73-S86.
- Pastsart, U., Prompakdee, N., & Promtansud, V. (2019). Quality evaluation and texture profile analysis of beef patties formulated with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Kaen Kaset=Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Suppl. 2), 1029-1034. (in Thai)
- Riaz, G., & Chopra, R. (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 102, 575-586.
- Salleh, M. N., Runnie, I., Roach, P. D., Mohamed, S., & Abeywardena, M. Y. (2002). Inhibition of low-density lipoprotein oxidation and up-regulation of low-density lipoprotein receptor in HepG2 cells by tropical plant extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3693-3697.
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry*, 113(4), 1202-1205.
- Song, F. L., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xiao, Q., Kuang, L., & Li, H. B. (2010). Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(6), 2362-2372.
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., & Dugan, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37(1), 44-48.
- Tsai, P. J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B., & Jordan, B. R. (2002). Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Food Research International*, 35(4), 351-356.
- Uytterhaegen, L., Claeys, E., Demeyer, D., Lippens, M., Fiems, L. O., Boucque, C. Y., Van de Voorde, G., & Bastiaens, A. (1994). Effects of double-muscling on carcass quality, beef tenderness and myofibrillar protein degradation in Belgian Blue White bulls. *Meat Science*, 38, 255-267.
- Wang, L., Guo, H., Liu, X., Jiang, G., Li, C., Li, X., & Li, Y. (2019). Roles of *Lentinula edodes* as the pork lean meat replacer in production of the sausage. *Meat Science*, 156, 44-51.
- Wu, H. Y., Yang, K. M., & Chiang, P. Y. (2018). Roselle anthocyanins: antioxidant properties and stability to heat and pH. *Molecules*, 23(6), 1-13.
- Yao, Y., Sang, W., Zhou, M., & Ren, G. (2010). Phenolic composition and antioxidant activities of 11 celery cultivars. *Journal of Food Science*, 75(1), C9-C13.
- Zahid, A., Seo, J. K., Park, J. Y., Jeong, J. Y., Jin, S. K., Park, T. S., & Yang, H. S. (2018). The effects of natural antioxidants on protein oxidation, lipid oxidation, color, and sensory attributes of beef patties during cold Storage at 4°C. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 1029-1042.

Research article

Evaluation of quality, antioxidant capacity and lipid oxidation of beef patties formulated with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) powder during cold storage

Umaporn Pastsart^{1*} Navawan Prompakdee² Vipavee Promtansud² Opart Pimpa¹
Jessada Rattanawut¹ and Bodee Khamseekhiew¹

¹Department of Agricultural Science and Technology, Faculty of Innovative Agriculture and Fishery Establishment Project, Prince of Songkla University Surat Thani campus, Mueang District, Surat Thani 84000

²Department of Agricultural Science and Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University Surat Thani campus, Mueang District, Surat Thani 84000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 9 May 2023

Revised: 22 June 2023

Accepted: 26 June 2023

Online published: 28 June 2023

Keyword

Beef patties

Roselle

Lipid oxidation

Antioxidant capacity

Shelf life

ABSTRACT

This experiment was aimed to study the effects of roselle powder on the quality, antioxidant capacity and lipid oxidation of beef patties during cold storage. The beef *Longissimus dorsi* was ground and divided into 4 groups with 3 replicates in each group: 1) ground beef formulated with 0 % roselle powder (control) 2) ground beef formulated with 1 % roselle powder 3) ground beef formulated with 2 % roselle powder and 4) ground beef formulated with Butylated hydroxytoluene (BHT) 0.2 g/kg. Then beef patties were made, wrapped and displayed at 4°C for 0, 5 and 10 days. The results revealed that beef patties formulated with roselle powder groups had a significantly lower in L^* , a^* , b^* , *Chroma* and cooking loss, whereas antioxidant capacity was significantly higher than control and the BHT group ($p < 0.05$). In addition, it was observed that at days 0 and 5 of cold storage, lipid oxidation of beef patties was not significantly different among treatments ($p > 0.05$). However, at day 10 of cold storage, lipid oxidation of beef patties formulated with roselle powder and BHT groups were lower ($p < 0.05$) than control. From the results, it can be concluded that roselle powder supplementation may have a negative effect on the color of beef patties but helps to improve the water holding capacity and extend the shelf life of beef patties by increasing the antioxidant capacity and slowing down lipid oxidation of beef patties.

*Corresponding author

E-mail address: umaporn.p@psu.ac.th (U. Pastsart)

Online print: 28 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.18>



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสางดีโอสั่งเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ปิยะพงษ์ สิงห์บัว^{1*} รักพงษ์ ชันธิวิจิ¹ สวาส อาจสาลิ¹ อนุรักษ มะโนมัย² ชลดา ยอดยิ่ง³ และ กันตพงษ์ แซ่โฮ⁴

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

²สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

³สาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

⁴ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 22 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 25 มิถุนายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 25 มิถุนายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2566

คำสำคัญ

หมอนรองคอ

หมอนหนุนไหล่

โยสั้งเคราะห์

เครื่องสางดีโอสั่งเคราะห์

ลูกกลิ้งสางโย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสางดีโอสั่งเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบขนาดเล็ก เพื่อลดปัญหาหลักของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอผลิตหมอนและผ้าห่มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหมอนปักทอง อ.ส.ม. หมอนสมุนไพรเพื่อสุขภาพ ตั้งอยู่เลขที่ 21 หมู่ 1 บ้านลาด ตำบลศรีสุข อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ในส่วนของกระบวนการสางดีโอสั่งเคราะห์ โดยใช้เครื่องสางดีโอสั่งเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติขนาด 142 x 229 x 130 เซนติเมตร สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย มีการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง คือ ความเร็วรอบการหมุนของชุดดีโอสั่ง 4 ระดับ ได้แก่ 250, 300, 350 และ 400 รอบต่อนาที มีค่าชี้ผลการทดสอบคือ 1) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) 2) ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ) และ 3) ความหนาแน่นของเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) จากการทดสอบ พบว่า ความสามารถในการทำงาน $42.40 \pm 0.80 - 51.40 \pm 0.50$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ $92.50 \pm 0.69 - 97.10 \pm 1.34$ ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบลูกกลิ้งสางดีโอสั่งที่ปรับตั้ง โดยเมื่อปรับให้ความเร็วลูกกลิ้งสูง ยิ่งทำให้ความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน รวมทั้งความหนาแน่นของเส้นใยสูงสูงขึ้นตาม แต่ก็ส่งผลให้การใช้พลังงานสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อยู่ที่ $71.40 \pm 0.50 - 94.80 \pm 0.40$ วัตต์ต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน เครื่องสางดีโอสั่งเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบมีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงงานคนอยู่ที่ 5 เท่า สามารถลดการจ้างแรงงาน 3 คน ลดต้นทุนการผลิต 180,000 บาท และเป็นการเพิ่มรายได้จากยอดขาย 270,000 บาท จากเดิม 120,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 2.25 เท่า จุดคุ้มทุนของเครื่องอยู่ที่ 2 ปี

บทนำ

ในประเทศไทย อุตสาหกรรมผลิตผ้าและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการนอนถือเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเริ่มต้นจากการผลิตในครัวเรือนเพื่อใช้เฉพาะสมาชิกในครอบครัวหรือในชุมชน ต่อมาเริ่มมีบทบาททางด้านเศรษฐกิจ พร้อมทั้งมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตหมอน ผ้าห่ม และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการนอนทั้งหมด (Rattanakamnuan, 2014; Cultural Information Center, 2023) ตามรายงานของ สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ ปี พ.ศ. 2565 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของประเทศไทย มีมูลค่าประมาณ 19,385.23 ล้านบาท ซึ่งขยายตัวจากปี พ.ศ. 2564 อยู่ที่ร้อยละ 6.5 (Figure 1) (Data Center and Digital Industry, 2022)

กระบวนการผลิตหมอน เริ่มจากการคัดเลือกผ้าที่จะนำมาทำเป็นตัวหมอน ตัดผ้าตามชนิดหรือตามขนาดของหมอนที่ต้องการ เช่น หมอนสุขภาพ หมอนรองคอ หมอนหนุน หมอนข้าง เป็นต้น เมื่อได้ผ้าตามขนาดที่ต้องการ จึงนำมาตัดเย็บเป็นรูปแบบที่ต้องการ พร้อม

บรรจุไส้หมอนด้วยวัสดุต่าง ๆ ก่อนเย็บสอยปิดหน้าหมอน (Product database, 2023) ไส้สำหรับบรรจุหมอนในปัจจุบัน มีหลากหลายวัสดุตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งแต่ละวัสดุจะมีลักษณะเด่นและมีความแตกต่างกันในแต่ละวัสดุ เช่น 1) โยนุ่นสังเคราะห์ ด้วยคุณลักษณะที่ดีกว่าขนธรรมชาติในหลาย ๆ ด้าน เพราะไร้ฝุ่น และปลอดภัยจากเชื้อรา มีความฟูและความนุ่ม เนื้อแน่น น้ำหนักเบา และฟูคืนตัวได้เป็นอย่างดี 2) เม็ดไมโครบีดส์ เป็นที่นิยมนำมาทำเป็นหมอนทราเวลและหมอนพักผ่อน จำเป็นต้องใช้คู่กับผ้ายืด เหมาะสำหรับเป็นหมอนสุขภาพ เพราะจะปรับเปลี่ยนรูปทรงไปตามสรีระของผู้ใช้ มีผิวสัมผัสที่นุ่มสบาย ความรู้สึกละเอียดจะต่างกับโยนุ่นสังเคราะห์ ราคาจะสูงกว่าโยนุ่นสังเคราะห์ 3) ขนเป็ดหรือขนห่าน จะมอบสัมผัสที่ความนุ่มฟู มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยขั้นตอนการผลิตนั้นก็จะมีส่วนของขนแต่ละชนิดในการทำหมอนที่แตกต่างกันไป ข้อดีของหมอนที่มีไส้ขนสัตว์คือ ความทนทาน มีสัมผัสที่นุ่มสบาย รองรับสรีระส่วนคอได้ดี ส่วนข้อเสียคือ อาจจะไม่เหมาะกับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ขนสัตว์ รวมถึงทางด้านราคาที่ค่อนข้างสูง 4) นุ่น เป็นวัสดุที่ได้

*Corresponding author

E-mail address: piyapong_sin@vu.ac.th (P. Singbua)

Online print: 28 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.19>

จากธรรมชาติ มีคุณสมบัติในการระบายอากาศได้ดี แต่ถึงแม้จะเป็นหมอนที่มีความหนาแน่นสูงเมื่อใช้งานแรก ๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้สัมผัสที่นุ่มลงเรื่อย ๆ และไม่สามารถคืนตัวได้ และ 5) เส้นใยจากพืช

โดยนำวัสดุเส้นใยพืชไปผ่านกระบวนการถัก ทอ หรือสานเป็นสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ (Janyatham & Sikka, 2012; Umasiln & Utiswannakul, 2018; Pillow Smile, 2019; JINPIINCHEEYEA, 2020)

