



วารสาร

ISSN 3027-8287 (Online)

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 42 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2567 VOLUME 42 NUMBER 3 (2024) SEPTEMBER - DECEMBER 2024



Approved by TCI during 2021 - 2024



วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

ขอบเขตการตีพิมพ์

วารสารฯ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์ เช่น พืชศาสตร์ ปฐพีศาสตร์ สัตวศาสตร์ วิทยาศาสตร์การประมง อารักขาพืช เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (เนื้อสัตว์) เศรษฐศาสตร์เกษตร และธุรกิจเกษตร การทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร นิเทศศาสตร์เกษตร และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้เกี่ยวข้องในการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์/โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตร

พระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน
- ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม
- ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
ศ. ดร. มยุรา สุนยวีระ
รศ. ดร. ปัญญา หมนันท์
รศ. ดร. จารุณ เล้าสินวัฒนา

บรรณาธิการ

รศ. ดร. ผุสดี ตั้งวัชรินทร์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รศ. ดร. กัญจนา แซ่เตียว
ผศ. ดร. อัจฉรี เรืองเดช
ผศ. ดร. ภัทรรัตน์ เทียมเก่า
ผศ. ดร. พัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ
ดร. บัทยา นิตไธสง
ดร. มัทธนา ตันชัย
ดร. เอกพล ทองแก้ว

จัดทำรูปเล่ม

นางสาวมณีนัฐา วงศ์สง่า

ผู้ดูแลระบบ

นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.บัญชา สมบูรณ์สุข
ศ. ดร.สุฤติ ประเทืองวงศ์
ศ. ดร.อังคณา จันทราปัติ
ศ. ดร.ฉลอง วชิราภากร
ศ. ดร.ยุพา หารบุญทรง
ศ. ดร.เนาวนิตย สงคราม
ศ. ดร.อนุชิตา มุ่งงาม
ศ. ดร.วรเดช จันทสร
รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย์
รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
รศ. ดร.จินดา ขลิบทอง
รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
รศ. ดร.ฑูกริ หะยีสาม
รศ. ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล
รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
รศ. ดร.วราห์ เทพาคี
รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
รศ. ดร.สนธิชัย จันทเปรม
ผศ. ดร.จักรมาส เลหาณิน
ผศ. ดร.พิสสวรรณ เจริญสมบัติ
ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวานันท์
ผศ. ดร.วัชร จินตโกวิท
ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
ผศ. ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์
ผศ. ดร.นุกุล ถวิลถึ้ง
รศ. ดร.คำรณวิทย์ ทัพย์มณี
รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากัญจน์
รศ. ดร.สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์
รศ. ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดิ์
ผศ. ดร.ลำแพน ขวัญพูล
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์
ผศ. ดร.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล
ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวยุทธ
ผศ. ดร.มัลลิกา กิลลาโส
ดร.ธนัท สมณคุปต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านเมืองทองธานี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านสุขุมวิท 81)
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านตำบลคลองเกลือ)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนครพนม
กรมส่งเสริมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เจ้าหน้าที่วารสาร

นางสาวกุลธิดา ทรัพย์น้อย

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 7146
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บรรณาธิการแถลง (Editor's Note)

วารสารเกษตรพระจอมเกล้าฉบับนี้เป็นปีที่ 42 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน-ธันวาคม 2567 เป็นฉบับสุดท้ายของปี กองบรรณาธิการได้พิจารณาคัดเลือกผลงานทางวิชาการที่มีคุณค่าในเชิงวิชาการและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ โดยมีบทความวิจัยจำนวน 15 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาพืชสวน 3 เรื่อง สัตวศาสตร์ 3 เรื่อง วิทยาศาสตร์การประมง 3 เรื่อง ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร 2 เรื่อง เศรษฐศาสตร์เกษตรและบริหารธุรกิจ 1 เรื่อง นิเทศศาสตร์เกษตร 2 เรื่อง และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร 1 เรื่อง

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปัจจุบันอยู่ในฐานข้อมูลของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) กลุ่มที่ 1 โดยมีความมุ่งหวังเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ข้อมูลทางการวิจัย และข้อมูลทางวิชาการทางด้านการเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้องสำหรับคณาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจ โดยบทความที่เผยแพร่ได้ใช้ DOI (Digital Object Identifier) หรือ ตัวระบุวัตถุดิจิทัล หรือทับศัพท์ว่าดีโอไอ ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานบริหารวารสารวิชาการ สจล. และคณะเทคโนโลยีการเกษตร DOI คือ เลขมาตรฐานสากลประจำไฟล์ดิจิทัลที่เผยแพร่บนอินเทอร์เน็ต เป็นรหัสประจำเอกสารดิจิทัลซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การของทรัพยากรสารสนเทศดิจิทัล รหัสนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ที่ใช้จัดเก็บหรือสิทธิการเป็นเจ้าของทรัพยากรสารสนเทศนั้น ทำให้สามารถค้นหาพบเอกสารได้ถึงแม้ว่าเว็บไซต์นั้นจะถูกยกเลิกการใช้หรือเปลี่ยนที่อยู่ของเว็บไซต์ก็ตาม ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักวิจัยในการค้นหา การเข้าถึง และเชื่อมโยงการเข้าถึงสารสนเทศดิจิทัล นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบความซ้ำซ้อนของงานวิจัยได้ว่าการจัดทำผลงานวิจัยเรื่องเหล่านี้หรือยังมีมากน้อยเพียงใด รวมทั้งการเขียนรายการบรรณานุกรมและการอ้างอิงเอกสารดิจิทัลตามหลักสากลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

กองบรรณาธิการ ขอขอบคุณเจ้าของบทความที่ได้นำเสนอบทความที่มีประโยชน์และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยกลั่นกรองและให้ข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่าเพื่อปรับปรุงแก้ไขบทความให้มีความสมบูรณ์ทางวิชาการยิ่งขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านในการนำความรู้ไปต่อยอดศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเกษตรให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป กองบรรณาธิการจะมุ่งมั่นพัฒนาวารสารเกษตรพระจอมเกล้าให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์และได้รับการรับรองคุณภาพที่สูงขึ้นต่อไป สำหรับผู้ที่สนใจจะส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal> หรือติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่อีเมล Email: ajournal@kmitl.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา หมน้เก็บ

ที่ปรึกษา

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
อัตราการผสมติดในแม่โคนมที่ได้รับอุปกรณ์ควบคุมการปลดปล่อยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนแบบใช้ครั้งแรกหรือใช้ซ้ำในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียม มลรัฐ แสงเกตุ ปุณณะวุฒม์ ยะมา ณรงค์ฤทธิ์ ใจพลแสน ทศพล มุลมณี และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์	276
การใช้แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ: กรณีศึกษาแหล่งน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ณัฐพงษ์ เอียดเต็ม สิริภพ อบแพทย์ พงศ์ธร แสงชุติ มธูรา อ่างแก้ว และชุติ อากาศะชาติ	281
รูปแบบและปัญหาในระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล: ภาพสะท้อนจากชุมชนท่งน้อย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล บัญชา สมบูรณ์สุข และปฐวิญญ์ พิทยาภินันท์	290
พฤติกรรมและความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภคในจังหวัดสุโขทัย ธนวันต์ ศรีสม ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ สุณิพร สุวรรณณีนพงค์ จิรนนท์ เข็มขันธุ์	299
ปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมสำหรับชักนำโกลนินมาให้เปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา วุฒิพงษ์ แสงใจ และพัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์	307
การผลิตไร่นาน้ำฟ้าอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำและการถ่ายทอดสู่เกษตรกร จามรี เครือหงษ์ และปิยะนารถ จันทรเล็ก	317
ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของชาสมุนไพรที่แปรรูปจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด ปรีศนีย์ กองวงศ์ วรณิกา โหม่งบุตร และ อรทัย บุญทะวงศ์	327
พัฒนาการและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ ทวีป แสนคำวงศ์ ธีรณัฐ เจริญกิจ วชิร ทองมีระ สุเทพ วชิรเวชศฤงคาร และแสงเดือน อินชนบท	336
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมของฟาร์มไฮโดรโปนิคส์ที่ปลูก ภายใต้โรงเรือนระบบปิดและระบบเปิด นัจภัก สุขสวัสดิ์ และชัยสิทธิ์ แก้วจรรณู	343

การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร ในตำบลเกาะโพธิ์ อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช ลือพงษ์ ลือนาม และดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมมาธิวัฒน์	352
ผลของระดับโปรตีนและพลังงานต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก ของไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ วิภาสรี ไชยพูน กัญญารัตน์ พวงเจริญ ทศพล มุลมณี งามอาจ ส่องศรี มนตรี ปัญญาทอง และสุชน ตั้งทวีวัฒน์	363
พฤติกรรมและความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภค ในจังหวัดพัทลุง เสาวณีย์ เล็กบางพง วิศาล อดทน ศรีณญัส รักศีล ธิดารัตน์ จุทอง และรสนันท์ อินทศิริสวัสดิ์	373
การเพิ่มคุณค่าโภชนะของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดโดยเสริมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์ จากโรงงานผลิตเบียร์เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ พรภิมล จันทรเจริญ วรพิชชา มาลัย ญัฐปภัสร ธนพิมพ์วงศ์ ดรุณี ศรีชนะ นิภารัตน์ ศรีธเรศ และวิชัย สุทธิธรรม	381
ความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริม การผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น ภาณุทัต โล่ห์สีทอง และสุกัลยา เชิญขวัญ	387
ผลของ NAA ร่วมกับ TDZ ต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรณไม้ ใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล วิมลมาศ บุญมี อัจฉรี เรืองเดช บุปผา จงพัฒน์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ และสมเกียรติ สีสนอง	395

อัตราการผสมติดในแม่โคนมที่ได้รับอุปกรณ์ควบคุมการปลดปล่อยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนแบบใช้ครั้งแรกหรือใช้ซ้ำในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียม

Conception Rate in Dairy Cows Receiving a First or Repeatedly Used Controlled Internal Drug Release Devices in Timed Artificial Insemination Protocol

มลรัฐ แสงเกต¹, ปุณณะวฤทธิ์ ยะมา¹, ณรงค์ฤทธิ์ ใจพลแสน², ทศพล มุลมณี^{1*} และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์^{2*}
Molarat Sangkate¹, Punnawut Yama¹, Narongrit Jaipolsaen², Tossapol Moonmanee^{1*} and Siwat Sangsritavong^{2*}

Received date: 22 มิ.ย. 65 Revised date: 21 มิ.ย. 66 Accepted date: 15 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.001>

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ควบคุมการปลดปล่อยฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (controlled internal drug release ; CIDR) ถูกใช้สำหรับการจัดการการสืบพันธุ์ในโคนม โดยภายหลังการใช้ CIDR เป็นระยะเวลา 7-8 วัน สามารถนำ CIDR มาใช้ซ้ำได้เมื่อฆ่าเชื้อเพื่อลดค่าใช้จ่าย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตั้งท้องในแม่โคนมที่ได้รับ CIDR แบบใช้ครั้งแรก ครั้งที่สอง และครั้งที่สามในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียม (TAI) แม่โคนมทั้งหมด 783 ตัว ได้รับโปรแกรมฮอร์โมนแบบระยะสั้น (9.5 วัน) ด้วยการสอด CIDR เป็นระยะ 7 วัน ในวันเริ่มต้นโปรแกรม TAI แม่โคถูกสุ่มเข้าสู่กลุ่มการทดลอง 3 กลุ่ม คือ ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก (n = 312) แบบใช้ครั้งที่สอง (n = 233) และแบบใช้ครั้งที่สาม (n = 238) แม่โคในทุกกลุ่มได้รับการผสมเทียมในวันที่ 9.5 ของโปรแกรม TAI และวินิจฉัยการตั้งท้องโดยใช้เทคนิคอัลตราซาวด์ในวันที่ 30 และ 60 หลังการผสมเทียม ผลพบว่า การใช้อุปกรณ์ CIDR แบบครั้งแรก ครั้งที่สอง และครั้งที่สามไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ($P > 0.05$) อัตราการผสมติดในวันที่ 30 (28.8% เทียบกับ 25.3% เทียบกับ 28.2% ตามลำดับ) และวันที่ 60 (26.9% เทียบกับ 24.5% เทียบกับ 27.7% ตามลำดับ) หลังการผสมเทียม และอัตราการตายของตัวอ่อนไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ระหว่างแม่โคที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก ครั้งที่สอง และครั้งที่สาม (6.7% เทียบกับ 3.4% เทียบกับ 1.5% ตามลำดับ) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ CIDR สามารถใช้ได้อย่างน้อย 3 ครั้งในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียมในแม่โคนม

คำสำคัญ: ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน โคนม ความสมบูรณ์พันธุ์

Abstract

Controlled internal drug release (CIDR) devices for releasing progesterone have been used for reproductive management in dairy cattle. To minimize the cost, the devices can be reused upon disinfection after being used for 7-8 days. Therefore, this research aims to compare the conception rate of dairy cows after the first, second, and third use of CIDR devices timed following artificial insemination (TAI) protocol. A total of 783 cows received short-term hormonal protocol (9.5 days) by inserting CIDR for 7 days. At the initiation of the TAI protocol, cows were randomly assigned into three groups, (1st CIDR; n = 312), (2nd CIDR; n = 233), and (3rd CIDR; n = 238). Moreover, in each CIDR group, cows were subdivided into two types (primiparous and multiparous cows). Cows in all groups were inseminated on day 9.5 of the TAI protocol. Diagnosis of pregnancy was performed using ultrasound on days 30 and 60 after insemination. From the results, the 1st, 2nd, and 3rd used CIDR devices did not significantly change the conception rates on days 30 (28.8% vs. 25.3% vs. 28.2%, respectively) and 60 (26.9% vs. 24.5% vs. 27.7%, respectively) post-TAI in dairy cows ($P > 0.05$). The embryonic loss did not differ among cows receiving the 1st, 2nd, and 3rd used CIDR devices (6.7% vs. 3.4% vs. 1.5%, respectively) ($P > 0.05$). For each CIDR group, parity (primiparous and multiparous) did not alter conception rates on days 30 and 60 post-TAI and embryonic loss in dairy cows ($P > 0.05$). Our findings indicate that the CIDR device could be used at least three times in the TAI protocol in primiparous and multiparous dairy cows.

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย จ.ปทุมธานี 12120

² National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Thailand Science Park, Pathum Thani 12120

*Corresponding author, E-mail: tossapol.m@cmu.ac.th; siwat@biotec.or.th

Keywords: progesterone, dairy cattle, fertility

คำนำ

โปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดและการตกไข่ (estrous and ovulation synchronization protocol) เป็นเทคโนโลยีชีวภาพขั้นพื้นฐานที่ช่วยในการจัดการการสืบพันธุ์ในโคนม เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของถุงไข่ (ฟอลลิเคิล) และควบคุมการเสื่อมสลายของคอร์ปัส ลูเทียม (corpus luteum; CL) บนรังไข่รวมทั้งกระตุ้นให้เกิดการตกไข่ ซึ่งโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดและการตกไข่ที่ใช้ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P4) เป็นฮอร์โมนพื้นฐานมีการใช้เพื่อจัดการการสืบพันธุ์อย่างแพร่หลายมากกว่า 20 ปี (Tjondronegoro, Williamson, Sawyer & Atkinson, 1987) อุปกรณ์ควบคุมการปลดปล่อยฮอร์โมน P4 สังเคราะห์ (controlled internal drug release หรือ CIDR) มีลักษณะเป็นรูปตัวที (T) โดยตรงส่วนปลายด้านบนจะมีปีกกางออก 2 ด้าน (wings) ซึ่งทำจากซิลิโคนมีลักษณะยืดหยุ่นเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับช่องคลอดโดยถูกออกแบบมาให้มีความนุ่มนวลต่อช่องคลอด ส่วนของลำตัวเป็นแท่งซิลิโคนชนิดแข็ง (body) ซึ่งจะมีการฉาบผิวด้วยฮอร์โมน P4 สังเคราะห์อยู่ในบริเวณส่วนปลายด้านล่างของ CIDR จะมีเชือกไนลอนร้อยอยู่ (tail) เพื่อความสะดวกในการถอดอุปกรณ์ CIDR ออกจากช่องคลอด (Rathbone et al., 2002) การสอด CIDR จะปลดปล่อยฮอร์โมน P4 ผ่านเยื่อบุผนังช่องคลอดและเข้าสู่กระแสเลือดอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลทำให้ปริมาณความเข้มข้นของฮอร์โมน P4 ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะทำหน้าที่เสมือนเป็นโครงสร้าง CL บนรังไข่ในโคเพศเมีย (Mapletoft, Martinez, Colazo & Kastelic, 2003) อุปกรณ์ CIDR ถูกใช้สำหรับการจัดการการสืบพันธุ์ในโคนม และอุปกรณ์ CIDR สามารถนำมาใช้ซ้ำได้เมื่อฆ่าเชื้อเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยการใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ซ้ำจะมีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและการตกไข่ขึ้นอยู่กับปริมาณฮอร์โมน P4 ในอุปกรณ์ CIDR และระยะเวลาในการใช้ (Colazo et al., 2004) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตั้งท้องในแม่โคนมที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก ครั้งที่สอง และครั้งที่สามในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียม (timed artificial insemination; TAI)

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง

ใช้แม่โคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเซียน จำนวน 783 ตัว ที่มีวันท้องว่าง (days open) มากกว่า 75 วัน แม่โคนมที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 375-450 กิโลกรัม มีสุขภาพปกติ ไม่ปรากฏผลลูกอักเสบและรูก้าง และมีระดับคะแนนร่างกายมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ตามระบบ A quarter-point scale ตั้งแต่ 1-5 (1=ผอมมาก ถึง 5=อ้วนมาก) โดยโคทดลองได้รับอาหารหยาย และอาหารข้นตามสมรรถภาพการให้น้ำนมของโคนมแต่ละตัว ในอัตราส่วนอาหารหยายต่ออาหารข้น เท่ากับ 40:60 โดยโคนมทดลองทั้งหมดได้รับการรีดนมวันละ 2 ครั้ง คือ เวลาเช้า-เย็น ณ เวลา 6.00 น. และ 16.00 น. การศึกษาในครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการการดูแลการเลี้ยงสัตว์และใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ (สัตว์เกษตร) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (AG01001/2565)