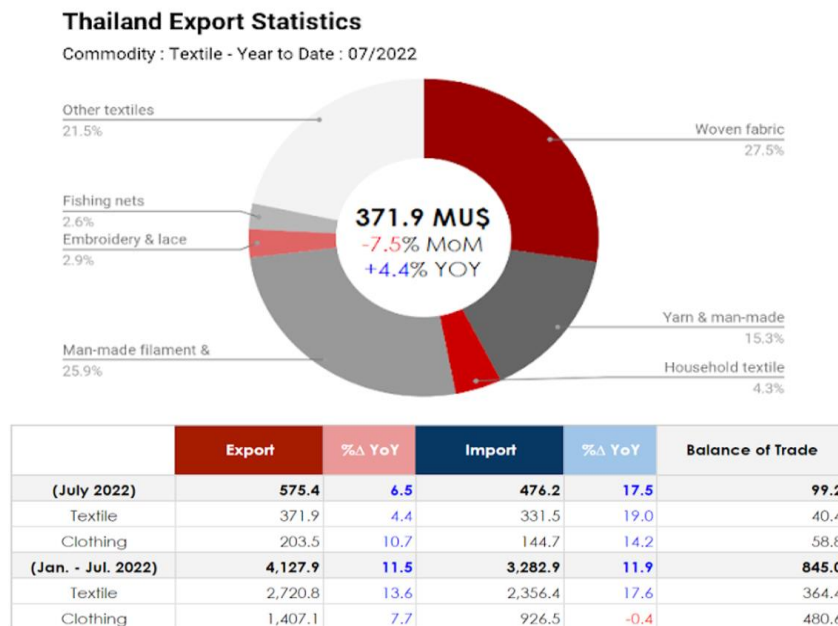


Figure 1 Overview of International Trade in Thai Textile and Garment Industry July 2022.

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มหมอนฟักทอง อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อ.ส.ม.) หมอนสมุนไพรเพื่อสุขภาพ ตั้งอยู่เลขที่ 21 หมู่ 1 บ้านลาด ตำบลศรีสุข อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม (Community Enterprise Promotion Division Department of Agricultural Extension, 2017) มีสมาชิกทั้งหมดจำนวน 10 คน เป็นกลุ่มวิสาหกิจที่มีการดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หมอนบรรจุใยสังเคราะห์เพื่อการจำหน่าย โดยผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะจำหน่ายภายในประเทศโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉิยเหนือ และกรุงเทพฯ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้จะมีจุดเด่นคือ เป็นการใช้ฝีมือของสมาชิกกลุ่มทำการเย็บลูกหมอนด้วยตนเอง และมีการเพิ่มมูลค่าโดยการเติมสมุนไพรเพิ่มกลิ่นหอมทำให้รู้สึกโล่งสบาย จากจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงส่งผลทำให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและมีคำสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก โดยกระทั้งร้านค้าแบบโมเดิร์นเทรดก็มีการสั่งผลิตจากวิสาหกิจชุมชนนี้เพื่อนำไปจำหน่ายเช่นกัน ซึ่งในปัจจุบัน ทางวิสาหกิจยังขาดอุปกรณ์และปัจจัยในการเพิ่มการผลิตให้มากขึ้น เนื่องจากการนำใยสังเคราะห์มาเพื่อใช้บรรจุลงในหมอนนั้น ต้องมีการรับใยฝ้ายสังเคราะห์มาจากแหล่งผลิตใหญ่ ซึ่งเป็นก้อนและต้องนำมาตีให้แตกออกเป็นเส้นใย ด้วยเครื่องตีใยสังเคราะห์ ซึ่งทางวิสาหกิจฯ ได้ทำการจ้างบริษัทเอกชนในการตีเส้นใยและในการตีแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานและต้องมีการจอบกวักก่อนล่วงหน้า เนื่องจากมีหลายกลุ่มที่ทำเกี่ยวกับเส้นใยต้องมาใช้บริการเอกชนเช่นกัน ทำให้เป็นเงื่อนไขของกำลังการผลิต ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณในการผลิตหมอนได้ ถือเป็นคอขวดในกระบวนการผลิต ซึ่งหากมีเครื่องตีใยสังเคราะห์ที่มีราคาไม่สูงมากและมีประสิทธิภาพที่ดี จะส่งผลให้ทางกลุ่มสามารถยกระดับการผลิตได้อีกเป็นเท่าตัว ถือเป็น การเพิ่มความสามารถในการทำงาน

และเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจ

งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสานตีใยสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถมีเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตสูงและเหมาะสมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจที่มีความต้องการยกระดับการผลิตใกล้เคียงระดับอุตสาหกรรม สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย โดยมีการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง คือ ความเร็วรอบการหมุนของชุดตีใย 4 ระดับ มีค่าชี้ผลการทดสอบคือ 1) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) 2) ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ) และ 3) ความหนาแน่นของเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยเครื่องสานตีใยสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติที่จะทำการออกแบบพัฒนานั้น จะสามารถเพิ่มการผลิตและเพิ่มโอกาสทางรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

แนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องสานตีใยสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติ จำเป็นที่จะต้องอาศัยหลักการออกแบบทางด้านงานวิศวกรรม เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงความต้องการและความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งแนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องจักรมีดังนี้

เครื่องสานตีใยสังเคราะห์ต้นแบบ ออกแบบให้มีขนาดเล็กและความคงทนสูงในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเครื่องทั่วไปมีขนาดใหญ่หนัก เคลื่อนย้ายลำบาก และราคาสูง ในด้านการผลิต ต้องมีปริมาณการผลิตที่มากพอระดับหนึ่งในระดับขนาดอุตสาหกรรมจึงจะคุ้มค่ากับการลงทุน มีกระบวนการปั่นสานตีใยหน้ากว้างการทำงาน

เหมาะกับขนาดใยสังเคราะห์อัดแผ่น 85 เซนติเมตร ช่องป้อนมีสายพานลำเลียงในการรองรับวัสดุ และพาว์สตุเข้าสู่กระบวนการสานตีใยด้วยชุดสานตีใย พร้อมชุดเป่าลมที่จะทำหน้าที่ขับวัสดุให้ชุดสานตีใยทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมกับเพื่อนำเอาผลิตภัณฑ์ออก

ตัวเครื่องสามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้โดยมีการควบคุมอัตราการป้อนวัตถุดิบ (Wongkasem & Aksornpim, 2015) ลักษณะในการทำงานของเครื่องที่จะออกแบบ มีรายละเอียดดัง Figure 2

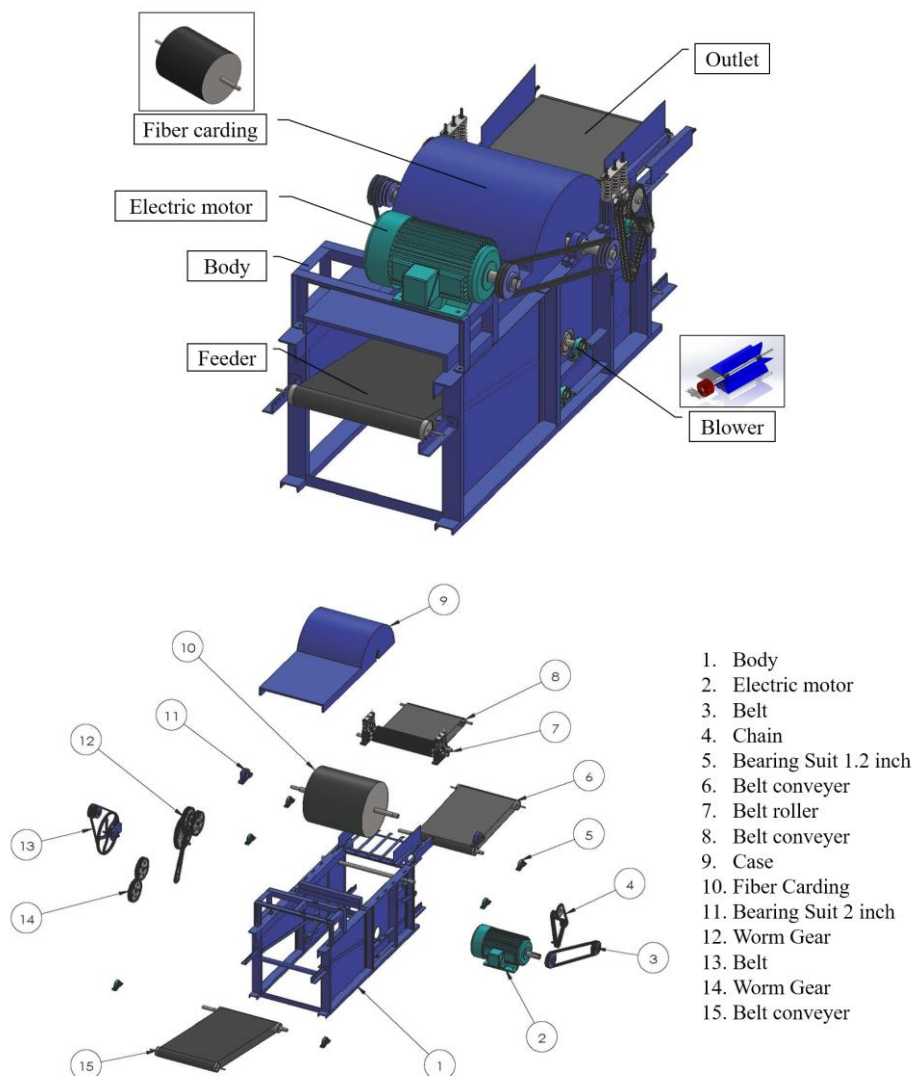


Figure 2 Sketch of semi-automatic synthetic carding machine.