การเตรียมอุปกรณ์ CIDR

อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก คือ อุปกรณ์ CIDR ที่ยังไม่ผ่านการใช้ ซึ่งมีฮอร์โมน P4 สังเคราะห์ บรรจุภายในอุปกรณ์ ขนาด 1.38 กรัม (CIDR; Eazi-Breed CIDR®, Zoetis Animal Health, Florham Park, NJ, USA) อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งที่สอง คือ อุปกรณ์ CIDR ที่ผ่านการใช้มาแล้ว 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 7 วัน (7 วัน/ครั้ง) และอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งที่สาม คือ อุปกรณ์ CIDR ที่ผ่านการใช้มาแล้ว 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 14 วัน (7 วัน/ครั้ง) โดยอุปกรณ์ CIDR ที่นำกลับมาใช้ซ้ำ (ใช้ครั้งที่สอง และครั้งที่สาม) ต้องทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำเมือก (mucus) ที่ติดอุปกรณ์ CIDR ออก จากนั้นทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยการแช่อุปกรณ์ CIDR ในสารละลาย 0.5% benzalkonium chloride (Aqua BKC®, Mario Bio Products Limited ประเทศไทย) เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างอุปกรณ์ CIDR ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำอุปกรณ์ CIDR ที่ผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้วไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแห้งแล้วบรรจุอุปกรณ์ CIDR ในถุงพลาสติก (sterile plastic bag) เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้

แผนการทดลองและโปรแกรม TAI

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยในวันเริ่มต้นโปรแกรม TAI (วันที่ 0) แม่โคถูกสุ่มเข้าสู่กลุ่มการทดลอง 3 กลุ่ม คือ ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก (1st CIDR; n = 312) แบบใช้ครั้งที่สอง (2nd CIDR; n = 233) และแบบใช้ครั้งที่สาม (3rd CIDR; n = 238) นอกจากนี้ในแต่ละกลุ่มของ CIDR แม่โคถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แม่โคที่เคยให้ลูกมาแล้วหนึ่งครั้ง (primiparous cows) และแม่โคที่เคยให้ลูกมาแล้วหลายครั้ง (multiparous cows) โดยในวันที่ 0 แม่โคนมทุกตัวได้รับการสอดอุปกรณ์ CIDR เข้าสู่ช่องคลอดเป็นระยะเวลา 7 วัน ร่วมกับการฉีดฮอร์โมนผสม P4/estradiol (E2) (50/2 mg) ในวันที่ 6 ทำการ

ฉีดฮอร์โมน prostaglandins F2 α (PGF2 α) (250 μ g) ในวันที่ 7 ทำการถอดอุปกรณ์ CIDR ออกจากช่องคลอด ในวันที่ 8 ทำการฉีดฮอร์โมน E2 (2 mg) จากนั้นในวันที่ 9.5 (60 ชั่วโมง หลังถอดอุปกรณ์ CIDR) แม่โคนมทุกตัวได้รับการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อแช่แข็ง

การตรวจการตั้งท้อง

ตรวจการตั้งท้องในวันที่ 30 และ 60 หลังการผสมเทียม โดยวิธีอัลตราซาวด์ปีกมดลูก (uterine horns) ผ่านทวารหนักด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ที่มีหัวตรวจความถี่ขนาด 7.5 MHz (HS-1600V; Honda electronics, Japan) ซึ่งแม่โคนมที่ตรวจพบการตั้งท้อง คือ แม่โคนมที่ปรากฏโครงสร้างของถุงหุ้มตัวอ่อน (embryonic vesicle)

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลอัตราการผสมติด (conception rate) ในวันที่ 30 และ 60 หลังการผสมเทียม ([จำนวนแม่โคทั้งหมดที่ตั้งท้องในแต่ละกลุ่ม/จำนวนแม่โคทั้งหมดในแต่ละกลุ่ม] $\times$ 100) และอัตราการตายของตัวอ่อน (embryonic loss) ([จำนวนแม่โคทั้งหมดที่สูญเสียการตั้งท้องในวันที่ 60 หลังการผสมเทียม/จำนวนแม่โคทั้งหมดที่ตั้งท้องในวันที่ 30 หลังการผสมเทียม] $\times$ 100)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างข้อมูลอัตราการผสมติดในวันที่ 30 และ 60 หลังการผสมเทียม และอัตราการตายของตัวอ่อนในแม่โคนม ด้วยวิธี chi-square analysis (Steel, Torrie & Dickey, 1997)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อัตราการผสมติดในวันที่ 30 และวันที่ 60 หลังการผสมเทียม และอัตราการตายของตัวอ่อน ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างแม่โคนมที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก (1st CIDR) แบบใช้ครั้งที่สอง (2nd CIDR) และแบบใช้ครั้งที่สาม (3rd CIDR) (Table 1) เมื่อพิจารณาจากแม่โคนมที่มีลำดับการให้ลูก (parity) ที่แตกต่างกัน พบว่า แม่โคนมที่ให้ลูกมาแล้วหนึ่งครั้ง (PC) และให้ลูกมาแล้วหลายครั้ง (MC) มีอัตราการผสมติดในวันที่ 30 และวันที่ 60 หลังการผสมเทียม และอัตราการตายของตัวอ่อน ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก (1st CIDR) แบบใช้ครั้งที่สอง (2nd CIDR) และแบบใช้ครั้งที่สาม และ แม่โคที่มีลำดับการให้ลูกมาแล้วหลายครั้ง (MC) มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการผสมติดในวันที่ 30 ต่ำกว่าโคที่มีลำดับการให้ลูกมาแล้วหนึ่งครั้ง (PC) ในกลุ่มที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งที่สาม (3rd CIDR) ($P=0.06$) (Table 2) การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการนำอุปกรณ์ CIDR มาใช้ซ้ำ ไม่ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคนมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sales et al. (2015) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้อุปกรณ์ CIDR ที่มีความเข้มข้นของฮอร์โมน P4 แตกต่างกัน (การใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ซ้ำ) ต่ออัตราการตั้งท้องในโค ซึ่งผลพบว่า การใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ซ้ำยังมีความสามารถในการควบคุมการพัฒนาของฟอลลิเคิล และไม่ส่งผลทำให้อัตราการตั้งท้องของโคลดลง และการใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก หรือแบบใช้ซ้ำ ไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในแม่โคนม (Galvão et al., 2004) รวมทั้งแม่โคนมที่ให้ลูกมาแล้วหนึ่งครั้ง มีอัตราการผสมติด อัตราการตายของตัวอ่อน และอัตราการแท้งระยะแรก (early abortion) ที่อายุท้อง 75-120 วัน หลังผสมเทียม ไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มที่อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก หรือแบบใช้ซ้ำในโปรแกรม TAI (El-Tarabany, 2016) รวมทั้งจากการศึกษาของ Muth-Spurlock, Poole & Whisnant (2016) พบว่า ลำดับการให้ลูก ผู้ผสมเทียม และ การฉีดหรือไม่ฉีดฮอร์โมน PGF2 α ในโปรแกรม TAI ที่ใช้อุปกรณ์ CIDR เป็นระยะเวลา 7 วัน ไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการตั้งท้องในโคเนื้อเพศเมียที่ได้รับอุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก หรือแบบใช้ซ้ำ เมื่อนำอุปกรณ์ CIDR ที่มีความเข้มข้นของฮอร์โมน P4 สังเคราะห์ ขนาด 1.9 และ 1.38 กรัม ไปใช้เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า ฮอร์โมน P4 สังเคราะห์ ที่คงเหลือในอุปกรณ์ CIDR มีความเข้มข้น ขนาด 1.3 และ 0.72 กรัม (Rathbone et al., 2002; Zuluaga & Williams, 2008) จากการศึกษาของ Cerri, Rutigliano, Bruno & Santos (2009) พบว่า ถึงแม้การใช้อุปกรณ์ CIDR ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วนำกลับมาใช้ซ้ำ ส่งผลทำให้ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน P4 ในกระแสเลือดต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก แต่การใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ซ้ำยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิลบนรังไข่ (pattern of ovarian follicular development) ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ครั้งแรก และโคในกลุ่ม (MC) multiparous ที่มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการผสมติดในวันที่ 30 ต่ำกว่ากลุ่ม(PC) primiparous มีความเป็นไปได้ว่าโคมีความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังคลอด ที่ให้ปริมาณน้ำนมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้สูญเสียความสมดุลร่างกายและพลังงาน (El-Tarabany, 2015) อีกทั้งระยะหลังคลอด มีปัจจัยเรื่องอายุของแม่โค โรคเต้านมอักเสบ ความบกพร่องปัจจัยด้านการจัดการอื่นๆ ที่ทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง (Grohn and Rojalla-Schultz, 2000) มีรายงานของ Chacher, Çolak & Hayirli (2017) ที่ทำการวิเคราะห์ห่อภิมาณ (meta-analysis) ข้อมูลประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์ CIDR แบบใช้ซ้ำต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในโคเพศเมีย พบว่า อุปกรณ์ CIDR

ที่มีความเข้มข้นของฮอร์โมน P4 สังเคราะห์ ขนาด 1.9 และ 1.38 กรัม สามารถใช้ได้ 2 ครั้ง ในแม่โคให้นม และสามารถใช้ได้ 4 ครั้ง ในโคสาว

Table 1 Conception rate at days 30 and 60 after insemination and pregnancy loss in dairy cows receiving 1st CIDR, 2nd CIDR, and 3rd CIDR devices

Items	Animal group			p-value
	1 st CIDR	2 nd CIDR	3 rd CIDR	
Total cows (n)	312	233	238	-
Conception rate (%)				
Day 30 post-AI	28.8	25.3	28.2	>0.05
Day 60 post-AI	26.9	24.5	27.7	>0.05
Pregnancy loss (%)	6.7	3.4	1.5	>0.05

CIDR: controlled internal drug release

Table 2 Conception rate at days 30 and 60 after insemination and pregnancy loss in primiparous (PC) and multiparous (MC) cows receiving 1st CIDR, 2nd CIDR, and 3rd CIDR devices

Items	1 st CIDR			2 nd CIDR			3 rd CIDR		
	PC	MC	p-value	PC	MC	p-value	PC	MC	p-value
Total cows (n)	105	207	-	84	149	-	91	147	-
Conception rate (%)									
Day 30 post-AI	28.6	29.0	0.94	22.6	26.8	0.48	35.2	23.8	0.06
Day 60 post-AI	25.7	27.5	0.73	22.6	25.5	0.62	34.1	23.8	0.09
Pregnancy loss (%)	10.0	5.0	0.38	0.0	5.0	0.33	3.1	0.0	0.30

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ CIDR ชนิดที่มีขนาด P₄ สังเคราะห์ 1.38 กรัม สามารถใช้ได้อย่างน้อย 3 ครั้ง (ระยะเวลาการใช้ 7 วัน/ครั้ง) ในโปรแกรมกำหนดเวลาการผสมเทียม โดยไม่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคนมที่ให้ลูกมาแล้วหนึ่งครั้ง และแม่โคนมให้ลูกมาแล้วหลายครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 (P 20-51665)

เอกสารอ้างอิง

- Cerri, R. L. A., Rutigliano, H. M., Bruno, R. G. S., & Santos, J. E. P. (2009). Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. *Animal Reproduction Science*, 110(1-2), 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.12.005>.
- Chacher, M. F. A., Çolak, A., & Hayirli, A. (2017). Efficacy of repeatedly used CIDR device in cattle reproduction: a metaanalysis review of progesterone concentration and conception rate. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 41(5), 692-697. <https://doi.org/10.3906/vet-1706-75>.
- Colazo, M. G., Kastelic, J. P., Whittaker, P. R., Gavaga, Q. A., Wilde, R., & Mapletoft, R. J. (2004). Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Animal Reproduction Science*, 81(1-2), 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.09.003>.

- El-Tarabany, M. S. (2015). Effects of non-lactating period length on the subsequent calving ease and reproductive performance of Holstein, Brown Swiss and the crosses. **Animal Reproduction Science**, 158, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.04.008>.
- El-Tarabany, M. S. (2016). The efficiency of new CIDR and once-used CIDR to synchronize ovulation in primiparous and multiparous Holstein cows. **Animal Reproduction Science**, 173(2016), 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.08.006>.
- Galvão, K. N., Santos, J. E. P., Junchem, S. O., Cerri, R. L. A., Coscioni, A. C., & Villaseñor, M. (2004). Effect of addition of a progesterone intravaginal insert to a timed insemination protocol using estradiol cypionate on ovulation rate, pregnancy rate, and late embryonic loss in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, 82(12), 3508-3517. <https://doi.org/10.2527/2004.82123508x>.
- Grohn, Y. T., & Rajala-Schultz, P. J. (2000). Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. **Animal Reproduction Science**, 60–61, 605–614. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00085-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00085-3).
- Mapletoft, R. J., Martinez, M. F., Colazo, M. G., & Kastelic, J. P. (2003). The use of controlled internal drug release devices for the regulation of bovine reproduction. **Journal of Animal Science**, 81(14 suppl 2), E28–E36. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E28x.
- Muth-Spurlock, A. M., Poole, D. H., & Whisnant, C. S. (2016). Comparison of pregnancy rates in beef cattle after a fixed time AI with once- or twice-used controlled internal drug release devices. **Theriogenology**, 85(2016), 447-451. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.019>.
- Rathbone, M. J., Runt, C. R., Ogle, C. R., Burggraaf, S., Macmillan, K. L., & Pickering, K. (2002). Development of an injection molded poly (ε-caprolactone) intravaginal insert for the delivery of progesterone to cattle. **Journal of Controlled Release**, 85 (1-3), 61-71. [https://doi.org/10.1016/S0168-3659\(02\)00272-9](https://doi.org/10.1016/S0168-3659(02)00272-9).
- Sales, J. N. S., Carvalho, J. B. P., Crepaldi, G. A., Soares, J. G., Girotto, R. W., Maio, J. R. G., Souza, J. C., & Baruselli, P. S. (2015). Effect of circulating progesterone concentration during synchronization for fixed-time artificial insemination on ovulation and fertility in *Bos indicus* (Nelore) beef cows. **Theriogenology**, 83(6), 1093-1100. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.12.009>.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. (1997). **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. McGraw-Hill Press.
- Tjondronegoro, S., Williamson, P., Sawyer, G. J., & Atkinson, S. (1987). Effects of progesterone intravaginal devices on synchronization of estrus in postpartum dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 70(10), 2162-2167. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80269-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80269-2).
- Zuluaga, J. F., & Williams, G. L. (2008). High-pressure steam sterilization of previously used CIDR inserts enhances the magnitude of the acute increase in circulating progesterone after insertion in cows. **Animal Reproduction Science**, 107(1-2), 30-33. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.06.006>.

การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ: กรณีศึกษาแหล่งน้ำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

Using Dominant Phytoplankton as Assessment of Water Quality:

Water Resource Case Studies of Kasetsart University, Chatuchak District, Bangkok

ณัฐพงษ์ เอียดเต็ม¹, สิริภพ อบแพทย², พงศธร แสงชูติ³, มธรา อ่างแก้ว¹ และชุตติ อากาศะชาติ¹Natthapong Iadtem¹, Siraphob Obpat², Phongthon Saengchut³, Matura Angkaew¹ and Chuti Rakasachai¹

Received date: 19 พ.ค. 66 Revised date: 18 ส.ค. 66 Accepted date: 20 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.002>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพแหล่งน้ำจากการเก็บตัวอย่างจำนวน 6 สถานี (S1-S6) ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 34 สกุล ได้แก่ ดิวิชัน Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Chromophyta และ Pyrrhophyta แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบ ได้แก่ Euglena, Phacus และ Tetraedron โดยการวิเคราะห์หาค่าคะแนนสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำด้วย AARL-PP Score โดยใช้แพลงก์ตอนสกุลเด่น 3 สกุล ผลการประเมินพบว่า จุดเก็บตัวอย่าง S1-S4 คุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และจุดเก็บตัวอย่าง S5-S6 คุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดีค่อนข้างสกปรก สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับคุณภาพน้ำโดยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบแพลงก์ตอนพืช ดิวิชันเด่นที่สุดคือ ดิวิชัน Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) ซึ่งพบสกุลเด่น คือ Merismopedia มีความสัมพันธ์กับค่าความโปร่งแสง ค่าความเค็ม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณฟอสเฟตละลายน้ำ และสกุล Oscillatoria มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ความโปร่งแสง ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ซึ่งความสัมพันธ์บ่งชี้ถึงความเหมาะสมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชได้รวดเร็วจากคุณภาพน้ำที่ลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินสามารถจัดคุณภาพน้ำอยู่ในประเภทที่ 3

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช การประเมิน คุณภาพน้ำ วิธี AARL-PP Score

Abstract

The use of dominant phytoplankton as a water quality indicator was studied. Samples from 6 stations (S1-S6) were collected. From the study, 6 divisions of 34 genera of phytoplankton, i.e. Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Chromophyta, and Pyrrhophyta were found, and the significant phytoplankton genera were Euglena, Phacus, and Tetraedron. By analysing water quality assessment in terms of scores by AARL-SPP Score using these three dominant genera, it was found that stations S1-S4 had a moderate level of water quality and stations S5-S6 had a moderate-polluted level of water quality. When the relationship between phytoplankton species and the water quality parameters were analysed by stepwise multiple regression analysis, the results showed that the prominent genus Merismopedia of Cyanophyta (Blue-green algae), correlated with transparency, salinity, chlorophyll a, and soluble phosphate while the genus Oscillatoria correlated with the total suspended solids, Chlorophyll a content, transparency, pH, temperature, and ammonium-nitrogen. The correlation indicates the high rate of phytoplankton growth was due to reduced water quality. According to water quality standards for surface water, the water quality was classified in Category 3.

Keywords: phytoplankton, assessment, water quality, AARL-PP score

¹ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

² ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร 10900

³ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

¹ Environmental Research and Academic Services Center, Faculty of Environment, Kasetsart University, Bangkok, 10900

² Department of Environment Technology and Management, Faculty of Environment, Kasetsart University, Bangkok, 10900

³ Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190

* Corresponding author: Phongthon.s@ubu.ac.th

คำนำ

แหล่งน้ำถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมากทั้งทางด้านอุปโภคบริโภค และการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ เหล่านั้น โดยการปนเปื้อนของน้ำเสียในแหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมลง การตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นอีกวิธีในการบ่งชี้ถึงความเป็นในการจัดการคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ (Vasistha, 2020) โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของทางกรมควบคุมมลพิษ นอกจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเพื่อเป็นการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำแล้วนั้น ยังมีการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพในแหล่งน้ำได้อีกด้วย

การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น (Dominant Phytoplankton) จะใช้คะแนนชนิดของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) นำไปเปรียบเทียบกับคะแนนระดับคุณภาพน้ำตามวิธีของ Applied Algal Research Laboratory-Phytoplankton Score (AARL-PP Score) (Peerapornpisal et al., 2007) เพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำในระดับต่างๆ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชถือได้ว่าเป็นพืชที่มีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำ พบได้ทั่วทุกที่ในประเทศไทย มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจและยังเป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เพราะเป็นรากฐานของห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Burford & Rothlisberg, 1999) โดยแพลงก์ตอนพืชยังสามารถจำแนกได้หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็มีการดำรงชีวิต การสืบพันธุ์ และถิ่นที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน (Reynolds, 1984) มีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้น จึงสามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในปริมาณน้อยๆ (Thomas et al., 2017) ซึ่งไม่สามารถตรวจวัดทางเคมีได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อบ่งชี้ถึงคุณภาพของระบบนิเวศ หรือสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนมลพิษได้ (Sittikanjanakul & Wanpensakul, 2017) โดยแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเป็นแหล่งน้ำนิ่งที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ที่ได้รับน้ำเสียมาจากสถานที่ต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย เช่น บริเวณหอพักนิสิต อาคารเรียน อาคารสำนักงาน เป็นต้น โดยลักษณะแหล่งน้ำมีความชุ่มและส่งกลิ่นเหม็น จึงทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำทางกายภาพและเคมีประกอบกับความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำจากแพลงก์ตอนพืช และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการแหล่งน้ำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยบริเวณหอพักนิสิตและอาคารสำนักงานทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 บริเวณหอพักชาย 12 (S1) จุดที่ 2 บริเวณหอพักชาย 13 (S2) จุดที่ 3 บริเวณสำนักพิพิธภัณฑสถานและวัฒนธรรมการเกษตร (S3) จุดที่ 4 สวน 60 ปี (S4) จุดที่ 5 บริเวณสวน 100 ปี (S5) และจุดที่ 6 บริเวณประตูพหลโยธิน (S6) ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2566 ดังแสดงใน Figure 1



Figure 1 Sampling Sites.

(Adapted from ArcMap Version 10.3)

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ศึกษาคุณภาพน้ำทำการเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดที่กำหนด และทำการวิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเค็ม (Salinity) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Multi-Parameter Analyzer ยี่ห้อ YSI รุ่น ProQuatro ค่าความขุ่นวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความขุ่น ยี่ห้อ WTW รุ่น Turb 430 IR และความโปร่งแสงของน้ำวิเคราะห์ด้วย Secchi Disc ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี และชีวภาพ จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำแล้วนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณ TSS ด้วยวิธี Gravimetric Method การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์เอด้วยวิธี Spectrophotometric Method ปริมาณ Ammonium-Nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) ด้วยวิธี Phenol-Hypochlorite Method และปริมาณ Soluble Reactive Phosphorus (SRP) ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method โดยวิธีของ Strickland & Parsons (1972)

การศึกษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

สุ่มเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ด้วยการตักน้ำที่ผิวน้ำปริมาตร 20 ลิตร กรองผ่านตาข่ายแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton Net) ขนาดความถี่ (Mesh Size) 22 μm จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่กรองจากปลายกระบอกของถุงกรองปริมาตร 10 ml ใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่าง และเก็บรักษาสภาพด้วย Formalin 10% แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยแพลงก์ตอนพืชใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgwick-Rafter Counting Chamber) ขนาดความจุ 1 ml จากนั้นทำการจำแนกแพลงก์ตอนพืชถึงสกุล (Genus) ตามวิธีของ Wongrat (1999) คำนวณความหนาแน่น (Density) ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด (Richness Index; H) และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index; J) (Wongrat & Boonyapiwat, 2003)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพน้ำ ค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำ ซึ่งจะใช้คะแนนชนิดของแพลงก์ตอนพืชนำไปเปรียบเทียบกับคะแนนระดับคุณภาพน้ำตามวิธีของ Applied Algal Research Laboratory-Phytoplankton Score (AARL-PP Score) การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยใช้คะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL-PP Score เป็นอีกวิธีที่สามารถประเมินคุณภาพน้ำได้ โดยประกอบไปด้วยคะแนนจาก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชจากสกุลเด่นที่ปรากฏในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพแตกต่างกัน โดยให้คะแนน 1-10 ซึ่งค่าคะแนนน้อยจะบ่งชี้ถึงสภาพคุณภาพน้ำที่ดี ส่วนค่าคะแนนมากจะบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่ไม่ดี ดังแสดงใน Table 1 โดยเลือกแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น จำนวน 3 สกุล แล้วนำคะแนนมารวมกันเทียบกับตารางมาตรฐาน หาค่าเฉลี่ยและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางคะแนนคุณภาพน้ำในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการสร้างคะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำโดยอ้างอิงจากระดับสารอาหาร (Water Quality by Trophic Level) (Peerapornpisal et. al., 2007; Peerapornpisal, 2015) ดังแสดงใน table 2 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yimyon (2018) ได้ทำการศึกษาดัชนีชีวภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพของระบบนิเวศน้ำจืด พบว่าการประเมินคุณภาพน้ำด้วยแพลงก์ตอนพืชจากสกุลเด่น สามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจติดตามคุณภาพของแหล่งน้ำได้ เช่น แพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Chlorophyta เช่น *Cosmarium* sp., *Micrasterias* sp. และ *Staurastrum* sp. และแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Chrysophyta เช่น *Cyclotella* sp., *Cymbella* sp. และ *Eunotia* sp. สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่ดี ในขณะที่แพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta เช่น *Cylindrospermopsis* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่ไม่ดี โดยการใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น สามารถประเมินคุณภาพน้ำได้โดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยเครื่องมือหรือสารเคมีและยังให้ค่าความถูกต้องมากกว่า 95%

เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี ด้วยการใช้คะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL-PP Score จากนั้นใช้วิธีทางสถิติสำหรับบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple Regression Enter Method) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-values} \leq 0.050$) ทั้งนี้พิจารณาค่า Standardized Coefficients (β) ในการบ่งชี้อิทธิพลของความสัมพันธ์

Table 1 Dominant Phytoplankton Genus Scores. (Peerapormpissal et. al., 2007; Peerapormpissal, 2015)

Genus	Score	Genus	Score	Genus	Score	Genus	Score
<i>Actinastrum</i>	5	<i>Crucigenia</i>	7	<i>Gymnodinium</i>	6	<i>Phacus</i>	8
<i>Acanthoceras</i>	5	<i>Crucigeniella</i>	7	<i>Gyrosigma</i>	7	<i>Phormidium</i>	9
<i>Amphora</i>	6	<i>Cryptomonas</i>	8	<i>Isthmochloron</i>	5	<i>Pinnularia</i>	5
<i>Anabaena</i>	8	<i>Cyclotella</i>	2	<i>Kirchneriella</i>	5	<i>Planktolyngbya</i>	7
<i>Ankistrodesmus</i>	7	<i>Cylindrospermopsis</i>	7	<i>Melosiera</i>	5	<i>Pseudanabaena</i>	7
<i>Aphanocapsa</i>	5	<i>Cymbella</i>	5	<i>Merismopedia</i>	9	<i>Rhizosolenia</i>	6
<i>Aphanothece</i>	5	<i>Dictyosphaerium</i>	7	<i>Micractinium</i>	7	<i>Rhodomonas</i>	8
<i>Aulacoseira</i>	6	<i>Dimorphococcus</i>	7	<i>Micrasterias</i>	2	<i>Rhopalodia</i>	5
<i>Bacillaria</i>	7	<i>Dinobryon</i>	1	<i>Microcystis</i>	8	<i>Scenedesmus</i>	8
<i>Botryococcus</i>	4	<i>Encyonema</i>	6	<i>Monoraphidium</i>	7	<i>Staurastrum</i>	3
<i>Centritractus</i>	4	<i>Epithemia</i>	6	<i>Navicula</i>	5	<i>Staurodesmus</i>	3
<i>Ceratium</i>	4	<i>Euastrum</i>	3	<i>Nephrocystium</i>	5	<i>Stauroneis</i>	5
<i>Chlamydomonas</i>	6	<i>Eudorina</i>	10	<i>Nitzschia</i>	9	<i>Strombomonas</i>	8
<i>Chlorella</i>	6	<i>Euglena</i>	2	<i>Oocystis</i>	6	<i>Surirella</i>	6
<i>Chroococcus</i>	6	<i>Eunotia</i>	5	<i>Oscillatoria</i>	9	<i>Surirella</i>	6
<i>Closterium</i>	6	<i>Fragilaria</i>	5	<i>Pandorina</i>	6	<i>Synura</i>	8
<i>Cocconeis</i>	6	<i>Golenkinia</i>	6	<i>Pediastrum</i>	7	<i>Tetraedron</i>	6
<i>Coelastrum</i>	7	<i>Gomphonema</i>	6	<i>Peridiniopsis</i>	6	<i>Trachelomonas</i>	8
<i>Cosmarium</i>	2	<i>Gonium</i>	6	<i>Peridinium</i>	6	<i>Volvox</i>	6

Table 2 Water Quality Scores Followed Trophic Level and General Water Quality. (Peerapormpissal et. al., 2007)

Score	Water Quality by Trophic Level	General Water Quality
1.0-2.0	Oligotrophic Status	Clean
2.1-3.5	Oligo-Mesotrophic Status	Clean-Moderate
3.6-5.5	Mesotrophic Status	Moderate
5.6-7.5	Meso-Eutrophic Status	Moderate-Polluted
7.6-9.0	Eutrophic Status	Polluted
9.1-10.0	Hypereutrophic Status	Very Polluted

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพดังแสดงใน Table 3 พบว่า อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.51 ± 1.41 °C ค่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 ± 0.34 จัดได้ว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ความโปร่งแสงของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.83 ± 8.95 cm ค่าความเค็มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ± 1.07 PSU ค่าความขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.87 ± 14.32 NTU ค่า EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 666.67 ± 244.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ปริมาณ TSS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 429.29 ± 156.08 mg/l ปริมาณ TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.19 ± 13.68 mg/l ค่า DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.46 ± 3.20 mg/l ปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 ± 3.18 mg/l โดยปกติปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ จะอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติปริมาณน้อยกว่า 1.00 mg/l โดยแหล่งน้ำจะได้สารประกอบไนโตรเจนจากกิจกรรมการเกษตร น้ำทิ้งจากชุมชน และน้ำฝน ปกติในแหล่งน้ำจะมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ในรูปไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียก่อนแล้วจึงนำไปสร้างโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลล์ (Gajaseneni, 2001) นอกจากนี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติยังพบไดอะตอมบางชนิด เช่น *Melosira varians*, *Synedra ulna* และ *Navicula viridula* สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีไนเตรทสูง 2.0-3.0 mg/l และพวก *Navicula cryptocephala* และ *Nitzschia palea* เจริญได้ดีในน้ำเสียที่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคาร์บอนสูง (Patrick, 1977) และปริมาณ SRP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 ± 0.70 mg/l โดยปกติ SRP ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าระหว่าง 0.01-0.1 mg/l (Mahidol university, 2013) ฟอสเฟตในแหล่งน้ำเกิดจากน้ำทิ้งจากการใช้สารซักล้างหรือสารทำความสะอาดต่างๆ

เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน และการใช้สารฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ย อาจทำให้เกิดมีการตกค้าง และการชะล้างปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ หากมีปริมาณมากจะทำให้แหล่งน้ำต่างๆ เกิดแพลงก์ตอนพืชได้ง่ายและเพิ่มจำนวนได้มากยิ่งขึ้น และปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $36.83 \pm 32.75 \mu\text{g/l}$ ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากลักษณะแหล่งน้ำโดยรอบเป็นบ่อดิน แหล่งน้ำมีสภาพค่อนข้างนิ่ง มีแสงส่องผ่านถึงผิวน้ำบางส่วน มีต้นไม้อยู่บริเวณรอบๆ แหล่งน้ำ เพื่อเป็นร่มเงาให้กับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จึงพบสัตว์น้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ชนิดอื่นๆ อาศัยร่วมอยู่ด้วย และยังมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และธาตุอาหารจากกิจกรรมต่างๆ จากหอพักนิสิต อาคารสำนักงาน ส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน แหล่งน้ำมีจำนวนมาก อาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชที่ได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตหรือเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)” ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ก่อให้เกิดสภาพน้ำเสื่อมโทรมได้ ทั้งนี้การละลายน้ำของออกซิเจนนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงออกซิเจนจะสามารถละลายได้มากขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนจะละลายได้น้อยลง (Rattanaphani, 1990) แต่หากมีการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชมากจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำสูงขึ้นด้วย (Champhol, 1996)

Table 3 Physical, Chemical and Biological Water Quality in Sampling Sites

Parameter	Sampling Sites						Average $\pm$ SD
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Water Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	24.90	23.70	26.60	25.18	25.00	27.70	25.51 $\pm$ 1.41
pH	7.47	7.34	7.92	7.56	7.78	6.95	7.50 $\pm$ 0.34
Transparency (cm)	20.00	10.00	20.00	5.00	22.00	30.00	17.83 $\pm$ 8.95
Salinity (PSU)	3.00	1.00	0.37	0.46	0.40	0.13	0.89 $\pm$ 1.07
Turbidity (NTU)	0.15	0.79	20.00	33.47	22.83	30.00	17.87 $\pm$ 14.32
EC ($\mu\text{S/cm}$)	645.00	511.00	780.00	964.03	820.00	280.00	666.67 $\pm$ 244.54
DO (mg/l)	1.05	0.35	5.53	8.68	3.68	1.44	3.46 $\pm$ 3.20
TSS (mg/l)	420.10	340.80	496.50	617.33	526.00	175.00	429.29 $\pm$ 156.08
TDS (mg/l)	0.0067	0.0080	34.00	0.0180	3.07	0.02	6.19 $\pm$ 13.68
Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	67.28	7.70	85.79	15.11	35.00	10.08	36.83 $\pm$ 32.75
NH ₄ -N (mg/l)	1.23	1.74	2.17	1.50	8.92	0.01	2.60 $\pm$ 3.18
SRP (mg/l)	0.23	0.53	0.05	0.11	1.84	0.02	0.46 $\pm$ 0.70

ผลการศึกษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

การศึกษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยรวมทั้งหมด 14,373.50 หน่วย/ลิตร ปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวมทั้งหมดที่พบมากที่สุด ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่าง S2 มีค่าเท่ากับ 32,293.00 หน่วย/ลิตร รองลงมาคือ S1 และ S3 มีค่าเท่ากับ 21,869.00 และ 19,565.00 หน่วย/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H) ของแพลงก์ตอนพืช พบว่า ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในจุดเก็บตัวอย่าง S1 ถึงจุด S6 มีค่า 1.44, 1.30, 0.76, 1.42, 1.45 และ 2.60 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจุดเก็บตัวอย่าง S6 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด รองลงมาคือจุด S3 และจุด S5 ตามลำดับ เนื่องจากบริเวณพื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง S6 พบจำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 17 ชนิด ซึ่งลักษณะแหล่งน้ำโดยรอบเป็นบ่อดิน มีแสงส่องผ่านถึงผิวน้ำบางส่วน มีต้นไม้อยู่บริเวณรอบๆ แหล่งน้ำ เพื่อเป็นร่มเงาให้กับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จึงพบสัตว์น้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ชนิดอื่นๆ อาศัยร่วมอยู่ด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความขุ่นในจุดเก็บตัวอย่าง S6 ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งในแหล่งน้ำมีดินตะกอนขนาดเล็ก สารอินทรีย์ ปลายขนาดเล็กหรือแพลงก์ตอนเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ค่าความขุ่นของน้ำค่อนข้างสูง ค่าดัชนีความสม่ำเสมอหรือความเท่าเทียมของแพลงก์ตอนพืช (J) ในจุดเก็บตัวอย่าง S1 ถึงจุด S6 มีค่า 0.41, 0.37, 0.50, 0.40, 0.41 และ 0.74 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 จะเห็นได้ว่าจุดเก็บตัวอย่าง S6 มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอมากที่สุด รองลงมาคือจุด S3 และจุด S5 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความสม่ำเสมอของจุด S6 แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของจำนวนตัวหรือปริมาณที่เท่ากันของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดในแหล่งน้ำสูงกว่าในจุดอื่นๆ ซึ่งจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 1 (Smith & Wilson 1996)

ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่พบแบ่งออกเป็น 6 ดิวิชัน 34 สกุล ได้แก่ ดิวิชัน Euglenophyta (62.07%), Chlorophyta (18.29%), Bacillariophyta (9.50%), Chromophyta (3.49%) และ Pyrrhophyta (0.86%) แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบ ได้แก่

Euglena, *Phacus* และ *Tetraedron* โดยแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้เป็นชนิดที่เจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์ และจะสะสมจนถึงปัจจัยคุณภาพน้ำและปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Peerapornpisal et al., 2007) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kaewrungfah et al. (2020) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยทับช้าง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 ชนิด (39 สกุล) ได้แก่ Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta และ Pyrrophyta สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sakset & Chankaew (2013) ทำการศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำในพื้นที่ประมงน้ำจืดของกลุ่มแม่น้ำปากพนัง พบว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Trachelomonas* sp., *Peridinium* sp. และ *Protoperidinium* sp.