ขนาดเครื่องที่ออกแบบ 142 x 229 x 130 เซนติเมตร หลักการทำงานของเครื่องคือ เมื่อมีการลำเลียงก้อนใยสังเคราะห์ที่มีขนาดหน้ากว้างไม่เกิน 85 เซนติเมตร ผ่านเข้าชุดสายพานลำเลียงในตำแหน่งช่องป้อน ก้อนใยสังเคราะห์จะถูกลำเลียงไปสู่ชุดสานตีใยที่ทำจากลูกกลิ้งหมุนโลหะขนาด 40 – 45 นิ้ว ที่มีแท่งหนามเหล็กแหลมขนาดสั้น ๆ จำนวนมากอยู่บนพื้นผิว (Amaroek, 2017) ลูกกลิ้งหมุนจะทำการสานตีใยจากลักษณะเป็นแผ่นก้อน กลายเป็นลักษณะคล้ายปุยนุ่ม ซึ่งตัวเครื่องมีตัวถังห่อหุ้มอีกชั้นเพื่อไม่ให้ปุยเส้นใยกระเด็นออก พร้อมมีการเป่าลมเพื่อกระจายก้อนเส้นใยให้โดนหนามเหล็กแหลมอย่างทั่วถึง เมื่อแผ่นก้อนใยสังเคราะห์ถูกสานตีใยแล้ว จะถูกขับออกผ่านทางด้านช่องทางออกหลังเครื่อง เพื่อนำเอาผลิตภัณฑ์ออกไปใช้งานต่อไป โดยตัวเครื่องใช้ต้นกำลังขนาด 1 แรงม้า ลูกกลิ้งหมุนในชุดสานตีใยสามารถปรับความเร็วรอบการหมุนได้ด้วยการปรับอัตรา

ทดของเกียร์ อยู่ในช่วง 250 – 400 รอบต่อนาที คิดเป็นความเร็วเชิงเส้นการหมุนที่ 14.96 – 23.94 เมตรต่อวินาที เพื่อทำการตีก้อนใยสังเคราะห์ให้แตกตัวออกมา

วิธีทำการทดสอบ

การทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของเครื่องและความหนาแน่นของปุยเส้นใยที่ได้จากปัจจัยการทดสอบต่าง ๆ จะทำการทดสอบความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งหมุนสานตีใย (หมายเลข 10 จาก Figure 2) 4 ระดับ ได้แก่ 250 300 350 และ 400 รอบต่อนาที คิดเป็น 14.96 17.95 20.95 และ 23.94 เมตรต่อวินาที ควบคุมอัตราการป้อนที่ 1.80 เมตรต่อนาที ทดสอบจากความเร็วการหมุนของสายพานลำเลียง ทดสอบกับใยฝ้ายสังเคราะห์ที่มีความชื้นร้อยละ 7 ฐานเปียก ขนาดใยสังเคราะห์อัดแผ่น 85 x 100 เซนติเมตร มีค่าชี้ผลการทดสอบคือ

1) ความสามารถในการทำงาน (กิโกรัมต่อชั่วโมง) 2) ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ) และ 3) ความหนาแน่นของปูยเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ดังแสดงในสมการที่ 1 พร้อมกับทดสอบเปรียบเทียบความสามารถการสา่งตีโยสังเคราะห์ด้วยเครื่องต้นแบบและผลิตแบบดั้งเดิม (แรงงานคน) พร้อมคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่อง

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของปูยเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
 m คือ น้ำหนักของปูยเส้นใย (กรัม)
 V คือ ปริมาตรของภาชนะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

เมื่อทำการสร้างเครื่องต้นแบบ ตามแนวคิดการออกแบบที่กำหนดไว้ ได้ภาพตัวอย่างเครื่องสา่งตีโยสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ โดยมีส่วนประกอบหลักของเครื่องและหน้าที่หลัก ๆ ได้แก่ โครงเครื่อง สายพานลำเลียงกอนโยสังเคราะห์อัดแผ่นเข้าและออก ชุดตีสา่งตีโยที่มีลูกกลิ้งหมุนอยู่ภายใน ชุดพัดลมเป่า และชุดส่งกำลัง (Figure 3) และเมื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องและปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง ได้ตัวอย่างโยสังเคราะห์ที่ได้จากเครื่องต้นแบบลักษณะดังแสดงใน Figure 4

ผลการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง

จากการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง โดยทำการทดสอบความเร็วรอบการหมุนของชุดตีโย 4 ระดับ ได้แก่ 250 300 350 และ 400 รอบต่อนาที ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Figure 5



Figure 3 Prototype semi-automatic polyester fiber carding machine.



Figure 4 Polyester fiber obtained through the prototype.

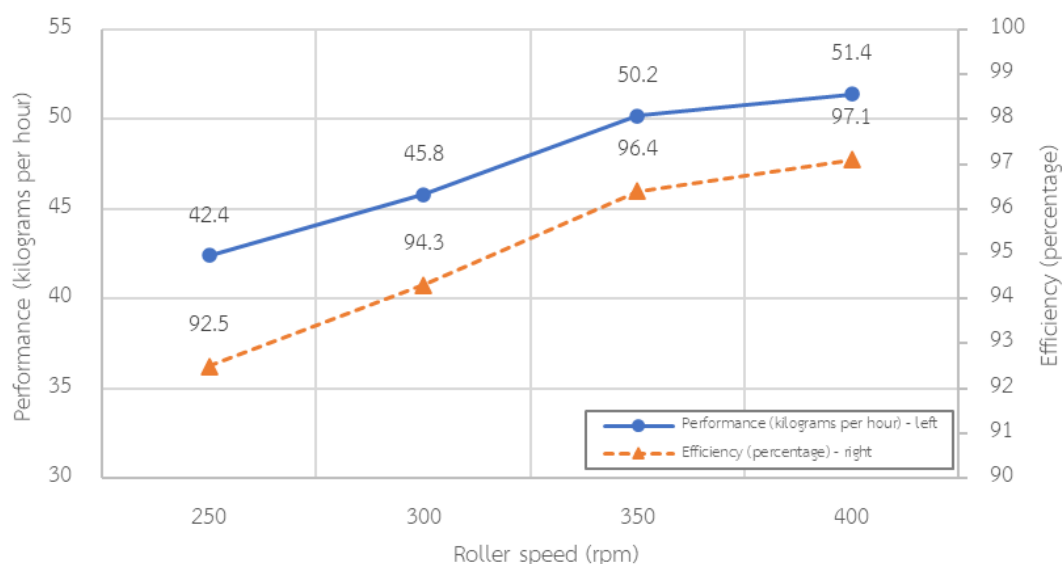


Figure 5 Relationship between Performance (kilograms per hour) - left, Efficiency (percentage) - right and Roller speed (rpm).

จาก Figure 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ด้านซ้าย ประสิทธิภาพการทำงาน (ร้อยละ) ด้านขวา กับความเร็วรอบลูกกลิ้งยางตี (รอบต่อนาที) พบว่าแนวโน้มของความสามารถในการทำงานของเครื่องและประสิทธิภาพเครื่องแปรผันตรงกับความเร็วยรอบลูกกลิ้งยางตี โดยเมื่อความเร็วรอบลูกกลิ้งยางตีสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องและประสิทธิภาพเครื่องสูงขึ้นตาม โดยมีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ $P < 0.05$ มีความสามารถในการทำงานเท่ากับ $42.40 \pm 0.8a$ $45.80 \pm 0.6b$ $50.20 \pm 0.75c$ และ $51.40 \pm 0.5d$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง กับ ประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ $92.50 \pm 0.7a$ $94.30 \pm 0.65b$ $96.40 \pm 0.60c$, $97.1 \pm 1.34c$ ซึ่งเป็นค่าของความเร็วรอบลูกกลิ้งยางตี 250 300 350 และ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยในส่วนของความสามารถในการทำงานนั้น จะเห็นได้ว่า เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การยางตีของลูกกลิ้งนั้นทำได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง พร้อมกับแรงดึงที่เกิดจากปลายหนามของลูกกลิ้งยางตีเพิ่มขึ้นและความเร็วเชิงเส้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง เนื่องจากความเร็วเชิงเส้นที่เพิ่มขึ้นของปลายหนามลูกกลิ้ง ส่งผลให้เกิดการดึงยางสังเคราะห์อัดแผ่นเข้าไปยังชุดยางตีได้มากขึ้น เมื่อทำการเก็บ

ข้อมูลความหนาแน่นของเส้นใย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) พบว่าความหนาแน่นของเส้นใยอยู่ที่ $1.14 \pm 0.01a$ $1.18 \pm 0.01b$ $1.31 \pm 0.01c$ และ $1.33 \pm 0.01d$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นของความเร็วรอบลูกกลิ้งยางตี 250 300 350 และ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นที่ได้นั้น จะส่งผลกับระดับความแน่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค จากการสอบถามกับทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหมอนฟักทอง อ.ส.ม. หมอนสมุนไพรเพื่อสุขภาพ พบว่า หากเป็นการปรับตั้งที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ได้ความหนาแน่นของเส้นใยอยู่ที่ 1.33 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะเหมาะสมสำหรับการที่ทางกลุ่มจะนำมาผลิตเป็นหมอนรองคอ ในส่วนของความเร็วรอบที่ 250 และ 300 รอบต่อนาที จะเหมาะสมสำหรับการผลิตตุ๊กตา และความเร็วรอบที่ 350 รอบต่อนาที เหมาะสำหรับการผลิตหมอนและฟูกนอน

การเปรียบเทียบเครื่องต้นแบบกับแรงงานคน

โดยมีข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยางตีสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ กับการผลิตแบบดั้งเดิม (แรงงานคน) ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Comparison details between the original semi-automatic carding machines with traditional production (man labor)

Properties	Traditional production (man labor)	Prototype semi-automatic polyester fiber carding machine
1. Performance	8 – 12 kg/hr	42.4 – 51.40 kg/hr
2. Power consumption	–	71 – 95 Watt/kg
3. Type of technology used	Man labor	Semi-automatic
4. Turnkey manufacturing opportunity level / machine integration	Do not have	Have
5. Safety system	Do not have	Have
6. Key technical highlights	Folk wisdom	Machine technology
7. Operating cost	300 baht/person/day x 5 persons	150 baht/day
8. IRR / Payback period	–	2 years
9. Commercial price	500,000 – 700,000 baht	250,000 – 350,000 baht

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสางด้ายสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ โดยเครื่องจักรนี้สามารถสางด้ายสังเคราะห์หัตถ์แผ่นกว้างไม่เกิน 85 เซนติเมตร ในความสามารถการทำงาน 42.40 ± 0.80 – 51.40 ± 0.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 92.50 ± 0.70 – 97.10 ± 1.30 ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบลูกกลิ้งสางด้ายที่ปรับตั้ง โดยเมื่อปรับให้ความเร็วลูกกลิ้งสูง ยิ่งทำให้ความสามารถการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน รวมทั้งความหนาแน่นของเส้นใยสูงขึ้นตาม แต่ก็ส่งผลให้การใช้พลังงานสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อยู่ที่ 71.40 ± 0.50 – 94.80 ± 0.40 วัตต์ต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน เครื่องสางด้ายสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบมีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงงานคนอยู่ที่ 5 เท่า สามารถลดการจ้างแรงงาน 3 คน ลดต้นทุนการผลิต 180,000 บาทต่อปี และเป็นการเพิ่มรายได้จากยอดขาย 270,000 บาทต่อปี จากเดิม 120,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 2.25 เท่า จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2 ปี

เนื่องจากในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม มีสถานประกอบการที่มีความจำเป็นต้องใช้ใยสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อยู่จำนวนมาก และเกือบทั้งหมดของสถานประกอบการลักษณะดังกล่าวล้วนสั่งใยสังเคราะห์จากแหล่งเดียวกัน ซึ่งมีอยู่แหล่งเดียวในพื้นที่ที่มีเครื่องจักรในการสางด้ายสังเคราะห์ ส่งผลให้เครื่องสางด้ายสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ สามารถแก้ไขปัญหาใยสังเคราะห์ไม่เพียงพอต่อการผลิตสินค้า และลดต้นทุนการผลิตของทางสถานประกอบการแล้ว นอกจากนี้เครื่องสางด้ายสังเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัตินี้ สามารถนำไปใช้กับสถานประกอบการอื่น ๆ ที่ทำการผลิตสินค้าที่มีใยสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบ เช่น ตุ๊กตา หมอน และพวงพุ่ม เป็นต้น ในอนาคตยังสามารถรับจ้างสางด้ายสังเคราะห์ให้กับสถานประกอบการอื่นที่ต้องการ เป็นการเพิ่มรายได้ช่องทางให้แก่กลุ่มได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ร่วมกับสถาบันไทย-เยอรมัน ผู้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และบุคลากร เพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