Table 4 Diversity Index of Phytoplankton in Sampling Sites

Division	Genus	Density of Phytoplankton (unit/l)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Cyanophyta	<i>Closterium</i>	0	0	0	257	0	0
	<i>Golenkinia</i>	0	0	0	0	278	0
	<i>Merismopedia</i>	285	0	0	0	0	0
	<i>Microcystis</i>	0	0	0	0	0	137
	<i>Oscillatoria</i>	143	887	2,824	0	0	273
	<i>Raphidiopsis</i>	0	0	0	0	208	0
	<i>Spirulina</i>	0	0	0	0	0	205
Chlorophyta	<i>Actrinastum</i>	0	148	0	0	0	0
	<i>Carteria</i>	0	0	0	0	0	547
	<i>Chlorella</i>	460	74	3,376	0	0	0
	<i>Closterium</i>	0	222	276	0	0	0
	<i>Cosmarium</i>	0	0	0	0	0	137
	<i>Euastrum</i>	0	0	0	0	0	137
	<i>Netrium</i>	0	0	0	0	0	137
	<i>Pediastrum</i>	143	887	0	53	0	0
	<i>Pleurotaenium</i>	0	0	0	0	0	205
	<i>Scenedesmus</i>	427	296	689	43	0	0
	<i>Tetraedron</i>	3,129	2,586	551	0	0	0
	<i>Tetraspora.</i>	0	0	0	0	0	68
	<i>Volvox</i>	0	0	0	33	0	0
Chromophyta	<i>Nitzschia</i>	0	0	0	0	556	0
Euglenophyta	<i>Anisonema</i>	0	0	0	0	69	0
	<i>Euglena</i>	5,263	20,098	5,993	460	1,528	137
	<i>Lepocinclis</i>	0	0	0	493	1,875	0
	<i>Petalomonas</i>	0	0	0	0	0	68
	<i>Phacus</i>	10,952	4,508	4,409	1,225	2,083	68
	<i>Strombomonas</i>	0	0	0	0	139	0
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i>	0	0	0	0	0	205
	<i>Diatoms</i>	1,067	2,587	1,447	0	0	0
	<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	137
	<i>Stauroneis</i>	0	0	0	0	0	411
	<i>Synedra</i>	0	0	0	0	0	205
Pyrrophyta	<i>Peridinium</i>	0	0	0	0	0	137
Total		21,869	32,293	19,565	2,564	6,736	3,214
Richness index (H)		1.44	1.30	0.76	1.42	1.45	2.60
Evenness index (J)		0.41	0.37	0.50	0.40	0.41	0.74

ผลการประเมินคุณภาพน้ำด้วย Applied Algal Research Laboratory-Phytoplankton Score (AARL-PP Score)

การวิเคราะห์หาค่าคะแนนสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำด้วย AARL-PP Score โดยใช้แฟลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล ผลการประเมินพบว่า จุดเก็บตัวอย่าง S1-S4 ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.3 ระดับสารอาหารปานกลาง (Mesotrophic Status) แสดงถึงคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) และจุดเก็บตัวอย่าง S5-S6 ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.6 สารอาหารปานกลางถึงสูง (Meso-Eutrophic Status) แสดงถึงคุณภาพน้ำระดับปานกลางถึงไม่ดี ค่อนข้างสกปรก (Moderate-Polluted) ดังแสดงใน Table 5 โดยชนิดแฟลงก์ตอนพืชเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง คือ ดิวิชัน Euglenophyta (*Phacus* และ *Euglena*) เป็นชนิดที่เจริญเติบโตได้ดีและทนทานในแหล่งน้ำที่สารอินทรีย์และธาตุอาหารสูง จึงทำให้พบกลุ่มนี้ปริมาณมากกว่ากลุ่มอื่น (Weeraphong et al. (2023)

บริเวณพื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง S5 มีลักษณะพื้นที่เป็นหอพักนิสิต อาคารสำนักงาน และมีท่อน้ำทิ้งจากอาคารบริเวณโดยรอบจึงทำให้คุณภาพน้ำค่อนข้างสกปรกและไม่มีการไหลเวียนของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำค่อนข้างนิ่ง รวมถึงแสงที่ส่องลงมายังแหล่งน้ำน้อย จึงทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำน้อยด้วย เศษใบไม้ร่วงหล่นมาบริเวณผิวน้ำน้ำจึงทำให้แสงส่องลงมาไม่ถึง และมีการปนเปื้อนจากการทำกิจกรรมต่างๆ จากภายในมหาวิทยาลัยและการชะล้างสารอาหารต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำจากการรดน้ำต้นไม้ หรือน้ำทิ้ง จึงทำให้มีกลิ่นเหม็น ส่วนในจุด S6 บริเวณสวนสาธารณะ มีพื้นน้ำที่มีตะกอนดินค่อนข้างสูง มีใบบัวขนาดใหญ่ขึ้นหนาแน่นจึงทำให้ปิดกั้นแสงที่จะส่องลงมายังแหล่งน้ำ จึงทำให้แหล่งน้ำมีออกซิเจนค่อนข้างน้อย และทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิด รวมถึงแฟลงก์ตอนพืชบางชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ หรือมีจำนวนที่น้อยลงกว่าบางชนิดที่ทนทานอยู่ได้ในคุณภาพน้ำที่ปานกลางถึงไม่ดี สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kaewrungfah et al. (2020) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแฟลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยทับช้าง พบว่าสถานที่ 1 และ สถานที่ 2 มีคุณภาพอยู่ในระดับช่วงน้ำเสีย และสถานที่ 3 มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับช่วงน้ำปานกลางค่อนข้างเสีย การจัดระดับคุณภาพน้ำโดยใช้แฟลงก์ตอนพืชตามวิธี AARL-PP Score พบว่าสถานที่ 1 มีคุณภาพน้ำไม่ดี สถานที่ 2 มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี และสถานที่ 3 มีคุณภาพน้ำปานกลาง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sitthikanjanakul & Wanpensakul (2017) ได้ใช้แฟลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชี้คุณภาพในอ่างนฤปดินทรจินดา พบว่าการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แฟลงก์ตอนสามารถจัดระดับคุณภาพน้ำได้ในระดับปานกลาง โดยพบแฟลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ชนิด *Staurastrum* sp. สามารถบ่งบอกถึงระดับชั้นน้ำที่มีระดับสารอาหารน้อยถึงปานกลาง ชนิด *Staurodesmus* sp. บ่งบอกถึงระดับชั้นน้ำที่มีระดับสารอาหารน้อย และชนิด *Fragilaria* sp. บ่งบอกถึงระดับชั้นน้ำที่มีระดับสารอาหารปานกลาง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sunpapao et al. (2017) ทำการศึกษาความหลากหลายชนิดของแฟลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำแม่ถาง พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าตามดัชนีมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน สามารถสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำภายในอ่างเก็บน้ำแม่ถางมีปริมาณสารอาหารปานกลางถึงสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 2 ของแหล่งน้ำผิวดิน โดยพบแฟลงก์ตอนพืชสกุลเด่น คือ *Pseudanabaena* sp., *Cylindrospermopsis* sp. และ *Oscillatoria* sp.

Table 5 Water Quality Assessment Using Dominant Genus of Phytoplankton

Sampling Sites	Dominant Genus of Phytoplankton	Average Score	Trophic Level	Water Quality
S1	<i>Euglena</i> (2) <i>Phacus</i> (8) <i>Tetraedron</i> (6)	5.3	Mesotrophic	Moderate
S2	<i>Euglena</i> (2) <i>Phacus</i> (8) <i>Tetraedron</i> (6)	5.3	Mesotrophic	Moderate
S3	<i>Chlorella</i> (6) <i>Euglena</i> (2) <i>Phacus</i> (8)	5.3	Mesotrophic	Moderate
S4	<i>Closterium</i> (6) <i>Euglena</i> (2) <i>Phacus</i> (8)	5.3	Mesotrophic	Moderate
S5	<i>Golenkinia</i> (6) <i>Euglena</i> (6) <i>Phacus</i> (8)	6.6	Meso-Eutrophic	Moderate-Polluted
S6	<i>Aulacoseira</i> (6) <i>Oscillatoria</i> (9) <i>Stauroneis</i> (5)	6.6	Meso-Eutrophic	Moderate-Polluted

ผลการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำบางประการ และแฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างแฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple Regression Enter Method) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.050$) โดยพิจารณาค่า Standardized Coefficients (β) ในการบ่งชี้อิทธิพลของความสัมพันธ์ พบแฟลงก์ตอนพืชดิวิชันเด่นที่สุดคือ ดิวิชัน Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) ซึ่งพบสกุลเด่นคือ *Merismopedia* มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเค็ม ($\beta = 0.970$) มากที่สุด รองลงมาคือ ค่าความโปร่งแสง ($\beta = 0.649$) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ($\beta = 0.606$) และปริมาณ SRP ($\beta = 0.072$)

ตามลำดับ และสกุล *Oscillatoria* มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ TSS ($\beta = 0.965$) มากที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณ คลอโรฟิลล์เอ ($\beta = 0.838$) ความโปร่งแสง ($\beta = 0.651$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ($\beta = 0.408$) อุณหภูมิ ($\beta = 0.390$) และปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\beta = 0.082$) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงใน Table 6 สอดคล้องกับผล การศึกษาของ Horaban (1998) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำบางปะกงพบแพลงก์ตอนพืชดิ วิชัน Cyanophyta สกุล *Oscillatoria* sp. ปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความโปร่งแสง ปริมาณสารแขวนลอย ค่าความเค็ม และปริมาณไนเตรท นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Fried et al. (2003) ที่ศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณฟอสเฟตมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับแพลงก์ตอนพืช ซึ่งส่งผลทำให้ คุณภาพน้ำลดลง อาจส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เนื่องจากปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลให้ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

Table 6 Relationship Between Dominant Genus of Phytoplankton and Water Quality

Genus	Parameter	Pearson Correlation (R)	p-value*	Beta (β)
<i>Merismopedia</i> ^a	pH	-0.048 ^a 0.466 ^b	0.929 ^a 0.352 ^b	-0.129 ^a 0.408 ^b
<i>Oscillatoria</i> ^b	Water Temperature	-0.212 ^a 0.254 ^b	0.686 ^a 0.627 ^b	-0.102 ^a 0.390 ^b
	Transparency	0.119 ^a 0.057 ^b	0.823 ^a 0.915 ^b	0.649 ^a 0.651 ^b
	Salinity	0.963 ^a -0.220 ^b	0.002 ^a 0.676 ^b	0.970 ^a -0.033 ^b
	Turbidity	-0.606 ^a -0.107 ^b	0.202 ^a 0.841 ^b	-0.930 ^a -0.365 ^b
	EC	-0.043 ^a 0.055 ^b	0.935 ^a 0.918 ^b	-0.517 ^a -0.292 ^b
	DO	-0.368 ^a 0.126 ^b	0.472 ^a 0.812 ^b	-0.954 ^a -0.383 ^b
	TSS	-0.029 ^a 0.047 ^b	0.957 ^a 0.929 ^b	-0.500 ^a -0.301 ^b
	TDS	-0.221 ^a 0.939 ^b	0.673 ^a 0.005 ^b	-0.052 ^a 0.965 ^b
	Chlorophyll <i>a</i>	0.456 ^a 0.609 ^b	0.364 ^a 0.199 ^b	0.606 ^a 0.838 ^b
	$\text{NH}_4\text{-N}$	-0.210 ^a -0.164 ^b	0.690 ^a 0.757 ^b	-0.039 ^a 0.082 ^b
	SRP	-0.163 ^a -0.329 ^b	0.757 ^a 0.524 ^b	0.072 ^a -0.033 ^b

^a *Merismopedia*

^b *Oscillatoria*

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 34 สกุล ได้แก่ ดิวิชัน Euglenophyta (62.07%), Chlorophyta (18.29%), Bacillariophyta (9.50%), Chromophyta (3.49%) และ Pyrrophyta (0.86%) แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบ ได้แก่ *Euglena*, *Phacus* และ *Tetradion* สำหรับการวิเคราะห์หาค่าคะแนนสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำด้วย AARL-PP Score โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล ผลการประเมินพบว่า สถานีที่ S1-S4 ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.3 คุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ใน ระดับปานกลาง และสถานี S5-S6 ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.6 ระดับปานกลางถึงไม่ดี ค่อนข้างสกปรก เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำ ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินสามารถจัดคุณภาพน้ำอยู่ในประเภทที่ 3 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบาง ประเภท และสามารถใช้อุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และยังสามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้อีกด้วย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple Regression Enter Method) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} \leq 0.050$) โดยพิจารณาค่า Standardized Coefficients (β) ในการบ่งชี้อิทธิพลของความสัมพันธ์พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชันเด่นที่สุดคือ ดิวิชัน Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) ซึ่งพบสกุลเด่น คือ *Merismopedia* มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความโปร่งแสงมากที่สุด รองลงมาคือ ค่าความเค็ม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณ SRP ตามลำดับ และสกุล *Oscillatoria* มีค่าความสัมพันธ์เชิง บวกกับปริมาณ TSS มากที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ความโปร่งแสง ค่า pH อุณหภูมิ และปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ ตามลำดับ ทั้งนี้การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพอย่าง

ต่อเนื่อง เพื่อความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสามารถประยุกต์ใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อการบริหารจัดการคุณภาพน้ำที่ยั่งยืนของมหาวิทยาลัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคล หรือกลุ่มบุคคลต่างๆ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ โดยเฉพาะนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิง

- Burford, M. A., & Rothlisberg, P. C. (1999). Factors Limiting Phytoplankton Production in a Tropical Continental Shelf Ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48(5), 541-549.
- Cha-umphol, P. (1996). *Relation Between Phytoplankton and Some Nutrients in Huay Tung Tao Reservoir*. Master's Thesis. Chiang Mai University. (in Thai).
- Fried, S., Mackie, B., & Nothwehr E. (2003). Nitrate and Phosphate Levels Positively Affect the Growth of Algae Species Found in Perry Pond. *Grinnell College*, 4, 21-24.
- Gajasen, N. (2001). *Manual of Freshwater Ecology Laboratory*. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Horaban, T. (1998). *Relationships Between Water Quality and Phytoplankton in the Bangpakong River*. Kasetsart University. (in Thai).
- Kaewrungsah, W., Sangmala, S., & Wongpanya, I. (2020). *The Water Quality and Diversity of Phytoplankton in Huai Thap Chang, Reservoir University of Phayao*. Bachelor's Degree. University of Phayao. (in Thai).
- Mahidol University. (2013). *Phosphate Field Test Kit*. Retrieved from: <http://www.sc.mahidol.ac.th/tha/research/webtestkit/phosphate.htm>. (in Thai).
- Patrick, R. (1977). Ecology of Freshwater Diatoms-Diatoms Communities. *The Biology of Diatom*, 284-332. (in Thai).
- Peerapornpisal, Y. (2015). *Freshwater Algae in Thailand*. Chotana Print. (in Thai).
- Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A., & Kunpradit, T. (2007). Assessment of Water Quality in Standing Water by Using Dominant Phytoplankton (AARL- PP Score). *Journal of Fisheries Technology Research*, 1(1), 71-81. (in Thai).
- Rattanaphani, W., Liawruangrath, S., & Rattanaphani, S. (1990). *Water Quality Research and Analysis from Mae Ping Water Resources*. Chiang Mai University. (in Thai).
- Reynolds, C. S. (1984). *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Sakset, A., & Chankaew, W. (2013). Phytoplankton as a Bio-Indicator of Water Quality in the Freshwater Fishing Area of Pak Phanang River Basin (Southern Thailand). *Chiang Mai Journal Science*, 40(3), 344-355. (in Thai).
- Sittikanjanakul, S., & Wanpensakul, J. (2017). *Using Dominant Phytoplankton as a Bioindicator of Water Quality in Naruebodindrachinta Reservoir, Prachinburi Province*. Bureau of Research and Development, Royal Irrigation Department. (in Thai).
- Smith, B., & Wilson, J. B. (1996). A Consumer's Guide to Evenness Indices. *Oikos*, 76, 70-82.
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada.
- Sunpapao, P., Ponza, S., Pongpadung, P., & Tawong, W. (2017). Species Diversity of Phytoplankton and Relationship with Water Quality in Mae Thang Reservoir, Phrae Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 45(4), 663-674. (in Thai).
- Vasistha, P., & Ganguly, R. (2020). Water Quality Assessment of Natural Lakes and Its Importance: An Overview. *Materials Today: Proceedings*, 32(4), 544-552.
- Thomas, M. K., Aranguren-Gassis, M., Kremer, C. T., Gould, M. R., Anderson, K., Klausmeier, C. A., & Litchman, E. (2017). Temperature-Nutrient Interactions Exacerbate Sensitivity to Warming in Phytoplankton. *Global Change Biology*, 23(8), 3269-3280.
- Weeraphong, M., Ramasoot, S., & Jaihowweerapong, D. (2023). Algae Diversity as Water Quality Indicator in the Main Water Sources, Nakhon Si Thammarat. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 41(1), 70-80. (in Thai).
- Wongrat, L. (1999). *Phytoplankton*. Kasetsart University. (in Thai).
- Wongrat, L., & Boonyapiwat, S. (2003). *Manual of Sampling and Analytical Methods of Plankton*. Kasetsart University. (in Thai).
- Yimyon, S. (2018). Bioindicators for Indicating Quality of Freshwater Ecosystem. *KKU Science Journal*, 46(3), 408-417. (in Thai).

รูปแบบและปัญหาในระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล: ภาพสะท้อนจากชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล

Patterns and Problems of Para-rubber and Fruit Production System: Reflections from Thung Nui Community, Khuan Kalong District, Satun Province

บัญชา สมบูรณ์สุข¹ และปรีวิชญ์ พิทยาภินันท์^{2*}Buncha Somboonsuke¹ and Purawich Phittayaphinant^{2*}

Received date: 18 พ.ค. 64 Revised date: 13 พ.ค. 65 Accepted date: 21 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.003>

บทคัดย่อ

ยางพาราและไม้ผลเป็นพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนทุ่งนุ้ย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและปัญหาในระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลของเกษตรกรชาวสวนยางในชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิด้วยแบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม และการสนทนาตามธรรมชาติ กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรชาวสวนยางที่มีระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลจำนวน 256 ราย ซึ่งใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรชาวสวนยางมีประสบการณ์การทำสวนยางพาราและไม้ผลสูง ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลมี 4 รูปแบบ ไม้ผลที่ปลูกคือ เงาะ ลองกอง มังคุดทุเรียน และจำปาดะ การปลูกมี 2 รูปแบบ คือ 1) ปลูกไม้ผลในแปลงเดียวกันกับยางพารา และ 2) ปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพารา วัตถุประสงค์หลักของระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลคือ เพื่อเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือน ผลผลิตส่วนใหญ่จำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลาง ปัญหาที่สำคัญในการประกอบอาชีพ ได้แก่ ราคาผลผลิตตกต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง เงินทุนไม่เพียงพอสำหรับการลงทุน การปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง โรคพืชดินขาดความอุดมสมบูรณ์ แรงงานครัวเรือนมีอายุมาก/สูงอายุ กลุ่มไม่เข้มแข็ง หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรกำหนดแผนส่งเสริมระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล เพื่อลดความเสี่ยงจากราคายางพาราและไม้ผลที่ผันผวน

คำสำคัญ: เกษตรกรชาวสวนยาง พืชร่วมยาง ไม้ผล ระบบการผลิต

Abstract

Para-rubber and fruits are economically valuable crops of Thung Nui community. Therefore, the aim of this research was to study patterns and problems of para-rubber and fruit production system in Thung Nui community, Khuan Kalong district, Satun province. Data were collected using a structured interview, non-participant observations, and natural conversations from a total sample of 256 para-rubber farmers having the para-rubber and fruit production system, using the stratified sampling technique. Descriptive statistics and manifest content analysis were applied for data analysis. The results revealed that the para-rubber farmers had experiences in para-rubber and fruit cultivation. There were 4 patterns of the para-rubber and fruit production system. Fruits planted were rambutan, longkong, mangosteen, durian, and champedak. Two patterns of plantations were applied: 1) fruit trees cultivated in the same plot of para-rubber, and 2) fruit trees grown in a different section of para-rubber plantation. The para-rubber and fruit production system can be a source of income for farmers. After harvest, products are sold to the middlemen. However, problems involving low income included low prices of products, high cost of production, insufficient investment, malpractices, plant diseases, low soil fertility, late middle aged/elderly household labor, and susceptible group of farmers. Therefore, the government agencies should formulate extension plan for para-rubber and fruit production systems to reduce the risk associated with para-rubber and fruit price fluctuations.

Keywords: para-rubber farmer, para-rubber-based intercrop, fruit, production system

¹ สาขาวิชาวนวัฒนกรรมและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

² สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Division of Agricultural Innovation and Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

² Division of Agricultural Extension and Community Development, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding author: purawich.p@gmail.com

คำนำ

การทำสวนยางพาราเป็นอาชีพที่ให้ผลตอบแทนในระยะยาว โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่า 25 ปี (Phitthayaphinant et al., 2015) แต่เป็นที่ประจักษ์ชัดว่า หากราคายางพาราลดต่ำอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรชาวสวนยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายที่มีระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว จะได้รับผลกระทบเชิงลบจากรายได้ที่ลดลงเป็นอย่างมาก (Ratikhunuphakorn, 2019) และก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพชีวิตตามมา (Sriboonruang et al., 2019) ดังเห็นได้จากภาพข่าวที่มีกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางออกมาเรียกร้องให้รัฐบาลเร่งแก้ปัญหาราคายางพาราลดต่ำ ซึ่งนำเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ เช่น โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ อยู่บ่อยครั้ง ทั้งนี้ แม้หน่วยงานภาครัฐได้มีการควบคุมปริมาณการผลิตยางพาราผ่านโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการตัดโค่นต้นยางพาราที่มีอายุมาก เพื่อปลูกทดแทนหรือเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่น โครงการทวงคืนพื้นที่ป่าที่เป็นสวนยางพารา โครงการสนับสนุนสินเชื่อให้แก่เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเพื่อประกอบอาชีพเสริม (Tancharoen et al., 2018) รวมถึงการให้เงินช่วยเหลือและการสนับสนุนปัจจัยการผลิต แต่เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและในระยะสั้นเท่านั้น ตลอดจนไม่ได้แก้ปัญหาที่ต้นเหตุทำให้เกิดปัญหาเช่นเดิม เมื่อเงินโยกย้ายและโครงการสิ้นสุดลง (Katkrav & Lavankura, 2020) นอกจากนี้ นโยบายแทรกแซงราคายางพาราไม่มีผลต่อตลาดยางพาราไทย อาจกล่าวได้ว่า นโยบายดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพ และยังทำให้สวัสดิการสังคมลดลงอีกด้วย (Sertkaew & Socratyanurak, 2020)

งานวิจัยหลายเรื่อง เช่น Ratikhunuphakorn (2019) Wongpanit (2019) Khompramun & Sriboonruang (2020) ได้เสนอแนะแนวทางในการลดผลกระทบเชิงลบจากปัญหาราคายางพาราลดต่ำในระยะยาว โดยให้เกษตรกรชาวสวนยางเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสม เช่น การปลูกพืชร่วมยาง พืชแซมยาง เพื่อเพิ่มช่องทางในการสร้างรายได้และลดความเสี่ยงจากการพึ่งพารายได้จากการจำหน่ายยางพาราเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังทำให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเกษตรกรชาวสวนยางสามารถพึ่งตนเองได้ (Jun-iad et al., 2015) ขณะเดียวกันหน่วยงานภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการใช้ประโยชน์พื้นที่ว่างระหว่างแถวยางพาราสำหรับปลูกพืชร่วมยาง เพื่อเสริมรายได้และใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้บริโภค ใช้เป็นสมุนไพร ใช้เป็นไม้ใช้สอย เพื่ออนุรักษ์ดินและความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งไม่ผล (บางชนิด) ถือเป็นพืชร่วมยางที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตช่วงระยะเปิดกรีด (Chiarawipa., 2019) อย่างไรก็ตาม ราคายางพารายังคงมีการผันแปรตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ฤดูกาล ความต้องการของตลาด ซึ่งการดำเนินนโยบายแก้ปัญหาราคายางพาราลดต่ำของหน่วยงานภาครัฐเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และในระยะสั้นเช่นเดียวกับปัญหาราคายางพาราลดต่ำ โดยปัญหาในการดำเนินนโยบายมีสาเหตุมาจาก 1) การไม่มีแผนในระยะยาว 2) กฎระเบียบที่ซับซ้อน ทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการ และ 3) การไม่มีการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการทำงานร่วมกัน (Yamklin et al., 2019)

ทุ่งนุ้ยเป็นตำบลหนึ่งในอำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล มีจุดแข็งด้านเศรษฐกิจคือ นอกจากจะเป็นแหล่งผลิตยางพาราแล้วยังเป็นแหล่งผลิตไม้ผลคุณภาพดีอีกด้วย (Thung Nui Sub-district Administrative Organization, 2018) ซึ่งผลการสำรวจเบื้องต้นโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งนุ้ย เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล และเจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทยจังหวัดสตูล เกี่ยวกับบริบทพื้นที่ที่สรุปได้ว่า ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพการทำสวนยางพารา (2,230 ครัวเรือน) โดยในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เปิดกรีดยางพารา 22,510 ไร่ อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่ยังมีประสบการณ์การทำสวนยางพารามากกว่า 20 ปี และมากกว่าครึ่งทำสวนยางพาราร่วมกับการปลูกไม้ผล เพื่อเสริมรายได้ โดยเฉพาะในช่วงราคายางพาราลดต่ำ ทั้งนี้ ยางพาราและไม้ผลจัดเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ทั้งในระดับจังหวัดและอำเภอ (Satun Provincial Office, 2021) รวมถึงผลิตภัณฑ์จังหวัดประมาณร้อยละ 40.00 มาจากภาคการเกษตร (Office of the National Economic and Social Development Council, 2021)

จากข้อเท็จจริงดังที่กล่าวไปข้างต้น จึงมีประเด็นคำถามที่น่าสนใจว่า ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางในชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูลมีรูปแบบ และมีปัญหาอะไรบ้าง โดยกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ว่า เพื่อศึกษารูปแบบและปัญหาในระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางในชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้กำหนดนโยบายของหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ เช่น การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) สำนักงานเกษตร องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สำหรับนำไปใช้ประกอบการวางแผนหรือกำหนดนโยบายที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของชุมชนทุ่งนุ้ย รวมถึงประยุกต์กับพื้นที่อื่นที่มีบริบท/สภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกัน ตลอดจนหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งปฏิบัติงานร่วมกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานกับครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางตามบริบทที่เหมาะสม นอกจากนี้ นักวิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประกอบการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องได้

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางในชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอกวนกาหลง จังหวัดสตูล กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรชาวสวนยางที่มีระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 256 ราย (1 ครัวเรือนต่อตัวแทนเกษตรกรชาวสวนยาง 1 ราย) ใน 12 หมู่บ้าน ซึ่งกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1967) การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการแบบแบ่งชั้นตามจำนวนหมู่บ้าน และกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางในหมู่บ้านนั้น ซึ่งแต่ละหมู่บ้านใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณใช้แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และการทดลองใช้กับเกษตรกรชาวสวนยางที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 รายตามคำแนะนำของ Silpcharu (2012) ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละข้อคำถามมากกว่า 0.60 แสดงว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี (Ongiem & Vichitvejpaisal, 2018) สำหรับการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อนำมาอธิบายเสริมข้อมูลเชิงปริมาณ มีการตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม การสนทนาตามธรรมชาติ รวมถึงการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัยและด้านข้อมูล (ต่างบุคคล ต่างสถานที่ และต่างเวลา) เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ตลอดจนการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏร่วมด้วย และนำเสนอด้วยการพรรณนา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (235 ราย (ร้อยละ 91.80)) มีอายุอยู่ในวัยกลางคนและวัยแรงงาน เฉลี่ย 50.99 ปี จบการศึกษาเพียงภาคบังคับคือ ระดับประถมศึกษา (197 ราย (ร้อยละ 76.95)) มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.16 คน ลักษณะครอบครัวของเกษตรกรชาวสวนยางมากกว่าครึ่งเป็นครอบครัวเดี่ยว (182 ราย (ร้อยละ 71.09)) ประกอบด้วยรุ่นพ่อแม่และรุ่นลูก ยิ่งไปกว่านั้น บางครัวเรือนยังมีผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ทั้งนี้ ครอบครัวเดี่ยวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ศึกษา สืบเนื่องมาจากรายจ่ายครัวเรือนที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะครัวเรือนที่มีบุตรหลายคน อันเป็นผลมาราคาสินค้าอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันและค่าครองชีพมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น เพื่อลดภาระรับผิดชอบดังกล่าว รวมถึงเพื่อความสะดวกในการใช้ชีวิตคู่ บุตรที่แต่งงานหรือสมรสแล้วส่วนใหญ่จึงแยกออกไปสร้างครอบครัวใหม่

เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 289,776.90 บาทต่อปี หรือ 24,148.08 บาทต่อเดือน จำแนกเป็นรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 196,219.44 บาทต่อปี หรือประมาณร้อยละ 70.00 และรายได้จากนอกภาคการเกษตร เช่น ค่าขาย รับจ้าง เฉลี่ย 93,557.46 บาทต่อปี หรือประมาณร้อยละ 30.00 สำหรับค่าใช้จ่ายของครัวเรือนเฉลี่ย 189,058.92 บาทต่อปี หรือ 15,754.91 บาทต่อเดือน โดยมีค่าใช้จ่ายนอกภาคการเกษตร เช่น ค่าใช้จ่ายในการยังชีพ ค่าการศึกษาบุตร เฉลี่ย 97,714.57 บาทต่อปี ซึ่งสูงกว่าค่าใช้จ่ายในภาคการเกษตร เฉลี่ย 91,344.35 บาทต่อปี สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจของประชากรในจังหวัดสตูล ซึ่งมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ยมากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน และค่าใช้จ่ายของครัวเรือนเฉลี่ยน้อยกว่า 20,000 บาทต่อเดือนในช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2558–2562) (National Statistical Office, 2021a; 2021b)

เกษตรกรชาวสวนยางมีพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 23.95 ไร่ จำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 22.86 ไร่ 2) พื้นที่ไม่ได้ทำการเกษตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สำหรับเป็นที่พักอาศัยเฉลี่ย 0.92 ไร่ และ 3) พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ใช่ประโยชน์ใด ๆ เฉลี่ย 0.17 ไร่ เกษตรกรชาวสวนยางมีประสบการณ์การทำสวนยางพาราและไม้ผลสูง เฉลี่ย 25.54 และ 25.07 ปี ตามลำดับ เนื่องจากเกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ไม่ได้ศึกษาต่อในระดับสูง จึงเจริญรอยตามรุ่นพ่อแม่ตั้งแต่วัยรุ่นหรือวัยผู้ใหญ่ตอนต้น เพื่อให้มีรายได้เป็นของตนเองและเพียงพอต่อรายจ่ายในชีวิตประจำวัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงค่านิยมทางสังคม ตลอดจนวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ที่ผูกพันกับยางพาราและไม้ผลมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะเกษตรกรชาวสวนยางในหมู่ที่ 3 บ้านห้วยกาหมิง หมู่ที่ 4 บ้านน้ำร้อน และหมู่ที่ 5 โตนปาหนัน เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้มีแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี ทำให้ปริมาณน้ำมีเพียงพอต่อการทำการเกษตร

ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลจำแนกตามชนิดของไม้ผลเป็น 4 รูปแบบ (Table 1) ดังนี้

1. ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 1 ชนิด มีจำนวน 49 ราย (ร้อยละ 19.14) ไม้ผลที่ปลูกมากที่สุดคือ ลองกอง 21 ราย (ร้อยละ 8.20) รองลงมาคือ เงาะ (11 ราย (ร้อยละ 4.30)) มังคุด (9 ราย (ร้อยละ 3.52))ทุเรียน (7 ราย (ร้อยละ 2.73)) และจำปาตะ (1 ราย (ร้อยละ 0.39)) ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพารา โดยปลูกเป็นแถวทั่วทั้งพื้นที่ในแปลงที่เป็นพื้นที่ราบ และปลูกเป็นระยะตามความเหมาะสมในแปลงที่เป็นพื้นที่เนิน สำหรับไม้ผลที่เกษตรกรชาวสวนยางปลูกไว้ในแปลงเดียวกันกับยางพาราคือ ลองกอง โดยปลูกระหว่างแถวของต้นยางพาราแบบสลับฟันปลา ไม่ได้ปลูกทั่วทั้งพื้นที่ เพราะเมื่อพืชทั้งสองเจริญเติบโตขึ้น จะทำให้แสงแดดส่องเข้ามาในสวนน้อยเกินไปและมีร่มเงามาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อ

เจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต เป็นไปตามที่ Chiarawipa (2019) ได้กล่าวว่า ปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตหรือการมีชีวิตรอดของพืชที่ปลูกในสวนยางพาราคือ การแข่งขันของระบบรากและแสงในสวนยางพารา

2. ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 2 ชนิด มีจำนวน 56 ราย (ร้อยละ 21.88) โดยปลูกลองกองและทุเรียนมากที่สุด 20 ราย (ร้อยละ 7.81) รองลงมาคือ ลองกองและเงาะ (14 ราย (ร้อยละ 5.47)) ลองกองและมังคุด (12 ราย (ร้อยละ 4.69)) เงาะและทุเรียน (10 ราย (ร้อยละ 3.91)) ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพารา ซึ่งมีทั้งปลูกไม้ผลแปลงละ 1 ชนิดและปลูกไม้ผลร่วมกัน 2 ชนิดในแปลงเดียวกัน

3. ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 3 ชนิด จำนวน 66 ราย (ร้อยละ 25.78) โดยปลูกลองกอง เงาะ และทุเรียนมากที่สุด 32 ราย (ร้อยละ 12.50) รองลงมาคือ ลองกอง มังคุด และทุเรียน (19 ราย (ร้อยละ 7.42)) ลองกอง เงาะ และมังคุด (15 ราย (ร้อยละ 5.86)) ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพารา ซึ่งมีทั้งปลูกไม้ผลเป็นแถวแบบคละชนิดกันและไม่เป็นแถวแบบคละชนิดกัน

4. ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 4 ชนิด จำนวน 85 ราย (ร้อยละ 33.20) โดยปลูกลองกอง เงาะ มังคุด และทุเรียนมากที่สุด 46 ราย (ร้อยละ 17.97) รองลงมาคือ ลองกอง มังคุด ทุเรียน และจำปาดะ (21 ราย (ร้อยละ 8.20)) ลองกอง เงาะ ทุเรียน และจำปาดะ (18 ราย (ร้อยละ 7.03)) ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพารา โดยปลูกไม้ผลไม่เป็นแถวแบบคละชนิดกัน สำหรับแปลงปลูกยางพารา ได้ปล่อยให้พืชพรรณระหว่างแถวต้นยางพาราเจริญเติบโตตามธรรมชาติ เพื่อสร้างความหลากหลายทางชีวภาพให้กับสวนยางพารา

Table 1 Patterns of the para-rubber farmers' para-rubber and fruit production system in the study area

Patterns of the para-rubber and fruit production system	Number (Person)	Percentage
1. Para-rubber production system with fruit	49	19.14
1.1 Para-rubber and longkong	21	8.20
1.2 Para-rubber and rambutan	11	4.30
1.3 Para-rubber and mangosteen	9	3.52
1.4 Para-rubber and durian	7	2.73
1.5 Para-rubber and champedak	1	0.39
2. Para-rubber production system with 2 types of fruits	56	21.88
2.1 Para-rubber, longkong	20	7.81
2.2 Para-rubber, longkong, and rambutan	14	5.47
2.3 Para-rubber, longkong, and mangosteen	12	4.69
2.4 Para-rubber, rambutan, and durian	10	3.91
3. Para-rubber production system with 3 types of fruits	66	25.78
3.1 Para-rubber, longkong, rambutan, and durian	32	12.50
3.2 Para-rubber, longkong, mangosteen, and durian	19	7.42
3.3 Para-rubber, longkong, rambutan, and mangosteen	15	5.86
4. Para-rubber production system with 4 types of fruits	85	33.20
4.1 Para-rubber, longkong, rambutan, mangosteen, and durian	46	17.97
4.2 Para-rubber, longkong, mangosteen, durian, and champedak	21	8.20
4.3 Para-rubber, longkong, rambutan, durian, and champedak	18	7.03

ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลสะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มมูลค่าที่ดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเข้มข้นมากขึ้น ทั้งการปลูกไม้ผลในแปลงเดียวกันกับยางพารา เนื่องจากข้อจำกัดด้านที่ดิน และการปลูกไม้ผลต่างแปลงกับยางพาราเพื่อสะดวกต่อการบริหารจัดการ โดยวัตถุประสงค์หลักของระบบการผลิตดังกล่าวคือ เพื่อเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือนจากการจำหน่ายผลผลิตยางพาราและไม้ผล ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์แบบทุนนิยมที่มีการกำหนดชนิดของพืชที่ปลูกตามความต้องการของตลาดเป็นสำคัญ ตลอดจนการพึ่งพาตลาด ทั้งนี้ ทุเรียนและจำปาดะสามารถปลูกเป็นพืชร่วมยางได้ดี แม้ไม้ผลที่ปลูกเป็นพืชร่วมยางจะเจริญเติบโตช้ากว่าและให้ผลผลิตน้อยกว่า เมื่อเทียบกับไม้ผลที่ปลูกต่างแปลงกับยางพารา โดยการปลูกจำปาดะเพียง 1 ต้น

ร่วมกับยางพารา สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนยางสูงถึง 9,000 บาทต่อปี (Charernjiratragul et al., 2017) ยิ่งไปกว่านั้น จำปาดะยังเป็นไม้ผลที่ได้รับการขึ้นทะเบียนให้เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์โดยใช้ชื่อว่า จำปาดะสตูล (Department of Intellectual Property, 2019) ขณะที่เงาะ ลองกอง และมังคุดไม่เหมาะที่จะปลูกเป็นพืชร่วมยาง เนื่องจากให้ผลตอบแทนน้อย (Charernjiratragul et al., 2015)

เกษตรกรชาวสวนยางทุกรายจำหน่ายผลผลิตในรูปแบบยางสดให้กับพ่อค้าคนกลางตามจุดรับซื้อในพื้นที่ กลุ่มรับซื้อน้ำยางหรือกลุ่มสหกรณ์ เพราะการผลิตน้ำยางสดใช้เวลาน้อยกว่าและไม่ยุ่งยาก เมื่อเทียบกับการผลิตยางแผ่นดิบ ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีเวลาว่างสำหรับพักผ่อนหรือทำกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรอื่นได้ โดยมีปริมาณผลผลิตยางพาราเฉลี่ย 142.73 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สอดคล้องกับที่ Somboonsuke et al. (2015) ได้รายงานไว้ว่า เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ในแหล่งปลูกยางพาราดั้งเดิมจำหน่ายผลผลิตในรูปแบบยางสด เพราะแหล่งรับซื้อน้ำยางสดในพื้นที่มีจำนวนมาก รวมทั้งจำนวนชั่วโมงสำหรับการผลิตและต้นทุนการผลิตน้ำยางสดน้อยกว่ายางแผ่นดิบ (Intraskul et al., 2018) สำหรับไม้ผลส่วนใหญ่จำหน่ายผลสุกยกเว้นทุเรียนจำหน่ายผลแก่ โดยมีทั้งพ่อค้าคนกลางมารับซื้อถึงสวน เพื่อนำไปจำหน่ายยังตลาดนัดในจังหวัดและต่างจังหวัด (อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา) และเกษตรกรชาวสวนยางนำผลผลิตไปจำหน่ายเองที่ตลาดในชุมชน โดยมีปริมาณผลผลิตลองกอง เงาะ ทุเรียน มังคุด และจำปาดะเฉลี่ย 175.02, 285.31, 285.45, 160.25 และ 224.08 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละปีไม้ผลจะให้ผลผลิตในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การปฏิบัติของโรคพืช และการบริหารจัดการของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยาง

เกษตรกรชาวสวนยางเผชิญปัญหาที่สำคัญ 3 ด้าน ดังนี้

1. ปัญหาด้านเศรษฐกิจ

1.1 ราคาผลผลิตตกต่ำ ปัญหาราคายางพาราตกต่ำเป็นปัญหาที่สร้างความเดือดร้อนต่อเกษตรกรชาวสวนยางเป็นอย่างมาก เพราะส่งผลให้รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตยางพาราลดลงจนไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และก่อให้เกิดความไม่มั่นคงในอาชีพ ซึ่ง Wongpanit (2019) ได้กล่าวว่า ปัญหาราคายางพาราตกต่ำเป็นปัญหาที่สำคัญของเศรษฐกิจยางพาราไทย ทว่าเกษตรกรชาวสวนยางทุกรายยังคงยืนยันที่จะทำสวนยางพาราต่อไป เพราะเป็นอาชีพที่ตนเองมีประสบการณ์สูงดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น สอดคล้องกับ Khompramun & Sriboonruang (2020) ที่รายงานไว้ว่า แม้ราคายางพารามีความผันผวน แต่เกษตรกรชาวสวนยางยังคงยึดอาชีพการทำสวนยางพาราเป็นหลัก เนื่องจากเป็นอาชีพที่ทำมานาน รวมทั้งมีความรู้และความชำนาญมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น สำหรับปัญหาราคาไม้ผลตกต่ำ เป็นผลมาจากในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ผลผลิตจะออกสู่ตลาดพร้อมกัน ทำให้ผลผลิตในตลาดมีปริมาณมาก ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้ว ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ต้องรีบจำหน่าย ส่งผลให้รายได้ที่ควรจะได้รับจากการจำหน่ายไม้ผลลดลง

1.2 ต้นทุนการผลิตสูง จากความสัมพันธ์แบบทุนนิยมที่ต้องพึ่งพาปัจจัยภายนอก เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดโรคพืช วัชพืช และศัตรูพืช ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางที่บริหารจัดการสวนยางพาราและไม้ผลตามความคุ้นชิน ต้องใช้เงินทุนสำหรับการเกษตรสูงขึ้น เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา ซึ่งโซเฟีย แวะมะ (2561) ได้รายงานไว้ว่า ต้นทุนการผลิตเป็นจุดอ่อนของเกษตรกรชาวสวนยาง และ Intraskul et al. (2018) ได้รายงานไว้ว่า การผลิตยางพารามีต้นทุนประมาณ 60 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ ปัญหาดังกล่าวมีผลทำให้เกษตรกรชาวสวนยางบางรายปรับลดการใช้ปัจจัยการผลิตลง เช่น เดิมใส่ปุ๋ยเคมี 1 ครั้งต่อปี เปลี่ยนเป็น 2 หรือ 3 ปีต่อครั้ง ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตลดลงไปด้วย ซึ่ง Somboonsuke et al. (2018) ได้รายงานไว้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีไม่เหมาะสมกับช่วงอายุของยางพารา เป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการผลิตยางพาราไทย

1.3 เงินทุนไม่เพียงพอสำหรับการลงทุน ปัญหานี้มีสาเหตุมาจากต้นทุนการผลิตยางพาราสูง ขณะที่ราคายางพาราตกต่ำ และไม่มีเสถียรภาพ ส่งผลให้เกษตรกรชาวสวนยางส่วนหนึ่งมีรายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่าย จึงต้องกู้เงิน (51 ราย (ร้อยละ 19.92)) แหล่งเงินกู้ที่สำคัญ ได้แก่ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) กลุ่มออมทรัพย์ สหกรณ์ออมทรัพย์ ธนาคารพาณิชย์ ได้แก่ ธนาคารกรุงไทย ธนาคารอาคารสงเคราะห์ วัตถุประสงค์หลักของการกู้คือ เพื่อใช้ลงทุนในการทำเกษตร เช่น ค่าเตรียมพื้นที่ ค่าวัสดุอุปกรณ์สำหรับการผลิตและเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าปุ๋ย ค่าจ้างแรงงาน นอกจากนี้ เกษตรกรชาวสวนยางบางรายกู้เงินเพื่อใช้ลงทุนในการค้าขาย และเพื่อสร้าง/ซ่อมแซมที่พักอาศัย สอดคล้องกับที่ Ratikhunuphakorn (2019) ได้กล่าวว่า เกษตรกรชาวสวนยางที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุน จำเป็นต้องกู้เงินเพื่อนำมาใช้จ่ายและเกิดหนี้สินขึ้น รวมทั้ง Intraskul et al. (2017) ตลอดจน Satsue & Phitthayaphinant (2018) ที่กล่าวถึงข้อจำกัดด้านเงินทุนของเกษตรกรชาวสวนยาง นอกจากนี้ Waehamah (2018) ได้รายงานไว้ว่า เงินทุนเป็นจุดอ่อนของเกษตรกรชาวสวนยาง รวมถึง Charutwinyo & Charutwinyo (2018) ได้รายงานไว้ว่า ปัญหาสำคัญของเกษตรกรไทยคือ หนี้สิน อันมีสาเหตุหลักมาจากต้นทุนการผลิตสูงและราคาผลผลิตตกต่ำ

2. ปัญหาด้านการผลิต

2.1 การปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง เช่น เกษตรกรชาวสวนยางเปิดกรีดยางพาราขณะที่ต้นยางพารามีขนาดเล็ก กรีดยางพาราไม่ประณีตและถี่เกินไป ใช้สารเคมีเร่งน้ำยางที่ไม่เหมาะสมมาป้ายหน้ายาง ซึ่งล้วนส่งผลเสียต่อต้นยางพารา ทำให้ต้นยางพาราเจริญเติบโตช้ากว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการที่เกษตรกรชาวสวนยางไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบเชิงลบในระยะยาวจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง ประกอบกับราคายางพาราที่ยังคงตกต่ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีการปรับเปลี่ยนระบบกรีดยางพาราที่มีความถี่มากกว่าระบบกรีดยางพาราที่สถาบันวิจัยยางแนะนำ ทั้งนี้ เกษตรกรชาวสวนยางมีระบบกรีดยางพาราที่หลากหลาย ได้แก่ กรีด 1/3 ลำต้น โดยกรีด 2 วัน เว้น 1 วัน (1/3S 2d/3) กรีด 1/3 ลำต้น โดยกรีด 3 วัน เว้น 1 วัน (1/3S 3d/4) กรีด 1/3 ลำต้น โดยกรีด 4 วัน เว้น 1 วัน (1/3S 4d/5)

แม้พันธุ์ยางพาราที่ปลูก ได้แก่ RRIM 600 RRIT 251 ซึ่งสอดคล้องกับ Somboonsuke et al. (2018) ที่รายงานว่า เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ในภาคใต้ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 เพราะจัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์ยางพาราที่ให้น้ำยางสูง (Rubber Research Institute, 2016) และการใช้ระบบกรีดยางพาราที่มีความถี่สูง จะได้ปริมาณผลผลิตยางพาราสะสมต่อปีสูงจากจำนวนวันกรีดยางพาราที่เพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตยางพาราที่ได้รับในแต่ละครั้งค่อนข้างต่ำ รวมทั้งยังทำให้อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นลดลง และต้นยางพาราเกิดการเปลือกแห้งได้ง่าย ตลอดจนเปลือกหมดเร็ว และไม่สามารถกรีดยางพาราเพื่อเลือกกิ่งใหม่ได้ ส่งผลให้ต้นยางพารามีอายุการกรีดยางสั้นลง และต้องโค่นเพื่อปลูกใหม่เร็วขึ้น ซึ่งส่งผลให้รายได้ต่อการปลูกของเกษตรกรชาวสวนยางที่ควรจะได้รับลดลงตามไปด้วย (Makwiji & Somboonsuke, 2020)

2.2 โรคพืช ได้แก่ โรคเปลือกแห้งในต้นยางพารา โรคโคนและรากเน่าในลองกองและทุเรียน โรคราแป้งในทุเรียนและเงาะ ทั้งนี้ โรคเปลือกแห้งหรือหนำยางแห้งมีผลทำให้ปริมาณน้ำยางค่อย ๆ ลดลง และต้นยางพารายืนต้นตาย ขณะที่โรคที่เกิดจากเชื้อราได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิต ซึ่งทำให้เกษตรกรชาวสวนยางเกิดความท้อใจที่เห็นผลผลิตร่วงหล่นไปต่อหน้าต่อตา โดยเกษตรกรชาวสวนยางมีการจัดการโรคพืชด้วยสารเคมีเฉลี่ย 1.35 ครั้งต่อปี สอดคล้องกับ Srinounpan & Tongchuay (2009) ที่รายงานว่า โรคเปลือกแห้งเป็นโรคที่พบบ่อยในต้นยางพารา ซึ่งเกิดจากการสะสมในการดูแลรักษา และการใช้ระบบกรีดยางพาราที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ Rasmepaedy & Srisuwan (2017) ได้รายงานว่า โรคที่พบส่วนใหญ่ในพืชร่วมยางเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา เพราะภาคใต้มีฝนตกชุก เช่นเดียวกับ Saifong et al. (2017) ที่รายงานว่า โรคที่เกิดจากเชื้อราเป็นโรคที่พบโดยทั่วไปในสภาพพื้นที่ที่มีฝนตกชุก

2.3 ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืชเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต แต่ด้วยปัญหาดังกล่าว ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอตามที่ต้องการ จึงเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่และลำต้นแคระแกร็น ตลอดจนให้ผลผลิตต่ำกว่าที่ควรจะเป็น สอดคล้องกับที่ Pasane et al. (2019) ได้กล่าวว่า ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จะส่งผลให้ปริมาณน้ำยางสดที่ได้รับต่ำไปด้วย ทั้งนี้ เพราะเกษตรกรชาวสวนยางมีการใช้ปุ๋ยเคมีมาเป็นระยะเวลานานโดยปราศจากการบำรุงดิน ประกอบกับเกษตรกรชาวสวนยางมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยเคมีลดลงดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น โดยมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 1.20 ครั้งต่อปี ในปริมาณเฉลี่ย 41.73 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ทั้งนี้ ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกจะลดลงตามอายุของพืช โดยเฉพาะจากการชะกร่อนของดินและการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต (Damrongrak, 2012) ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ โพแทสเซียม ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม และกำมะถัน (Kangpissadarn, 2007) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรชาวสวนยางบางรายมีการใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยคอก เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินให้ดีขึ้น นอกจากนี้ บางหมู่บ้านมีการรวมกลุ่มผลิตปุ๋ยชีวภาพ ทำให้สามารถซื้อปุ๋ยชีวภาพได้ในราคาที่ต่ำกว่าราคาตลาด ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยคอกเฉลี่ยเท่ากันคือ 1.00 ครั้งต่อปี ในปริมาณเฉลี่ย 46.20 และ 49.32 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

3. ปัญหาด้านสังคม

3.1 แรงงานครัวเรือนมีอายุมาก/สูงอายุ เกษตรกรชาวสวนยางมีแรงงานครัวเรือนเฉลี่ย 3.48 คน แรงงานหลักที่ปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตทางเกษตรคือ แรงงานคู่สามีภรรยา ซึ่งมีทั้งวัยสูงอายุและกำลังก้าวเข้าสู่วัยสูงอายุ แม้แรงงานเหล่านี้จะมีประสบการณ์การทำงานเกษตรสูงดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่มีข้อจำกัดด้านร่างกายและความคล่องตัวต่อการปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรลดลง ขณะที่บุตรได้เคลื่อนย้ายหรืออพยพไปประกอบอาชีพนอกภาคการเกษตร เช่น รับราชการ ค้าขาย พนักงานบริษัทเอกชน เนื่องจากบุตรมีมุมมองต่อสังคมเกษตรในเชิงลบ อันเกิดจากการรับรู้ภาพการดำรงชีวิตในสังคมเกษตรที่ด้อยความเจริญและตรงกันข้ามกับสังคมเมือง ผ่านประสบการณ์ตรงตั้งแต่วัยเด็ก สอดคล้องกับ Fongmul (2020) ที่รายงานว่า แรงงานที่ทำงานในภาคการเกษตรมีสัดส่วนลดลงและเข้าสู่วัยสูงอายุเพิ่มขึ้น ขณะที่แรงงานวัยหนุ่มสาวที่มีความรู้ ไม่สนใจที่จะประกอบอาชีพเกษตรหรือสืบทอดอาชีพเกษตรจากรุ่นพ่อแม่ เนื่องด้วยอาชีพดังกล่าวไม่มีสวัสดิการและไม่ได้รับการคุ้มครองแรงงาน รายได้น้อยและไม่แน่นอน ตลอดจนเป็นงานที่ต้องใช้แรงงานมาก ส่งผลให้

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานจะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้รุ่นปู่ตายาย ซึ่งเป็นแรงงานผู้สูงอายุที่ยังคุณประโยชน์ เข้ามาปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร เช่น กรีดยางพารา ดูแลรักษาสวนไม้ผล

3.2 กลุ่มไม่เข้มแข็ง เกษตรกรชาวสวนยางมากกว่าครึ่งเป็นสมาชิกกลุ่ม (161 ราย (ร้อยละ 62.89)) ได้แก่ กลุ่มออมทรัพย์ กลุ่มรับซื้อน้ำยางสด กลุ่มสหกรณ์กองทุนสวนยางพารา กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มทำปุ๋ยอินทรีย์ กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบ กลุ่มแปรรูปกาแฟบ้านโตนปาหนัน ทั้งนี้ เกษตรกรชาวสวนยางบางรายเป็นสมาชิกมากกว่า 1 กลุ่ม อย่างไรก็ตาม กลุ่มบางประเภท เช่น กลุ่มแม่บ้าน ก่อตั้งขึ้นจากการสนับสนุนของหน่วยงานภาครัฐ ไม่ได้เกิดขึ้นจากความต้องการที่แท้จริงหรือกระบวนการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ประกอบกับสมาชิกกลุ่มมีองค์ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการและการตลาดไม่เพียงพอ รวมถึงขาดแรงจูงใจในการทำงาน ทำให้ผลประกอบการไม่ค่อยดีและสมาชิกกลุ่มได้รับเงินปันผลน้อย ส่งผลให้สมาชิกกลุ่มมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ จนอาจล่มสลายได้ในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