References

- Amaroek, S. (2017). *Research and development on carding machines for cotton fiber*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from <https://www.doe.go.th/research/attachment.php?aid=2847>
- Community Enterprise Promotion Division Department of Agricultural Extension. (2017). *Community enterprise information system*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from https://smce.doe.go.th/product_detail.php?smce_id=444040810001&ps_id=5508
- Cultural Information Center. (2023). *Ban-Lao-Charoenrat hand-woven silk*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from <http://www.m-culture.in.th/album/197808>
- Data Center and Digital Industry. (2022). *Situation of Thai textile and garment industry in July 2022*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from <https://www.thaitextile.org/th/signin/detail3203.1.0.html>
- Janyatham, J., & Sikka, P. (2012). The development of nipa palm fiber for use in product design. *Art and Architecture Journal Naresuan University*, 3(1), 94-104.
- JINPIINCHEEYEA. (2020). *Each type of pillow filling*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from <https://jinpiin.com/pillow-tips/pillow-filling-types/>
- Pillow Smile. (2019). *Filling stuffing for pillows*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from <https://xn--m3cihvs1bp6c.com/>
- Product database. (2023). *Lao-Wiang-Ban-Khong-Phatthana Community Enterprise Group*. Accessed May 6, 2023. Retrieved from [http://www.arts.su.ac.th/crafttown/index.php/entrepreneur-information/entrepreneur-ratchaburi/41-laowiang-bankhongpattana?showall=&start=6Rattanakamnuan, U. \(2014\). IC 361 fiber and fabric science. Accessed May 6, 2023. Retrieved from http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/u_ratanakamnuan/IC%20361%20%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B9%89%E0%B8%B2-57.pdf](http://www.arts.su.ac.th/crafttown/index.php/entrepreneur-information/entrepreneur-ratchaburi/41-laowiang-bankhongpattana?showall=&start=6Rattanakamnuan, U. (2014). IC 361 fiber and fabric science. Accessed May 6, 2023. Retrieved from http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/u_ratanakamnuan/IC%20361%20%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B9%89%E0%B8%B2-57.pdf)

- Umasiln, N., & Utiswannakul, P. (2018). *Innovative textiles from etlingera elatior fibers to design lifestyle*. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, 11(3), 803-814.
- Wongkasem, S., & Aksornpim, P. (2015). The Development of a carding machine and a twisting silk machine for Eri silk. *Procedia Engineering*, 100, 801-806. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.434

Research article

Design and development of semi-automatic polyester fiber carding machine

Piyapong Singbua^{1*} Rakpong Khanthawithi¹ Swas Oajsalee¹ Anurak Manomai²Chonlada Yodying³ and Kantapong Khaeso⁴¹Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand²Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand³Innovative Technology Machinery Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham Province 44000, Thailand⁴Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University, Khon Kaen Province 40002, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 22 May 2023

Revised: 25 June 2023

Accepted: 25 June 2023

Online published: 28 June 2023

Keyword

Neck pillow

Pillow

Polyester

Carding machine

Carding roller

ABSTRACT

The purpose of this research was to design and build a prototype of a small semi-automatic synthetic fiber carding machine. The main issue in the production process for the textile industry in the production of pillows and blankets by the community enterprise group, Pumpkin Pillow Group, A.S.M., herbal pillow for health, has been reduced. The group is situated at No. 21, Village No. 1, Bahn Lade, Tambon Sree Souk, Ampoeu Kanntharavichay, Maha Sarakham Province. During the process of carding synthetic fibers, a semi-automatic carding machine, sized 142 x 229 x 130 centimeters, was used. The machine was easily movable. Various factors of the machine were tested, including the spin speed of the spinning set, which was set at 4 levels: 250, 300, 350, and 400 rpm. The test results were included the following: 1) Workability: the working capacity was found to be 42.4±0.8 - 51.4±0.5 kg/h. 2) Work efficiency: the machine exhibited an efficiency of 92.5±0.69 - 97.1±1.34 percent, depending on the set winding roller speed. 3) Fiber density: the density of carding fibers was measured in grams per cubic centimeter. From the test, it is observed that increasing the roller speed results in higher work performance and increased fiber density. However, it also leads to higher energy consumption, ranging from 71.4±0.5 to 94.8±0.4 watts per kilogram. Moreover, compared to human labour, the prototype semi-automatic synthetic carding machine demonstrates the ability to work 5 times more efficiently, effectively reducing the need for 3 workers. This reduction in labor costs amounts to 180,000 Thailand Baht, while the increase in sales revenue reached 270,000 baht per month, compared to the original 120,000 Thailand Baht. This presents a revenue increase of 2.25 times. The machine's break-even point is estimated to be 2 years.

*Corresponding author

E-mail address: piyapong_sin@vu.ac.th (P. Singbua)

Online print: 28 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.19>



Research article

The prediction Brahman X Charolais and Brahman X Thai native with Evolutionary-Extreme Learning Machine in Phetchabun Province Thailand.

Worachai Srimuang¹ Janjira Tohwankaew² and Piphat Chanartaeparporn^{2*}

¹Department of Technology Computer, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000, Thailand

²Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000, Thailand

ARTICLE INFO

Article history

Received: 25 March 2023

Revised: 21 June 2023

Accepted: 28 June 2023

Online published: 29 June 2023

Keyword

Thai beef cattle

Growth rate and body weight

Evolutionary-ELM

Differential evolution

Linear regression

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a growth forecasting model for Stocker Cattle Producers. In the long yearling (12-24 months) breed, only Brahman X Charolais and Brahman X Thai native were selected, all of which are 50 % breed (F1) from 17 Sub-Districts in Muang District, Phetchabun, Thailand. There were three different forecasting model methods: 1) Extreme Learning Machine (ELM); 2) Weighted- Extreme Learning Machine (Weighted ELM) and 3) Evolutionary- Extreme Learning Machine (ELM). The surveyed data were taken through the Feature Selection process to select factors affecting the relationship between feed intake, along with the growth rate according to body weight during the month. The recording data was then used to create a forecasting model to create an estimate of the weight of beef cattle that is close to the best growth. The results indicated that Evolutionary-ELM was able to gain weight during the 19th months on an average of up to 500 kilograms after the cattle were fed continuously until the 24th months. The prognostic results of Brahman X Charolais beef cattle could be predicted as an average weight of 604.088 kilograms an error at $R^2=0.9327$, with growth rate $Y=30.562x-129.40$, $RMSE=0.130$, $MSE=0.107$. Brahman X Thai native beef cattle could be predicted for 509.982 kilograms an error at $R^2=0.9706$, with growth rate $Y=28.098x-164.37$, $RMSE=0.117$, $MSE=0.083$. The Evolutionary-ELM algorithm learns and adjusts the weights to optimize the best results for each month's growth period, which reduces the problem of margin, keeping the distance not too high or too low. It can be used as a model for raising large beef cattle weighing 550-650 kilograms, allowing farmers who are interested in beef cattle farming to compare the model with their decision-making.

Introduction

Thailand's current livestock production system faces a competition for natural resources (Steinfeld et al., 2006), growth competition to keep up with the demand for beef consumption along

with the development of the production potential of each farm, (Krasachat, 2008) and farm location in a variety of agricultural areas, that can select various raw materials for food to reduce costs considerably. In addition, farmers must also know which system

*Corresponding author

E-mail address: piphat.cha@pcru.ac.th (P. Chanartaeparporn)

Online print: 29 June 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.20>

to raise, therefore, they could select the appropriate cattle breeds and methods for raising beef cattle in the tropics. Such environment is a key factor that affects the tradition of livestock, agriculture, and agricultural products. It determines what kind of farm should be. Beef cattle farms in each Sub-district of Mueang Phetchabun District are different according to the area conditions. It largely depends on the capital that the farmers can invest in food, whether roughage, concentrate, natural plant foods (Ogino et al., 2016). Furthermore, beef cattle feeding needs to be calculated according to age - the most suitable age range, including controlling the temperature, humidity, internal cooling airflow of the farm or house. These factors directly and indirectly affect beef cattle (Khunchaikarn et al., 2022).

100 percent European breed with large size tends to be raised in hot and humid climates. Originally, they were accustomed to cold weather which directly affects the slow growth. Therefore, there the breed must be crossed with Thai beef cattle that are resistant to hot weather and insects in order to bring their strengths of each breed to improve into breeds of beef cattle that can withstand the environment of Thailand (Na-Chiangmai, 2002). The Angus Beefmaster Wagyu breed is commonly used as a breeder and bred with Thai native, which becomes a mixed breed between Brahman X Angus, Brahman X Charolais, Brahman X Thai native, and Charolais X Thai native (Bunmee et al., 2018). There are also Thai Brahman X Simmental-Brahman (Kabinburi Beef Cattle), mixed breeds raised in the eastern part of Thailand, and supported from the Department of Livestock Development and the Association of Beef Cattle Farmers in recommending weight gain during the yearling (12 to 18 or 20 months), and long yearling (12,18 to 24 months) (Boonprong et al., 2008), which the body weight should be 500 kilograms or more according to the criteria for not being forced the price down when selling and to meet the export demand for the modern market, including expanding the market to the premium market (Osothongs et al., 2016).

Extreme Learning Machine (ELM) is based on Least-Square Mathematics on architecture structure of Single Hidden Layer Feedforward Networks (SLFNs). It can be used to solve estimation problems, regression problems, or to

create classification models. Therefore, the aim of this study is to generate a high-scoring regression estimate model from a simple and fast workflow. The experiment consisted of 3 algorithms: ELM (Huang, et al., 2006), W-ELM (Zong et al., 2013), and E-ELM (Zhu et al., 2005) with data on stocker cattle producers of Brahman X Charolais and Brahman X Thai native during the long yearling period of 12-24 months including predicting the body weight of beef cattle to be 500-600 kilograms or more which is the appropriate body weight for sale. Also, it was to provide and together with the production of crossbred beef cattle between foreign breeds and native breeds that are becoming popular, is the use of machine learning, estimation, forecasting, and growth in starting to raise beef cattle aged 12-24 years to be ready for local and international market demands, including farmers who are interested in beef farming have used the comparisons from the model to make the decision (Osothongs et al., 2016).

Materials and methods

Data collection of beef cattle in Phetchabun Province

Beef cattle data collection was conducted using a survey on beef cattle production and utilization in beef cattle farm management. In 17 Sub-Districts with 221 villages in Muang District, Phetchabun Province (Figure 1) features of beef cattle breeding consist of 55 attributes, surveyed by Animal Science students (purposive sampling) (Boyce & Neale, 2006), Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, from March 2020 to April 2022.

Raw data obtained from a survey of the number of raising foreign breeds of beef cattle such as Angus Beef Master Brahman Charolais for being breeders revealed that some farms still have a small amount of Wagyu beef cattle, Thai native beef cattle, and hybrids raised for use in small farms. It indicates the size of the farm, production volume, and export demand. It can be noted that the most popular breeds of beef cattle are Brahman X Charolais and Brahman X Thai native crossbreds. The data are divided by district in Table 1.

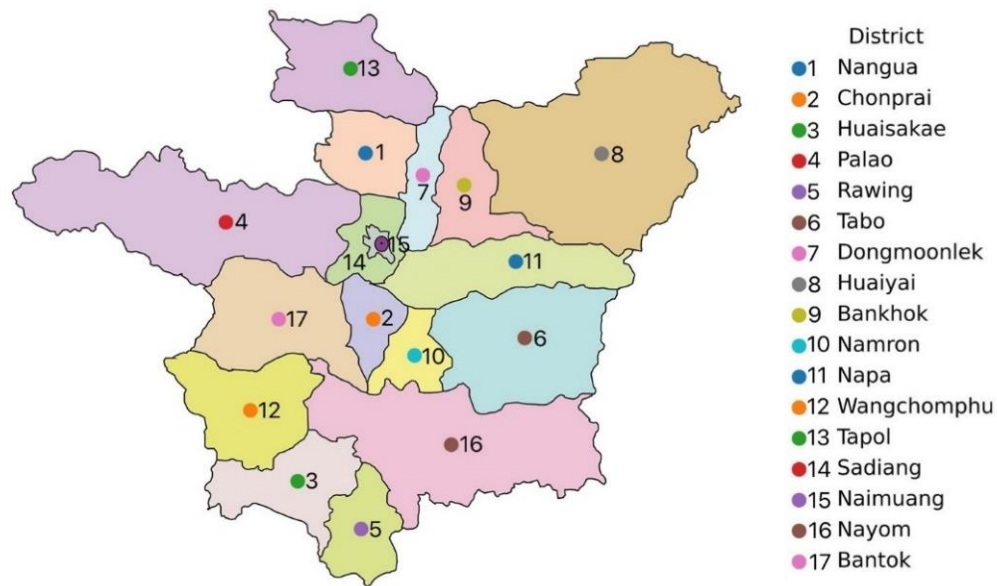


Figure 1 Map of Mueang Phetchabun District, Phetchabun Province

Table 1 Population of beef cattle (12- 24 months old) in 17 Sub-Districts, Mueang Phetchabun District Phetchabun Province

District	Angus	Beef Master	Brahman	Brahman X Angus	Brahman X Charolais	Brahman X Thai native	Charolais	Charolais X Angus	Hindu Brazil	Thai native	Wagyu	All
Bankhok	0	0	3	0	85	46	0	0	10	22	0	166
Bantok	14	14	0	0	7	0	17	0	0	1	0	53
Chonprai	0	0	2	0	44	8	0	0	5	26	0	85
Dongmoonlek	4	0	0	5	71	0	0	0	5	12	0	97
Huaisakae	2	11	6	0	158	186	25	0	49	14	0	451
Huaiyai	0	0	0	0	80	0	23	0	1	0	0	104
Naimuang	0	0	1	0	35	0	0	0	3	0	0	39
Namron	0	0	0	0	111	0	2	0	0	38	0	151
Nangua	0	0	0	0	108	0	0	0	3	53	0	164
Napa	0	0	0	0	26	0	0	0	4	15	0	45
Nayom	0	1	0	0	70	0	32	0	0	21	28	152
Palao	0	0	0	0	296	20	44	0	4	26	0	390
Rawing	1	0	10	0	105	132	0	0	42	18	0	308
Sadiang	0	0	0	0	5	7	0	0	0	3	0	15
Tabo	1	0	0	0	211	126	2	14	13	30	0	397
Tapol	5	0	0	0	207	14	10	0	23	38	0	297
Wangchomphu	0	0	73	0	47	12	2	0	14	15	0	163
All Beef	27	26	95	5	1,666	551	157	14	176	332	28	3,077

Extreme Learning Machine (ELM)

Extreme Learning Machine is one of Machine Learning on least-square computational foundation architectures with single-hidden layer feedforward networks (SLFNs) (Huang et al., 2006), starting with

input to the Input layer, and learning sample that is made as a parameter represented by x_n according to each data. Input is calculated with learning rate obtained and adjusted to weights $W_{i,j}$. Bias value β_j is automatically defined and sent to hidden layer $H =$

$[h(x_1); h(x_2); \dots, h(x_n)]$, without parameterizing the hidden layer output (with L nodes) can be parameterized with the activation function $g(x)$. It results in the optimal weight $\beta_{j,k}$ without iteration once it reaches the output layer. The result is in the form of vector according to the number of target vector T , making the answer more accurate, and transfer function changes from linear and nonlinear, Equations (1).

$$H\beta = T \text{ or } \|H\beta - T\| = 0 \quad (1)$$

Weighted Extreme Learning Machine (Weighted ELM)

Weighted adjustment in weighted learning between the majority class and the minority class is designed to be used in handling imbalanced data distribution. It was improved from Extreme Learning Machine to be more efficient in classifying imbalanced data passing the training data to x_i value. If the calculation result of x_i has the minority class, weights for x_i would be added to give more weight. However, if the group belongs to the majority class, w_{ii} weighting would decrease. Resolving this problem would bring about a balance between the two data groups (Zong et al., 2013), including optimization of weights in multiplication between diagonal weight matrix.

$$\beta = H^+T = \begin{cases} H^T \left(\frac{1}{c} + WHH^T \right)^{-1} WT & \text{when } N < L \\ \left(\frac{1}{c} + H^TWH \right)^{-1} WH^T T & \text{when } N \geq L \end{cases} \quad (2)$$

Evolutionary-Extreme Learning Machine (E-ELM)

The operation of ELM algorithm randomly selects input weights and Bias is spent most of the time calculating and adjusting the parameters and recording the value when learning is completed in each cycle. Such operation may include output weights in response with Bias that may not be appropriate or necessary for learning, including adding more hidden nodes for tuning. This results in slower performance of the ELM algorithm (Huang et al., 2006). This flaw requires improvement in the addition of

hybrids, Differential Evolution Algorithm (DE) (Storn & Price, 1997), and Moore–Penrose Generalized Inverse (Thapa et al., 2018).

First: a population is defined. Each individual in the population consists of a set of input weights and hidden biases: $\theta = [w_{11}, w_{12}, \dots, w_{nK}, \dots, b_1, b_2, \dots, b_K]$ all w_{ij} and b_j values are randomly initialized within the range of $[-1, 1]$.

Second: Each individual is set to weights and its Bias is calculated analytically using MP generalized inverse. As is done in ELM $\hat{B} = H^+T$ (Ghosh & Verma, 2003) instead of iterative tuning and sending to the output weights. Then, fitness of each individual is evaluated which Cost Function (E) calculates Evaluation metrics root mean squared error (RMSE).

$$E = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \left\| \sum_{i=1}^K \beta_i g(W_i X_j + b_j) - t_j \right\|_2^2}{m \times N}} \quad (3)$$

Third: After calculating Fitness, 3 steps are used in DE: mutation, crossover (CR), and selection. During selection, individual parameter (NP) are compared with the original vectors. Once the vectors gain better fitness values, they are passed to the next generation (G) (Zhu et al., 2005) so that the neural network training include the fitness values (validation RMSE) into the selection process with the norm of output weights $\|\beta\|$ (Bartlett, 1996). When the fitness values are slightly different for each individual, the weighted result is chosen as the new population $\theta_{i,G+1}$.

Activation function in Extreme Learning Machine

For activation function, the mathematical theory is applied to the hidden layer output vector L dimensionality is passed to the parameters (a_i, b_i) in the hidden layer node function $h(x)_i = G(a_i, b_i, x)$ (Huang et al., 2006). Values are generated randomly based on a continuous probabilistic distribution of data in order to

follow a planned learning style. Optimization provides classification with the trade-off constant (C) (Zong et al., 2013) and F, CR and NP Function (Zhu et al., 2005). Calculating the hidden layer in β values before passing to the output layer increases

the distance between small data to be similar in width to large data for learning. The equation for activation function to linear function, nonlinear function, and continuous data (Huang & Babri, 1998) is as follows:

Table 2 Activation function in ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM

Algorithms	Activation Function	C	F	CR	NP	Equation	Ref
ELM	Sine	-	-	-	-	$G(a, b, x) = \sin(q + 2p)$	(4)
	Sigmoid	-	-	-	-	$G(a, b, x) = \frac{1}{1 + \exp(-(a \cdot x + b))}$	(5)
	Hard limit	-	-	-	-	$G(a, b, x) = \begin{cases} 1 & \text{if } a \cdot x - b \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$	(6)
	Triangular Basis	-	-	-	-	$G(a, b, x) = \text{tribas}(N, FP)$	(7)
W-ELM	Radial Basis	$2^2 - 2^8$	-	-	-	$G(a, b, x) = \exp\left(\frac{\ x - x_i\ }{2\sigma^2}\right)$	(8)
	Linear	$2^2 - 2^8$	-	-	-	$G(a, b, x) = f(x) = a + bx$	(9)
E-ELM	-	-	0.3 - 0.8	0.5 - 1	50-130	$E = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \ \sum_{i=1}^K \beta_i g(W_i \cdot X_j + b_j) - t_j\ _2^2}{m \times N}}$	(10)

C= trade-off constant C, F= fitness function, CR=crossover rate, NP= Individual Parameter.

In this experiment in Figure 2 we focused on Stocker Cattle Producers for sale during the long yearling 12-24 months by selecting the population from the total number of beef cattle from 1-60 months. We selected 1,666 Brahman X Charolais beef cattle from the total data, leaving only 1,170 during the long yearling period, with data sharing of Train 930 (80 %), Test 234 (20 %), and 503 from 551 Brahman X Thai native

crossbred cattle, with data sharing of Train 401 (80 %) and Test 102 (20 %). Both are 50 % breed (F1), with up to 90 %, 75 % breed (F2) for 7.2 %, and 87.5 % breed (F3) for 2.8 % which is the most numerous in almost every Sub-district from 17 Sub-Districts (Table 1) due to the support between the Department of Livestock, Mueang Phetchabun District.