จากสถานการณ์ราคายางพาราที่ตกต่ำอย่างต่อเนื่องจนก่อให้เกิดความไม่มั่นคงในอาชีพการทำสวนยางพารา ทำให้การทำสวนยางพาราร่วมกับการปลูกไม้ผลเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับเกษตรกรชาวสวนยางในชุมชนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เกษตรกรชาวสวนยางมีประสบการณ์การทำสวนยางพาราและไม้ผลสูง ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลจำแนกตามชนิดของไม้ผลมี 4 รูปแบบ ได้แก่ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 1 ชนิด ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 2 ชนิด ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 3 ชนิด ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล 4 ชนิด ไม้ผลที่ปลูกคือ เงาะ ลองกอง มังคุดทุเรียน และจำปาตะ โดยมีการปลูกในแปลงเดียวกันกับยางพาราและปลูกต่างแปลงกับยางพารา ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือน สำหรับผลผลิตยางพาราจำหน่ายในรูปน้ำยางสดให้กับพ่อค้าคนกลาง ขณะที่ผลผลิตไม้ผลมีทั้งจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลางและนำไปจำหน่ายเองที่ตลาดในชุมชน ปัญหาที่สำคัญในการประกอบอาชีพ ได้แก่ ราคาสินค้าตกต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง เงินทุนไม่เพียงพอสำหรับการลงทุน การปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง โรคพืช ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ แรงงานครัวเรือนมีอายุมาก/สูงอายุ กลุ่มไม่เข้มแข็ง

จากผลการวิจัยดังที่กล่าวไปข้างต้น มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลคือ 1) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางเพิ่มความหลากหลายของชนิดไม้ผลที่ปลูก เพื่อลดความเสี่ยงด้านรายได้ โดยเลือกชนิดของไม้ผลให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของตลาด 2) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางใช้ระบบกรีดยางพาราที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบเชิงลบในอนาคตด้วย 3) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีให้มากขึ้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตและปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ขณะเดียวกันควรส่งเสริมการรวมกลุ่มเพื่อผลิตปุ๋ย โดยเน้นการใช้ทรัพยากรในชุมชนเป็นหลัก หรือส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มผลิตปุ๋ยที่มีอยู่แล้วในชุมชน 4) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางมีการวิเคราะห์ดิน เพื่อสามารถเลือกใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ ในแปลงที่ปลูกยางพาราร่วมกับไม้ผล ควรคำนวณสูตรปุ๋ยและปริมาณที่ใส่ด้วย เนื่องจากยางพาราและไม้ผลต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 5) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางใช้สารชีวภัณฑ์และวิธีการทางธรรมชาติแทนสารเคมี เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการกำจัดเชื้อรา 6) การส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางจัดทำบัญชีรายรับและรายจ่ายของครัวเรือน เพื่อประเมินสถานะทางการเงินของครัวเรือน

เอกสารอ้างอิง

- Charernjiratragul, S., Satsue, P., & Romyen, A. (2015). Practical knowledge and lessons learned from driving the policy on expanding the area for the rubber-based intercropping systems. *Journal of Social Development*, 17(2), 35–50. (in Thai).
- Charernjiratragul, S., Romyen, A., & Satsue, P. (2017). Development of rubber-based intercropping system in Southern Thailand: Problems and obstacles. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38(2), 588–599. (in Thai).
- Charutwinyo, P., & Charutwinyo, C. (2018). Farmer's problem and solution model in Thailand. *Journal of Community Development and Life Quality*, 6(1), 153–175. (in Thai).
- Chiarawipa, R. (2019). Rubber-based intercropping system in Southern Thailand: Its constraints and planting patterns on sustainable productivity. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 37(1), 179–189. (in Thai).
- Damrongrak, I. (2012). Influence of rubber plantation on soil fertility and greenhouse gas emission. *Journal of Yala Rajabhat University*, 7(1), 48–60.
- Department of Intellectual Property. (2019). **Registration of Geographical Indication of Satun Champadak**. Retrieved from: <http://www.ipthailand.go.th/images/2284/Sorchor62100123.pdf>. (in Thai).
- Fongmul, S. (2020). Effects of shortage of agricultural workers on food security in Chiang Mai. *Journal of Agricultural Research and Extension*, 37(1), 118–125. (in Thai).
- Intraskul, S., Somboonsuke, B., & Phitthayaphinant, P. (2017). Thai para-rubber industry: The status and development suggestions towards ASEAN Economic Community. *Humanity and Social Science Journal, Ubon Ratchathani University*, 8(suppl), 80–107. (in Thai).
- Intraskul, S., Somboonsuke, B., Thongtra, N., & Phitthayaphinant, P. (2018). Cost of para-rubber production and selling problems of para-rubber farmers in Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(3), 817–828. (in Thai).
- Jun-iad, J., Nilvises, P., Keowarn, B., & Yotakhong, S. (2015). The extension model for self-reliance of para rubber farmers in southern border provinces. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 7(1), 135–145. (in Thai).
- Kangpissadarn, N. (2007). **Effective Use of Fertilizer on Para-rubber Trees after Tapping**. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing. (in Thai).
- Katkraw, P., & Lavankura, P. (2020). The rubber development policy making in Thailand. *Rajapark Journal*, 14(32), 12–22. (in Thai).
- Khompramun, C., & Sriboonruang, P. (2020). Factors affecting the decision making of para rubber tree plantation farmers in Khlong Sai Sub-district, Tha Chang District, Surat Thani Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38(2), 226–234. (in Thai).
- Makwijit, P., & Somboonsuke, B. (2020). Decision making in selection of rubber tapping systems of rubber farmers in Na Thawi District, Songkhla Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38(4), 571–580. (in Thai).
- National Statistical Office. (2021a). **Average Monthly Income Per Household by Region and Province 2002–2018**. Retrieved from: <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/08.aspx>. (in Thai).
- National Statistical Office. (2021b). **Average Monthly Expenditure per Household by Region and Province 2010–2018**. Retrieved from: <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/08.aspx>. (in Thai).
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2021). **Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measures 2019 Edition**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=gross_regional. (in Thai).
- Ongiem, A., & Vichitvejpaisal, P. (2018). Validation of the tests. *Thai Journal Anesthesiology*, 44(1), 36–42. (in Thai).
- Pasane, C., Tawornpruek, S., & Wiriyakitnateekul, W. (2019). Potential and suitability of rubber growing soils in Khon Kaen Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 37(3), 489–497. (in Thai).
- Phitthayaphinant, P., Somboonsuke, B., Eksomtramage, T., & Satsue, P. (2015). Factors determining farmers' choice of oil palm production system in Ao-luek District, Krabi Province. *Journal of Liberal Arts, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus*, 7(1), 126–142. (in Thai).
- Rasmepaedy, N., & Srisuwan, S. (2017). Para rubber intercropping of farmers Phunphin district, Surat Thani Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 35(1), 117–124. (in Thai).
- Ratikhunuphakorn, R. (2019). The role of the Rubber Authority of Thailand for system development. *Humanities and Social Sciences Journal, Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 10(2), 259–269. (in Thai).
- Rubber Research Institute, Rubber Authority of Thailand. (2016). **Rubber Variety Recommendations 2016**. A–1 Future. (in Thai).
- Saifong, P., Srisuwan, S., & Niyamangkoon, S. (2017). Farmer's opinion towards para rubber plantation career in Koh Khan sub-district, Cha-uaat district, Nakhon Si Thammarat Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 35(2), 1–9. (in Thai).
- Satsue, P., & Phitthayaphinant, P. (2018). Factors related to change in quality of life of para-rubber farmers from low para-rubber prices problem in Srinakharin District, Phatthalung Province. *Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University*, 37(3), 71–84. (in Thai).
- Satun Provincial Office. (2021). **Satun Development Plan for 5 Years (2018–2022) Revised Edition**. Retrieved from: http://www.satun.go.th/news_devpro. (in Thai).

- Sertkaew, S., & Sotiyanurak, M. (2020). Changes in social welfare due to the policy of Thai rubber price. **Journal of Agricultural Research and Extension**, 37(1), 106–117. (in Thai).
- Silpcharu, T. (2012). **Research and Statistical Data Analysis with SPSS**. (13 ed.). S.R. Printing. (in Thai).
- Somboonsuke, B., Dhammasaccakarn, W., Cherdchom, P., Longpichai, O., & Phitthayaphinant, P. (2015). Potential, capacity and development of hired labor in smallholding rubber production system: Lesson learned from traditional rubber area, Songkhla Province. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, 36(1), 74–87. (in Thai).
- Somboonsuke, B., Kongmanee, C., Thongtrai, N., & Phitthayaphinant, P. (2018). Potential of para-rubber production in Thailand: Production technology management, problems and suggestions for yield improvement. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, 39(1), 645–659. (in Thai).
- Sriboonruang, P., Siripipattanakul, S., & Choocharoen, C. (2019). Opinion about life quality of rubber farmers in Bankhai District, Rayong Province. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 37(1), 15–22. (in Thai).
- Srinounpan, B., & Tongchuay, C. (2009). The Strategies on professional planting para-rubber trees. **Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat Journal**, 28(1), 17–26. (in Thai).
- Tancharoen, S., Treewannakul, P., & Thongdeelert, P. (2018). Adoption on rubber-based intercropping of farmers in Bang Saphan District, Prachuap Khiri Khan Province. **Agricultural Science Journal**, 49(3), 241–250. (in Thai).
- Thung Nui Sub-district Administrative Organization. (2018). **Local Development Plan for 4 Years (2018–2021) Revised Edition**. Retrieved from: http://www.thungnui.go.th/sidemenu_detail.php?menu_id=211. (in Thai).
- Waehamah, S. (2018). An analysis of internal and external environments affecting para rubber farmers in three southern border provinces. **Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences**, 5(2), 96–110. (in Thai).
- Wongpanit, W. (2019). Integrated stability of rubber agriculturists in the area of Sisaket Province. **Sisaket Rajabhat University Journal**, 13(3), 135–144. (in Thai).
- Yamane, T. (1967). **Statistics: An Introductory Analysis**. John Weatherill.
- Yamklin, C., Krivart, K., & Nantapetch, K. (2019). Management of fruit prices decline problem in eastern region. **Journal of Southern Technology**, 12(2), 141–149. (in Thai).

พฤติกรรมและความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภคในจังหวัดสุโขทัย

Behaviors and Opinions on Marketing Mix Factors Affecting Consumers' Decision to Buy Pasteurized Dairy Products in Sukhothai Province

ธนวันต์ ศรีสม^{1*}, ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์¹,สุนีพร สุวรรณมณีพงศ์¹ และจีรนนท์ เข็มขันธุ์¹Thanawan Srisom^{1*}, Duangkamol Parostip Thanmatiwat¹,Suneeporn Suwanmaneepong¹ and Jeeranun Khemkhan¹

Received date: 20 มิ.ย. 66 Revised date: 24 ส.ค. 66 Accepted date: 25 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.004>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค 2) ศึกษาความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค 3) เปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลกับพฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ในจังหวัดสุโขทัย จำนวน 400 คน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคส่วนใหญ่ นิยมซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ แบรินด์ ดัชมิลล์ รสจืด โดยจะซื้อทุกสัปดาห์ ช่วงเวลา 09.01 - 12.00 น. สถานที่จัดจำหน่ายที่ผู้บริโภคนิยมซื้อมากที่สุดคือ ร้านค้าทั่วไป ซื้อครั้งละ 2 - 3 ขวด ปริมาณ 180 มล./ขวด ซึ่งบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อคือ ตนเอง นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ทุกด้าน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยที่มีระดับค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ รองลงมา คือ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับพฤติกรรมผู้บริโภค พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกัน และ อายุ ระดับการศึกษา และรายได้ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด ที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: พฤติกรรม ความคิดเห็น ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด การตัดสินใจซื้อ นมสดพาสเจอร์ไรส์

Abstract

The objectives of this study are to 1) study consumers' purchasing behavior of pasteurized milk products, 2) study opinions on marketing mix factors affecting consumers' purchasing decision of pasteurized milk products, and 3) compare personal data with consumer behavior and marketing mix factors. The sample group for the study includes 400 consumers of fresh pasteurized milk products in Sukhothai Province. Questionnaire was used as a tool to collect data. The statistics used in the data analysis are frequency, percentage, mean, and standard deviation.

The results of the study reveal the purchasing behavior of most consumers that they prefer buying fresh, pasteurized milk products, Dutch mill brands, tasteless flavor. They buy every week during 09.01 - 12.00 hrs. The most popular selling place for consumers is general stores. The purchase is 2 - 3 bottles at a time, at amount of 180 mL/bottle, and the person influencing the purchase decision is themselves. In addition, the consumers' overall opinion regarding the marketing mix factors affecting the buying decisions is in high level. The factors with the highest average level are products, followed by price, distribution channels, and marketing promotion, respectively. The results comparing general information with consumer behavior reveal that consumer behavior varies with consumers of different gender, age, educational level, and occupation.

¹ ภาควิชาการเกษตรและพัฒนากิจการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

¹ Program in Agricultural Development and Resource Management, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author; email: 62604042@kmitl.ac.th

Additionally, consumer groups of diverse age, educational level, and income affect marketing mix factors for price and marketing promotions differently.

Keywords: behavior, opinions, marketing mix factors, purchase decision, pasteurized fresh milk

คำนำ

การพัฒนาการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญสำหรับประเทศไทย และหากการเกษตรเกิดการพัฒนา ก็จะส่งผลต่อเศรษฐกิจของไทยเพิ่มมากขึ้น หนึ่งในการพัฒนาการเกษตรที่สำคัญ คือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร โดยหน่วยงานภาครัฐได้มีโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) เพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรของชุมชนสำหรับแก้ไขปัญหาของชุมชนและสามารถตอบสนองความต้องการด้านการเกษตรของชุมชนได้ และเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเกษตร โดยเน้นการเรียนรู้จากเกษตรกรต้นแบบที่ประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (Department of Agriculture Extension, 2018) โดยการจะประสบความสำเร็จได้นั้นต้องมีต้นแบบที่ดีในการเรียนรู้ ซึ่งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลบ้านแก่ง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย โดยผู้นำศูนย์ฯมีแนวคิดพัฒนาแปรรูปสินค้าเกษตรที่มีอยู่ในฟาร์ม โดยแปรรูปน้ำนมดิบเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์ ชื่อพิญช์มิลค์ เพื่อนำร่องเป็นต้นแบบให้สมาชิกในกลุ่มทำตาม โดยสาเหตุของการแปรรูปน้ำนมดิบเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์ คือเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่มีรายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่าย (Jatyanon, 2020) ซึ่งเกษตรกรไทยส่วนใหญ่จะจำหน่ายน้ำนมดิบให้กับผู้รวบรวมน้ำนมดิบ จากนั้นส่งต่อไปยังศูนย์รวมน้ำนมดิบทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และโรงงานแปรรูปนม เช่น สำนักงาน อ.ส.ค. บริษัทนมหนองโพ บริษัทนมพร้อมดื่ม UHT และสุดท้ายส่งต่อไปยังผู้บริโภค (Parinyasiri, 2014) ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีที่ส่งน้ำนมดิบรองรับ แต่ราคาที่เกษตรกรได้รับเป็นราคาที่ไม่สูงมาก คือ 18.30 บาท/กิโลกรัม (Office of Agricultural Economics, 2019) จึงมีความจำเป็นต้องแปรรูปน้ำนมดิบเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์ เพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งธุรกิจพิญช์มิลค์ได้ดำเนินการเปิดมาได้ เป็นระยะเวลา 1 ปี และได้รับการตอบรับการลูกค้าจำนวนมาก หลังจากดำเนินการได้ 1 ปี ประสบปัญหายอดขายลดลง เพราะที่ผ่านมาไม่ได้มีการทำกลยุทธ์การตลาด ไม่เข้าใจกลุ่มลูกค้าของตนเอง ดังนั้น ควรมีการทำกลยุทธ์การตลาดสำหรับนมพร้อมดื่ม

เครื่องมือในการศึกษาคือ วิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค โดยใช้ H1W6 และ ส่วนประสมทางการตลาด เป็นวิธีที่สามารถรู้พฤติกรรมผู้บริโภคไปวางแผนกลยุทธ์ได้ (Sangsilta et al, 2012) ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงเหมาะแก่การมาใช้ในการทำการตลาด และสามารถนำไปวางแผนการวิเคราะห์กลยุทธ์การตลาดจะช่วยทำให้ธุรกิจมีแนวทางในการกำหนดวิธีการใช้เครื่องมือทางการตลาด การวิเคราะห์สถานการณ์ทางการตลาด เพื่อสนองตอบความต้องการของตลาดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (Piyakuldumrong, 2010) หากธุรกิจพิญช์มิลค์สามารถประสบความสำเร็จ มียอดขายที่เพิ่มขึ้น มีการทำการตลาดที่ดี ก็จะนำไปสู่การส่งเสริมให้กับสมาชิก หรือทำเครือข่ายร่วมกัน เพื่อเป็นต้นแบบของฟาร์มโคนมในจังหวัดสุโขทัยที่แปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์ โดยการทำการตลาดด้วยตนเอง

ดังนั้นบทความนี้จะศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและความคิดเห็นต่อปัจจัย ส่วนประสมทางการตลาดของนมสดพาสเจอร์ไรส์ของพิญช์มิลค์ จังหวัดสุโขทัย เปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลกับพฤติกรรมผู้บริโภค และปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภคในจังหวัดสุโขทัย เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนกลยุทธ์การตลาดสำหรับธุรกิจนมสดพาสเจอร์ไรส์ และเพื่อให้ธุรกิจนมสดพาสเจอร์ไรส์สามารถอยู่รอดได้ อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิจัยเชิงปริมาณ ศึกษาข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค ในจังหวัดสุโขทัย โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ในจังหวัดสุโขทัย ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ในจังหวัดสุโขทัย เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้ศึกษาจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยการคำนวณจากสูตรตามวิธีของคอคแรน (Cochran) กรณีไม่ทราบจำนวนประชากร (Wanichbuncha, 2011) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95.00 และยอมให้มีความ