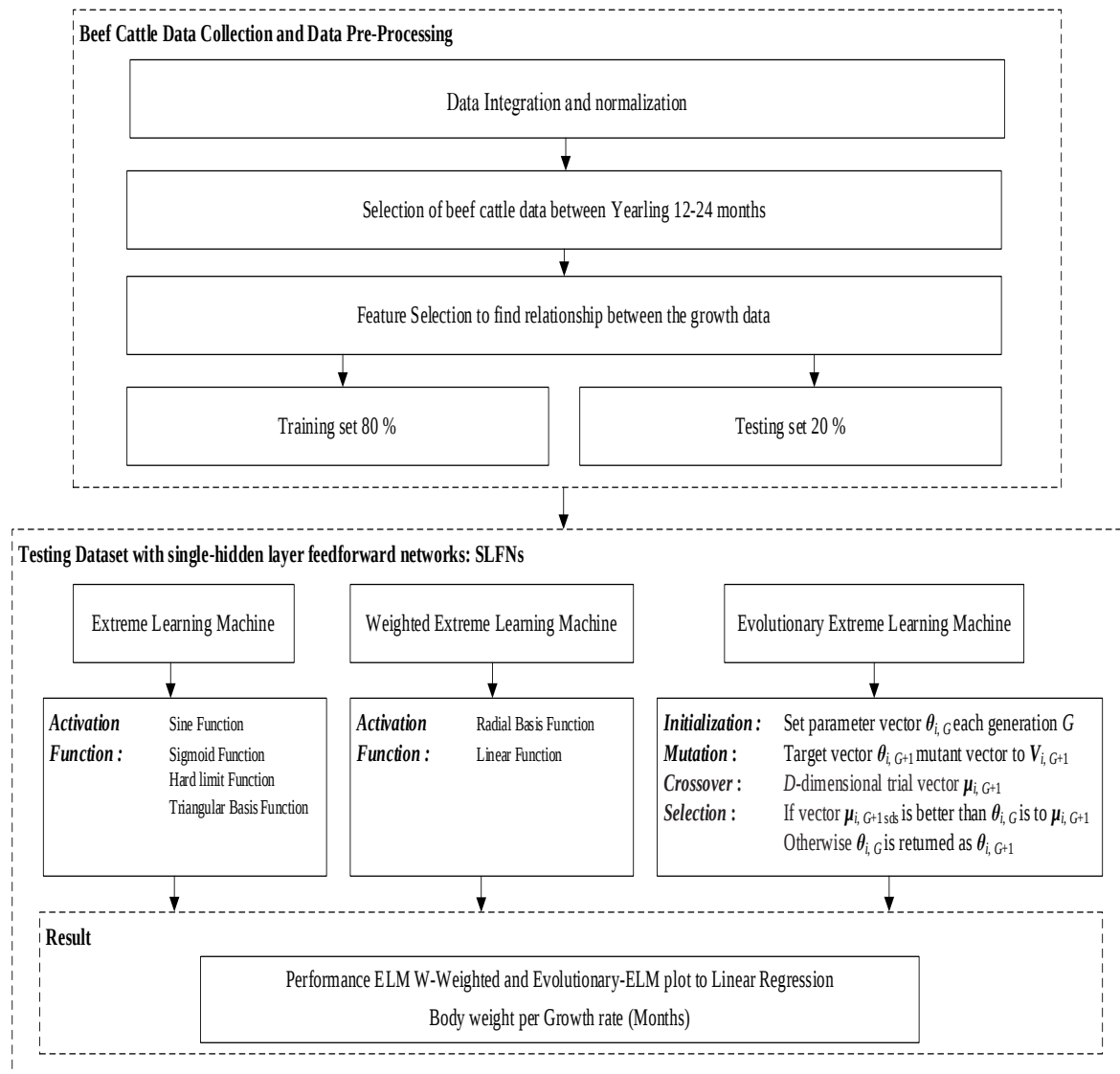


Figure 2 Flow chart of the research methodology.

Results and Discussion

Feature selection beef cattle data for training data

A total of 55 features in the dataset has been brought through the feature selection. Some features are not relevant to the data and to select correlated features through multivariate filter methods (Labani et al., 2018), with greedy stepwise selection, selecting predictor variables in forward and backward searches. All three methods were predictive variables with correlation that is suitable for prediction and regression, started by taking the training dataset through the python sklearn function and matplotlib, the most important features would be selected in forward, kept in S . Then, it is examined in order to find the backward

relationship T , to find the highest score not more than 1 to be used as a feature option, calculate with the number of features and the entropy value used for analysis was $(1 - 1/e) > 0.67$.

The results of the three algorithms showed that the greedy stepwise selection method was able to select 17 correlated and appropriate features, 24 features for forward selection and 25 features for backward selection, respectively. Furthermore, the feature selection was used to analyze the efficiency as well to test for accuracy. The accuracy of the prediction model was 0.914, 0.830, and 0.811, respectively. Therefore, the greedy stepwise feature selection method was most suitable and the selected features are summarized in Table 3.

Table 3 Multivariate filter selection feature importance methods

Data type	Feature name
Continuous (10 Features)	Farm_rising, Grass_area, Farm_system, feeding_time, Green_roughages, Dry_roughages, Ensilage_roughages Concentrate, Growthrate_Month, BodyWeight
Discrete (3 Features)	District, Experience, TMR
Nominal (4 Features)	Vaccination_Deworming, Disinfection_system, Mineral, Water

Result of Extreme Learning Machine and Weighted-Extreme Learning Machine

According to weight prediction of beef cattle using ELM, both breeds are grown-up, having an initial weight of 200 kilograms. Data are consolidated from 18 to 21 months. Learning with 4 activation functions.

Prediction equation $Y = bx + a$, which the dependent variable is Y , the growth weight x is the independent variable that the period of raising long yearling is from 12-24 months, b is the slope, which is a value indicating a change in growth rate for 1 month/weight of beef cattle. It would change according to month/weight. This is called regression coefficient, a is a constant, also known as the y intercept, when x equals 0. All results shown in this paper has been displayed as scatter in linear regression. Figure 3 ELM Sigmoidal Function (A) Brahman X Charolais beef cattle had $R^2 = 0.7222$, $Y = 30.49x - 235.450$. When fed until the 24th months, an estimated weight would be 496.31 kilograms, which a weight cannot be no more than 500 kilograms. ELM Sigmoidal Function (B) Brahman X Thai native beef cattle $R^2 = 0.7652$, $Y = 21.861x - 98.381$ are fed up to 24 months, a weight would be 426.283 kilograms but were scattered quite a lot. Therefore, ELM algorithm has been optimized. In case of unbalanced data with trade-off constant (C) from 2^2 to 2^8 , calculated with RBF and linear Kernel, Weighted-ELM can produce more good weight and the distribution rate has decreased to some extent. The best result for

this algorithm is linear Kernel $C = 2^8$ (C) for Brahman X Charolais $R^2 = 0.7524$, $Y = 27.916x - 164.78$ a weight would be 505.204 kilograms, and linear Kernel $C = 2^8$ (D) Brahman X Thai native $R^2 = 0.7914$, $Y = 25.255x - 142.97$ a weight would be 463.16 kilograms.

Result of Evolutionary Extreme Learning Machine

Optimizing beef weight with E-ELM is a more complex process than ELM. It is calculated according to Differential Evolution (DE). Individual parameter (NP) vectors $\{\theta_{i,G} | i = 1, 2, \dots, NP\}$ were adjusted according to the population in each generation (G) to find appropriate input weights and optimal hidden biases (Zhu et al., 2005). Thereafter, output weights are calculated with MP generalized inverse, including iteration and mutation for each model until the answer was appropriate. Target vector is assigned based on the mutation $V_{i,G+1}$.

Parameters of differential evolution (DE) used in E-ELM are set according to the Brahman X Charolais 234 and Brahman X Thai native by 102 points. Parameter of fitness function (F) is used to control differential variation; CR Parameter for adjusting crossover; and G Parameter for adjusting the number of generations, starting at 1 and 0.8, respectively. With every simulation, individual parameter (NP) is gradually increased and the best effective result is selected as the final result. All results shown in this paper are plotted as linear regression.

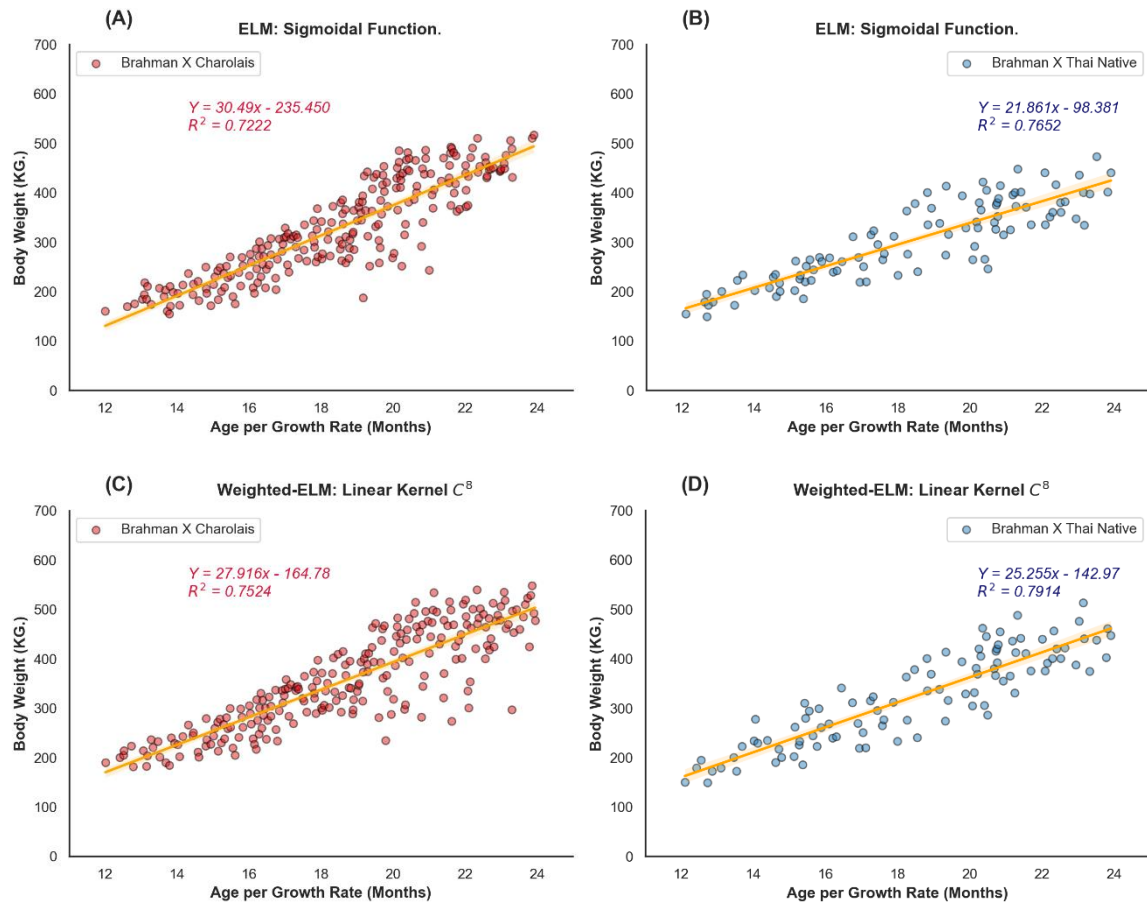
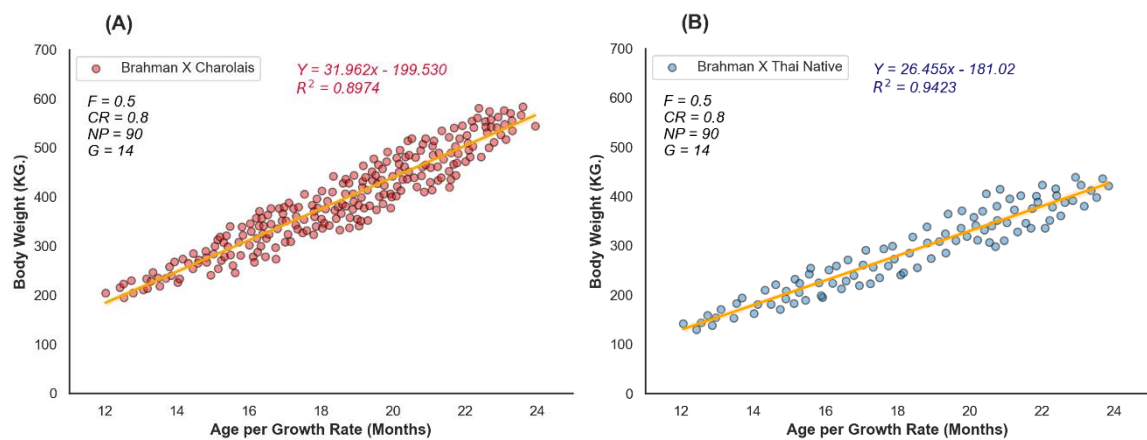


Figure 3 Results of the prediction on ELM Sigmoidal Brahman X Charolais (A) ELM Sigmoidal Brahman X Thai native (B) compared with W-ELM Linear Kernel C^8 Brahman X Charolais (C) W-ELM Linear Kernel C^8 Brahman X Thai native (D).



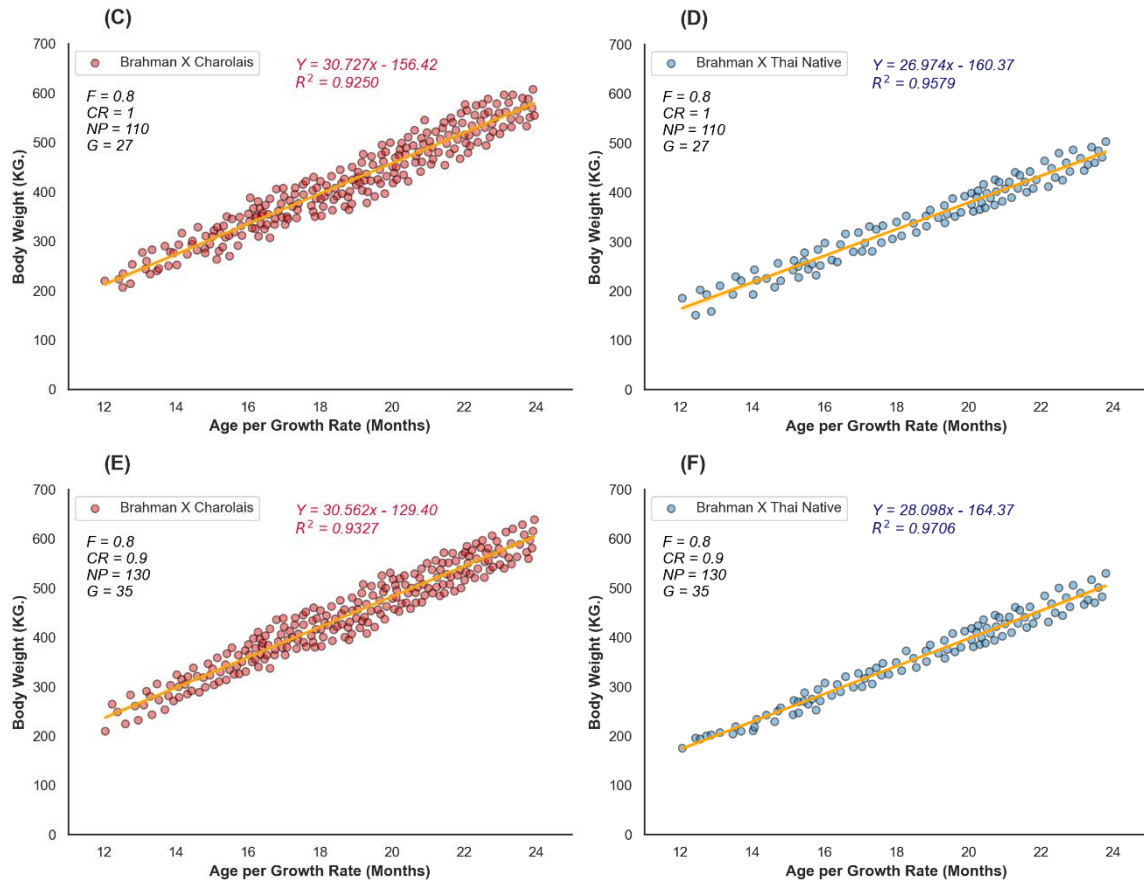


Figure 4 Results of E-ELM CR=0.8, NP=90, G=14 Brahman X Charolais (A) Brahman X Thai native (B) compared CR=1, NP=110, G=27 Brahman X Charolais (C) Brahman X Thai native (D) and CR=0.9, NP=130, G=35 Brahman X Charolais (E) Brahman X Thai native (F).

Comparison results between ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM

It can be noted that the growth forecasting models of Brahman X Charolais and Brahman X Thai native beef cattle are compared with 3 models, starting from 4 calculation packages of ELM activation function. Poor results showed in linear growth rates with the lowest R2 and Y values. Weighted-ELM 2 activation function algorithm with control parameter to optimizing trade-off constant (C) started from 22 until 28 Linear Kernel Brahman X Charolais R2 between 0.7801 – 0.8510, and Y was at the level of $24.87x - 255.011$ until reaching $29.514x - 106.05$ - a slight increase. But Brahman X Thai native, the mathematical model gained a better value due to the small size of the test data, Evolutionary-ELM and could adjust many kinds of parameters making the experimental results came out very well.

Yet, there is a limitation, if the parameters are adjusted too much, it would cause over fitting for both Weighted-ELM and Evolutionary-ELM algorithms. All experimental results are shown in Table 4. Basic metrics for measuring the performance of the 3 algorithm models, R2, RMSE, and MSE are shown in Table 5.

Time Summary of results for ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM

The time benchmark in seconds demonstrated the ability in learning data from the training package. All algorithms did not have much difference in learning time, about 1-2 seconds. It would take more time for the test dataset to adjust weight in Weighted-ELM for both breeds, as well as the weight adjustment from evolution. From adjusting fitness crossover to get the best generation, it took quite a lot of time but gave the best results. Therefore, the time efficiency depends on the adjustment of control parameters.

Table 4 The results of linear regression depend on the correlation of the predictors

Models	Activation Function	Control Parameters				Brahman X Charolais		Brahman X Thai native	
		C	F	CR	NP	R ²	Y	R ²	Y
ELM	Sigmoid	-	-	-	-	0.7222	30.49x – 235.450	0.7652	21.861x – 98.381
	Hard limit	-	-	-	-	0.5849	24.262x - 238.916	0.6718	13.241x - 139.221
	Sine	-	-	-	-	0.6810	21.982x - 220.733	0.7543	21.861x – 81.81
	Triangular Basis	-	-	-	-	0.7047	22.392x – 248.87	0.7276	23.03x - 79.692
	Linear Kernel	2 ²	-	-	-	0.7801	24.87x – 255.011	0.7655	24.154x – 80.339
W-ELM	Linear Kernel	2 ⁴	-	-	-	0.8171	24.723x - 219.77	0.8052	23.192x - 68.021
	Linear Kernel	2 ⁸	-	-	-	0.8510	29.514x – 106.05	0.8256	25.958x – 114.05
	RBF Kernel	2 ²	-	-	-	0.7519	30.65x – 210.318	0.7093	26.12x – 167.122
	RBF Kernel	2 ⁴	-	-	-	0.7807	29.215x - 291.823	0.7276	34.824x - 251.371
	RBF Kernel	2 ⁸	-	-	-	0.8291	23.213x - 268.732	0.7486	27.089x - 124.03
E-ELM	-	-	0.3	0.5	50	0.8301	28.21x – 251.674	0.8823	22.614x – 165.54
	-	-	0.4	0.8	70	0.8604	28.544x – 223.24	0.91	25.128x – 132.441
	-	-	0.5	0.8	90	0.8974	31.962x-199.530	0.9423	26.455x – 181.02
	-	-	0.8	1	110	0.9250	30.727x – 156.42	0.9579	26.974x – 160.37
	-	-	0.8	0.9	130	0.9327	30.562x – 129.40	0.9706	28.098x – 164.37

Table 5 Parameters and statistical results obtained from the regression analysis

Models	Activation Function	Control Parameters				Brahman X Charolais			Brahman X Thai native		
		C	F	CR	NP	R ²	RMSE	MSE	R ²	RMSE	MSE
ELM	Sigmoid	-	-	-	-	0.7222	0.834	0.741	0.7652	0.619	0.560
W-ELM	Linear Kernel	2 ⁸	-	-	-	0.8510	0.512	0.449	0.8256	0.373	0.122
E-ELM	-	-	0.8	0.9	130	0.9327	0.130	0.107	0.9706	0.117	0.083

Table 6 Training and testing time of ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM

Models	Activation Function	Control Parameters				Brahman X Charolais		Brahman X Thai native	
		C	F	CR	NP	Training Time	Testing Time	Training Time	Testing Time
ELM	Sigmoid	-	-	-	-	14.3589 s	15.0526 s	10.1198 s	12.0934 s
	Hard limit	-	-	-	-	13.2406 s	14.6078 s	9.3537 s	13.9845 s
	Sine	-	-	-	-	13.0731 s	13.0996 s	10.4324 s	13.0554 s
	Triangular Basis	-	-	-	-	13.4812 s	16.8796 s	7.9864 s	12.3788 s
	Linear Kernel	2 ²	-	-	-	16.9811 s	230.2409 s	10.7426 s	135.8208 s
W-ELM	Linear Kernel	2 ⁴	-	-	-	15.2644 s	291.0184 s	12.3478 s	142.8494 s
	Linear Kernel	2 ⁸	-	-	-	14.0092 s	218.3181 s	11.9657 s	102.3601 s
	RBF Kernel	2 ²	-	-	-	18.0901 s	232.0067 s	12.0984 s	233.0361 s
	RBF Kernel	2 ⁴	-	-	-	12.3981 s	323.2617 s	12.5712 s	202.8940 s
	RBF Kernel	2 ⁸	-	-	-	14.9609 s	350.6311 s	12.7573 s	224.8405 s
E-ELM	-	-	0.3	0.5	50	14.0424 s	719.2998 s	16.0970 s	535.3501 s
	-	-	0.4	0.8	70	13.9451 s	752.4310 s	13.0912 s	501.2128 s
	-	-	0.5	0.8	90	15.0381 s	810.9812 s	12.7811 s	556.7491 s
	-	-	0.8	1	110	14.8419 s	819.2317 s	13.1372 s	550.1275 s
	-	-	0.8	0.9	130	15.6323 s	822.0912 s	12.9539 s	601.9523 s

The purpose of this study was to develop an efficient growth-based beef weight equation for mixed beef cattle raised in tropical regions and growth forecasting model of stocker cattle producers in long yearling (12-24 months), using three modeling algorithms which are ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM. The data collected in the survey area consisted of 55 features that affected farming. This was taken through the feature selection process to find relationship of true hidden subset from multivariate filter methods. Factors affecting the growth of 17 features were found and it was divided into learning data 80 % and testing data 20 %. After that, ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM neural networks were imported. Dot answers were plotted to linear regression.

The growth model forecasting results ELM calculated Activation Function found that Sigmoid Function predicted Brahman X Charolais crossbred beef cattle, from the forecast of the start of rearing from the 12th months to the 24th months, 496.31 kilograms can be predicted. The growth forecasting equation coefficient of determination $R^2 = 0.7222$, $Y = 30.49x - 235.450$ Brahman X Thai native beef cattle $R^2 = 0.7652$, $Y = 21.861x - 98.381$, fed up to 24 months produces a weight of 426.283 kilograms, which was still unable to establish a good predictive model and statistically acceptable. The Weighted-ELM algorithm optimized ELM in case of data imbalance between 2 breeds. Weighted-ELM Linear Kernel calculation $C=28$, Brahman X Charolais was predicted about 602.286 kilograms. $R^2 = 0.8510$, $Y = 29.514x - 106.05$, Brahman X Thai native $R^2 = 0.8256$, $Y = 25.958x - 114.05$ was predicted 508.942 kilograms. Low coefficient of determination would be very problematic to predict the response variable with greater accuracy, and there was also a high weight distribution. Therefore, Evolutionary-ELM was used based on the theory of Differential evolution and MP generalized inverse were computed for fitness, and the improved vectors in each were mutated vectors, compared with the original vector to have

better fitness values. It resulted in scatter and new population with better fitness values. This also resulted in the good growth rate of weight. 35 generations were adapted, Brahman X Charolais $Y = 30.562x - 129.40$ during the 20th months would be 481.84 kilograms of body weight. When fed continuously until the 24th months, it could be predicted an average weight of 604.088 kilograms, which had the best value $R^2 = 0.9327$, $RMSE = 0.130$, $MSE = 0.107$. Brahman X Thai native $Y = 28.098x - 164.37$ could be predicted for 509.982 kilograms $R^2 = 0.9706$, $RMSE = 0.117$, $MSE = 0.083$. In consequence, Evolutionary-ELM learned from factors that affect weight to 35 generations, the growth data was close to the vector line in a perfect positive correlation.

Forecasting with Evolutionary-ELM used the data from 50 % breed of beef cattle (F1), which is initially collected in Muang District, Phetchabun Province that attempted to breed 50 % (F1) breed development data to evolve to F2 and F3 in the future. In addition, there has been an Artificial Neural Network (ANN) forecasting study with linear regression (Pilajun, et al., 2019) which presented growth predictions from the relationship between the breed and the growth of beef cattle at birth weight up to 24 months. The experiment was conducted in Ubon Ratchathani University. Prognostic results of Lowline Angus x Thai native 50 % (F1) $R^2 = 0.9681$ $Y = 0.0108X + 13.22$ compared to Lowline Angus blood 25 % and Thai native blood 100 % $R^2 = 0.584$, $Y = 0.246X + 21.9$. The growth of Lowline Angus x Thai native cattle was higher than that of Lowline Angus and Thai native 100 %. Moreover, Lowline Angus x Thai native had the highest chart slope. This is the result of combining the advantages of each species to have a good adaptation to the tropical environment, with greater productivity. In addition, forecasting by Artificial Neural Network was developed as a model for estimating carcass weight of Hanwoo cattle during the slaughterhouse delivery period. The developed model is a useful algorithm for automation machine, which measures only a few carcass variables in the sample image at a glance (Lee et al., 2020). Further study can be used to

estimate carcass weight of Brahman X Charolais and Brahman X Thai native beef cattle, and additional control of feeding factors (Senarath et al., 2009).

Conclusion

Prediction of Brahman X Charolais and Brahman X Thai native beef cattle in Mueang Phetchabun District by algorithm of Evolutionary-ELM is a model that can be adapted for beef cattle farming in small and medium-sized farms to keep up with the demand for the modern market and the premium market. Corresponds to the study on the production capability of Thai beef cattle farms, a single estimation technique was used through a maximum likelihood estimation method. Effects of socio-economic factors and farm-specific production management, farm size, and differences in concentrates and roughages used have a profound effect on technically inefficient cattle production. ELM, Weighted-ELM, and Evolutionary-ELM. In the agriculture, it is also found forecasting revealed that the Artificial Neural Network (ANN) model has also been found to be applied in various environment-related tasks to explore the appropriate approach to erosion depth, with plotted linear points as well.

Consistent with the support between the Department of Livestock, Mueang Phetchabun District and Beef Cattle Raisers Club, Phetchabun Province in trying to create a group of 250-350 kilograms medium-sized beef cattle, and they were upgraded to large-sized 550-650 kilograms beef cattle, which is a good weight for slaughter. In addition, the Department of Livestock Development, Muang Phetchabun District came to support and coordinate farm management cooperation, and all aspects of beef cattle farming together with food development researchers, including providing advice on beef cattle breeds that helps make money to Phetchabun Beef Cattle Farmers Club. It is

also a business plan to have a process of planning, production, ordering high quality, concentrate feed, and minerals in order to produce beef cattle to meet the needs of consumers who are in a specific market and reduce raising time between 2 - 2 and a half years.

Acknowledgment

Thanks to the National Research Council of Thailand for allocating budget for research and innovation integration, in Fiscal Year 2020, National Research Bureau.

Moreover, thanks to beef cattle farms, Huai Sakae Sub-district, Mueang Phetchabun District, Phetchabun Province; Beef Cattle Farm of Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Research Laboratory of Animal Science Department; and a computer lab of Computer Technology Department, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University

References

- Bartlett, P. L. (1996). The sample complexity of pattern classification with neural networks: the size of the weights is more important than the size of the network. *IEEE Transactions on Information Theory*, 44(2), 525-536.
- Boonprong, S., Choothesa, A., Sribhen, C., Parvizi, N., & Vajrabukka, C. (2008). Productivity of Thai Brahman and Simmental-Brahman crossbred (Kabinburi) cattle in central Thailand. *International Journal of Biometeorology*, 52(5), 409-415. doi: 10.1007/s00484-007-0135-2
- Boyce, C., & Neale, P. (2006). *Conducting in-depth interviews: A guide for designing and conducting in-depth interviews for evaluation input* (Vol. 2). Massachusetts: Pathfinder International.
- Bunmee, T., Chaiwang, N., Kaewkot, C., & Jaturasitha, S. (2018). Current situation

- and future prospects for beef production in Thailand—A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 968-975. doi: 10.5713/ajas.18.0201
- Ghosh, R., & Verma, B. (2003). A hierarchical method for finding optimal architecture and weights using evolutionary least square based learning. *International Journal of Neural Systems*, 13(1), 13-24. doi.org/10.1142/S0129065703001364
- Huang, G. B., & Babri, H. A. (1998). Upper bounds on the number of hidden neurons in feedforward networks with arbitrary bounded nonlinear activation functions. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9(1), 224-229. doi: 10.1109/72.655045
- Huang, G. B., Zhu, Q. Y., & Siew, C. K. (2006). Extreme learning machine: Theory and applications. *Neurocomputing*, 70(1-3), 489-501.
- Khunchaikarn, S., Mankeb, P., & Suwanmaneepong, S. (2022). Economic efficiency of beef cattle production in Thailand. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 25(2), 1-9.
- Krasachat, W. (2008). Livestock production systems and technical inefficiency of feedlot cattle farms in Thailand. *Chulalongkorn Journal of Economics*, 20(2), 141-154.
- Labani, M., Moradi, P., Ahmadizar, F., & Jalili, M. (2018). A novel multivariate filter method for feature selection in text classification problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 70, 25-37. doi: 10.1016/j.engappai.2017.12.014
- Lee, D. H., Lee, S. H., Cho, B. K., Wakholi, C., Seo, Y. W., Cho, S. H., Kang, T. H., & Lee W. H. (2020). Estimation of carcass weight of Hanwoo (Korean native cattle) as a function of body measurements using statistical models and a neural network. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(10), 1633-1641. doi: 10.5713/ajas.19.0748
- Na-Chiangmai, A. (2002) *Current situation and development trends of beef production in Thailand*. In Allen, J., & Na-Chiangmai, A. (Eds), *Development strategies for genetic evaluation for beef production in developing countries* (pp. 93 - 97). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Ogino, A., Sommart, K., Subepang, S., Mitsumori, M., Hayashi, K., Yamashita, T. & Tanaka, Y. (2016). Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in Thailand evaluated by life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 112(Part 1), 22-31.
- Osothongs, M., Khemsawat, J., Sarakul, M., Jattawa, D., Suwanasopee, T., & Koonawootrittriron, S. (2016). Current situation of beef industry in Thailand. *Proceedings of International Symposium: "Dairy cattle beef up beef industry in Asia: Improving productivity and environmental sustainability* (pp. 5-8). Bangkok: Swisotel Le Concorde.
- Pilajun, R., Thummasaeng, K., Sawasdiphan, S., Suwanlee, S., Inthisaeng, W., & Wanapat, M. (2019). Growth performance of Lowline Angus x Thai native crossbred beef under tropical condition. *Tropical Animal Health and Production*, 51(8), 2253-2261. doi: 10.1007/s11250-019-01940-z
- Senarath, S., Thummasaeng, K., & Suriyapat, W. (2009). Protein requirement for maintenance of yearling Thai native cattle. *JIRCAS Working Report*, 64, 83-85.
- Steinfeld, H., Wassenaar, T., & Jutzi, S. (2006). Livestock production systems in developing countries: Status, drivers, trends. *International Office of Epizootics*, 25(2), 505-516.

- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution-A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341-359.
- Thapa, G. B., Lam-Estrada, P., & Lopez-Bonilla, J. (2018). On the Moore-Penrose generalized inverse matrix. *World Scientific News*, 95, 100-110.
- Zhu, Q. Y., Qin, A. K., Suganthan, P. N., & Huang, G. B. (2005). Evolutionary extreme learning machine. *Pattern Recognition*, 38(10), 1759-1763. doi: 10.1016/j.patcog.2005.03.028.
- Zong, W., Huang, G. B., & Chen, Y. (2013). Weighted extreme learning machine for imbalance learning. *Neurocomputing*, 101(1-3), 229-242. doi: 10.1016/j.neucom.2012.08.01



PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

VOL. 20 NO. 1 January – June 2023