คลาดเคลื่อนในการประมาณค่าไม่เกินร้อยละ 5.00 จากการคำนวณจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 384.16 ตัวอย่าง และเพื่อป้องกันการสูญเสียของแบบสอบถามเนื่องจากอาจมีคุณสมบัติของแบบสอบถามไม่ครบถ้วนสมบูรณ์จึงทำการเก็บตัวอย่างเพิ่มแบบสอบถามเป็นตัวอย่างทั้งหมด 400 ตัวอย่าง โดยการสุ่มแบบบังเอิญ

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) จำนวน 400 ชุด โดยให้ผู้บริโภคมองเป็นผู้ตอบแบบสอบถามเอง ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ในจังหวัดสุโขทัย เป็นลักษณะคำถามปลายปิด (Close-Ended Questionnaires) ที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจคำตอบ (Check List) ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้ส่วนบุคคลเฉลี่ยต่อเดือน

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภคในจังหวัดสุโขทัย เป็นลักษณะคำถามปลายปิด (Close-Ended Questionnaires) ที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจคำตอบ (Check List) โดยสอบถามถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ในการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพร้อมดื่มของผู้บริโภค

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภคในจังหวัดสุโขทัย เป็นคำถามที่เกี่ยวกับปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด โดยเป็นแบบสอบถามประเภทมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยใช้แนวคิดของลิเคิร์ต (Likert Scale) เป็นเกณฑ์วัด ซึ่งมีเกณฑ์ให้คะแนนตามระดับความสำคัญ 5 ระดับ (Bunnak, 1994)

ตรวจสอบเครื่องมือ

ผู้ศึกษานำแบบสอบถามฉบับร่างที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเหมาะสม โดยขอความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ก่อนที่จะนำไปใช้ โดยมีการพิจารณาตรวจสอบและขอคำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้อ่านแล้วมีความเข้าใจง่ายและชัดเจน ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาโดยหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) โดยผลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้เท่ากับ 0.811

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค และการวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ โดยใช้ค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) วิเคราะห์ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค เมื่อรวบรวมข้อมูลและแจกแจงความถี่แล้ว ใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมาพิจารณาระดับความถี่

คะแนนเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง มีความสำคัญระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง มีความสำคัญระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง มีความสำคัญระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึง มีความสำคัญระดับระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึง มีความสำคัญระดับระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์
ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม และพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค

Table 1 Analysis of consumer socioeconomic data

Lists	Frequency	Percentage
Gender		
Male	157	39.25
Female	243	60.75
Age		
20 - 29 years	138	34.50
30 - 39 years	116	29.00
40 - 49 years	87	21.75
50 - 59 years	50	12.50
Upper 60 years	9	2.25
Status		
Single	263	65.75
Married	118	29.50
Divorced	16	4.00
etc.	3	0.75
The highest level of education		
Lower than elementary school	3	0.75
Elementary school	37	9.25
Junior high school	19	4.75
High school/vocational certificate	64	16.00
Diploma/High Vocational Certificate	37	9.25
Bachelor's degree	205	51.25
Postgraduate	35	8.75
Main Occupation		
Farmer	31	7.75
Trading / Personal business	68	17.00
Government officials / Employees of government agencies	85	21.25
Private Company Employee / Permanent Employee	152	38.00
Daily Worker / Freelance	27	6.75
Student	37	9.25

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 243 คน คิดเป็นร้อยละ 60.75 อายุ 20 - 29 ปี จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.50 สถานภาพ โสด จำนวน 263 คน คิดเป็นร้อยละ 65.75 ระดับการศึกษาสูงสุด ปริญญาตรี จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 51.25 อาชีพหลัก พนักงานบริษัทเอกชน/ลูกจ้างประจำ จำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00 รายได้ต่อเดือนเฉลี่ย ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท จำนวน 219 คน คิดเป็นร้อยละ 54.75

Table 2 An analysis of consumers' purchasing behavior of fresh pasteurized dairy products

Lists	Frequency	Percentage
Brands		
Foremost	111	27.75
Dutch Mill	143	35.75
Thai – Denmark	60	15.00
Meiji	59	14.75
Chokchai Farm	6	1.50
Nong Pho	10	2.50
Chitralada	2	0.50
etc.	9	2.25
Flavored		
Plain flavored	251	62.75
Sweet flavored	106	26.50
Strawberry flavored	74	18.50
Cocoa flavored	117	29.50
Green tea flavored	31	7.75
etc.	5	1.25
Frequency		
Everyday	46	11.50
Frequency		
Every week	149	37.25
Once a month	50	12.50
2-3 times a month	54	13.50
Some months	101	25.25
Period		
6.00 - 9.00	76	19.00
09.01 - 12.00	106	26.50
12.01 - 15.00	33	8.25
15.01 - 18.00	61	15.25
18.01 - 21.00	96	24.00
etc.	28	7.00
Location		
Sukhothai Hospital Market, Sukhothai	11	2.75
Farmers Market, Sukhothai	17	4.25
General store	217	54.25
Supermarkets	233	58.25
Department store	166	41.50
etc.	90	22.50
Purchase amount		
1 bottle	129	32.25
2 - 3 bottles	181	45.25
4 - 6 bottles	45	11.25
7 bottles or more	45	11.25

Table 2 An analysis of consumers' purchasing behavior of fresh pasteurized dairy products

Lists	Frequency	Percentage
Purchased quantity		
180 ml./bottle	197	49.25
250 ml./bottle	148	37.00
450 ml./bottle	21	5.25
1,000 ml./bottle	23	5.75
2,000 ml./bottle	3	0.75
etc.	8	2.00
Persons who influence purchase decisions		
Myself	237	59.25
Family	128	32.00
Persons who influence purchase decisions		
Friends	8	2.00
Salesperson	4	1.00
Online media	20	5.00
etc.	3	0.75

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ บริโภค ผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์แบรนด์ดัชมิลล์ จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 35.75 รสชาติ จืด จำนวน 251 คน คิดเป็นร้อยละ 62.75 ซื้อทุกสัปดาห์ จำนวน 149 คน คิดเป็นร้อยละ 37.25 ช่วงเวลา 09.01 - 12.00 น. จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 26.50 ซื้อที่ซูเปอร์มาร์เก็ต จำนวน 233 คน คิดเป็นร้อยละ 58.25 จำนวน 2 - 3 ขวดต่อครั้ง จำนวน 181 คน คิดเป็นร้อยละ 45.25 ปริมาณ 180 มล./ขวด จำนวน 197 คน คิดเป็นร้อยละ 49.25 บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อ คือ ตนเอง จำนวน 237 คน คิดเป็นร้อยละ 59.25

จากผลการศึกษา สอดคล้องกับ Sangsila et al. (2012) ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพผลิตภัณฑ์นม จากัญพืช ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 20 - 24 ปี กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี มีนักศึกษา และข้าราชการส่วนมากมีรายได้โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5,000 - 10,000 บาท ต่อเดือน

ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค

Table 3 An analysis of opinions on the marketing mix, including 4 aspects

Marketing Mix Factors	$\bar{x}$	S.D.	Level
Product	4.27	.845	Excellent
Price	4.24	.851	Excellent
Place	4.17	.919	Good
Promotion	4.03	.965	Good
Total	4.18	.895	Good

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดโดยรวมทั้ง 4 ด้านในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.18 โดยปัจจัยที่มีระดับค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.27 รองลงมา คือ ด้านราคา ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.24 ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.17 และลำดับสุดท้าย คือ ด้านการส่งเสริมการตลาด ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.03 ตามลำดับ

จากผลการศึกษา สอดคล้องกับแนวคิดของ Seveerat et al. (2003) ที่กล่าวไว้ว่า สิ่งที่จะสนองความต้องการของผู้บริโภค มี 4 ประการ คือ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chorsom (2008) ศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มสมุนไพร กรณีศึกษากลุ่มผู้ผลิต ภายใต้

โครงการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุขภาพชุมชนของผู้บริโภคในจังหวัดสิงห์บุรี พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ในระดับมาก

ผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด

Table 4 Compare general information with consumer behavior

Consumer Behavior	Significance level					Average Monthly Income
	Gender	Age	Status	Education level	Occupation	
1. Pasteurized fresh milk brands	.512	.092	.244	.213	.075	.064
2. Taste	.031*	.033*	.451	.021*	.017*	.094
3. Frequency	.052	.145	.064	.136	.173	.392
4. Period	.830	.071	.092	.064	.053	.113
5. Location	.081	.356	.245	.255	.342	.432
6. Number of purchases per time	.052	.245	.134	.056	.134	.134
7. Quantity purchased per time	.192	.632	.211	.074	.372	.443
8. The person who influenced the purchase	.213	.051	.341	.042*	.182	.355

*Significant at 0.05 probability levels

จากตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับพฤติกรรมผู้บริโภค พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อรสชาติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และ ระดับการศึกษาที่แตกต่างกันส่งผลต่อบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

สอดคล้องกับการศึกษาของ Pongpaew, Rattananaka, Na Nakhon & Lattasaksiri (2016) ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมโคสดพร้อมดื่มของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ มีความสัมพันธ์กับ แปรผันผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์

Table 5 Compare general information with marketing mix factors

Marketing Mix Factors	Significance level					Average Monthly Income
	Gender	Age	Status	Education level	Occupation	
1. Product	.063	.035*	.228	.043*	.053	.024*
2. Price	.532	.063	.052	.011*	.042*	.031*
3. Place	.225	.112	.057	.162	.654	.052
4. Promotion	.513	.053	.064	.036*	.472	.024*

*Significant at 0.05 probability levels

จากตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า อายุ ระดับการศึกษา และรายได้ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ที่ระดับ 0.05 และ ระดับการศึกษาและรายได้แตกต่างกัน ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulasud (2006) ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการบริโภคนมสดของผู้บริโภคในถนนสีลมเขตบางรัก กรุงเทพมหานคร พบว่า ผู้บริโภคที่มีเพศ อาชีพ และ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่างกัน มีความคิดเห็นด้านช่องทางการจัดจำหน่ายแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ บริโภคผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์แบรนด์ดัซมิลล์ รสจืด ซื้อทุกสัปดาห์ ช่วงเวลา 09.01 - 12.00 น. ซื้อที่ซูเปอร์มาร์เก็ต จำนวน 2 - 3 ขวดต่อครั้ง ปริมาณ 180 มล./ขวด บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อ คือ ตนเอง ความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดโดยรวมทั้ง 4 ด้าน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยที่มีระดับค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ รองลงมา คือ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และลำดับสุดท้าย คือ ด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ เปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคที่ต่างกัน และแสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า อายุ ระดับการศึกษา และรายได้ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านการส่งเสริมการตลาด ที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- Bunnak, M. (1994). **Statistics for Making Decisions**. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Chorsom, P. (2008). **Marketing Mix Factors Affecting the Decision to Buying Herbal Beverage: A Case Study of the Group of Producer under the Project on Promotion and Development of Community Health Products Quality for the Consumer in Singburi Province**. Master's thesis. Kasetsart University. (in Thai).
- Department of Agriculture Extension. (2018). **Manual of Agricultural Productivity Efficiency Increasing Learning Center, Fiscal year 2019**. Agricultural Extension Research and Development Division. (in Thai).
- Jatyanon, P. (2020). **Cost and Return of Thanawat Rungrueng Farm**. Interview, 7 October. (in Thai).
- Kulasud, W. (2006). **Fresh Milk Consumption Behavior of Consumers at Silom Road, Bangrak District, Bangkok**. Master's thesis. Dhonburi Rajabhat University. (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2019). **Situation and Trend of Agricultural Products in 2019**. Office of Agricultural Economics. (in Thai).
- Parinyasiri, T. (2014). Development of measure for improving standard and safety of the school's milk sustainable by changing theory applied. **Thai Food and Drug Journal**, 25(1), 15-28. (in Thai).
- Pongpaew, A., Rattananaka, N., Na Nakhon, S., & Lattasaksiri, P. (2016). Factors Influencing Consumers Purchase Intention of fresh milk Product in Bangkok. **Research and Development Journal**, 8(1), 26-30. (in Thai).
- Piyakuldumrong, P. (2010). **Marketing Strategy Development for Goldsmiths in Department Stores in Bangkok**. Master's Project. MBA (Marketing). Graduate School, Srinakharinwirot University. (in Thai).
- Sangsil, A., Thaochalee, M., & Itsaranuwat, P. (2012). Consumer Behavior of Healthy Beverage Cereal Milk from Grain Products: A Case Study of Students and Personnel at Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. **Journal of Industrial Education**, 11(2), 167-172. (in Thai).
- Seveerat, S., & Seveerat, S. (2003). **New Marketing Management**. Dharmasarn. (in Thai).
- Wanichbuncha, K. (2011). **Statistical Analysis: Statistics for Management and Research**. Chulalongkorn University. (in Thai).

ปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมสำหรับชักนำโกลนีมาให้เปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา The Optimum Gamma Irradiation Dose for Inducing Changes in *Aglaonema* Morphology

วุฒิพงษ์ แสงใจ^{1*} และพัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์²Wuthipong Pangjai^{1*} and Pattana Srifah Huenhe²

Received date: 10 มี.ค. 66 Revised date: 17 ก.ค. 66 Accepted date: 25 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.005>

บทคัดย่อ

การสร้างความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ช่วยให้การพัฒนาพันธุ์โกลนีมาตรงตามความต้องการของตลาดได้ เพื่อให้เกิดความแปรปรวนสูงสุดจึงหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมโดยฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1-7 Gy แก่ลำต้นโกลนีมา ผลการทดลองพบการเจริญเติบโตของโกลนีมาลดลงร้อยละ 50 (GR₅₀) เมื่อได้รับรังสี 3.25 Gy และมีอัตราการตายร้อยละ 50 (LD₅₀) เมื่อได้รับรังสี 4.5 Gy ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรุ่น M₁V₂ สูงที่สุดร้อยละ 35 เมื่อได้รับรังสี 3 Gy โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบจากมากไปน้อยคือ สี ขนาด และรูปร่างของใบ จากนั้นทดสอบอิทธิพลของพันธุ์โกลนีมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยฉายรังสีแกมมา 3 Gy แก่โกลนีมาพันธุ์ อัญมณีแดง หลักทรัพย์ และกวักทอง พบอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาในแต่ละพันธุ์แตกต่างกันและมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 60 เมื่อพิจารณาความผิดปกติของรูปร่างและสีใบในรุ่น M₁V₂ พบเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยารุนแรงในใบที่ 1 แต่เริ่มคงตัวในใบที่ 3 โดยมีค่าประสิทธิภาพการกลายพันธุ์เฉลี่ยจาก 3 พันธุ์ร้อยละ 14 เมื่อคัดเลือกลักษณะที่พบการเปลี่ยนแปลงขนาดใบและสีใบไปตรวจลักษณะผิวใบ พบบางต้นมีการเปลี่ยนแปลงขนาดปากใบและขนาดเซลล์คุม แต่ความหนาแน่นของปากใบเปลี่ยนไปทุกต้น ดังนั้นปริมาณรังสี 3 Gy จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับชักนำให้โกลนีมาเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้ในอัตราสูงสุด

คำสำคัญ: การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน การปรับปรุงพันธุ์ ความแปรปรวน ปากใบ

Abstract

Increased morphological variability by acute gamma irradiation can facilitate the development of *Aglaonema* characteristics to meet the market's demand. To maximize the variability of *Aglaonema* traits, the optimal dose of gamma irradiation was examined. First, the stems of *Aglaonema* were irradiated with gamma ray using doses ranged from 1 to 7 Gy. The results revealed that the median growth rate reduction (GR₅₀) was 3.25 Gy and the median lethal dose (LD₅₀) was 4.5 Gy. Morphological changes in the M₁V₂ generation gave the highest percentage rate at 35% when the *Aglaonema* was exposed to 3 Gy. The leaf morphological characteristics that changed from most to least were color, size, and shape, respectively. In addition, the effect of *Aglaonema* cultivars on morphological changes was examined by acute irradiation at 3 Gy to *Aglaonema* 'Anyamanidaeng', 'Kwakthong', and 'Laksap'. Rates of morphological change in each cultivar were varied but the average rate was 60%. When considering the irregularities in shape and color in M₁V₂ generation, severe changes were observed in the 1st leaf but the altered morphology was stable in the 3rd leaf. The mutagenic effectiveness was found at an average rate of 14%. Then the plants with changes in leaf size and leaf color were used for leaf surface analysis. Some of the selected plants were altered in size of stomata and size of guard cells; however, the density of the stomata changed in all of them. Therefore, 3 Gy was the optimum dose to induce the *Aglaonema* morphological changes at the highest rate.

Keywords: acute irradiation, plant breeding, variation, stomata

¹ สาขาเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

² ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ 10210

¹ Program in Modern Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

² Laboratory of Biotechnology, Chulabhorn Research Institute, Bangkok, 10210

* Corresponding author, Email: pangjai@aru.ac.th

คำนำ

อโกลนีมา (*Aglaonema*) มีต้นกำเนิดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สีสันและลวดลายสวยงาม สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวให้เข้ากับสภาพความชื้นแสงต่ำได้ดี (Di Benedetto et al., 1990) จึงนิยมใช้ประดับในอาคาร การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของอโกลนีมาด้วยการเพิ่มความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถทำได้ด้วยการผสมข้าม ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและเทคนิคหลายประการ เช่น การกระตุ้นให้ออกดอกในระยะเวลาที่ต้องการ (Henny et al., 2004) การเลือกระยะเวลาที่ดอกเจริญเติบโตเต็มที่เพื่อให้ได้ละอองเรณูที่พร้อมสำหรับการถ่ายเรณู และต้องมีพ่อแม่พันธุ์จำนวนมากเพื่อเลือกคู่ผสมให้ตรงตามความต้องการ เนื่องจากอโกลนีมาแต่ละพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันตั้งแต่ $2n = 42$ ถึง 60 หรือ 120 (Nicolson, 1969)

การปรับปรุงพันธุ์โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยรังสีแกมมาเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากรังสีแกมมาสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนของสารพันธุกรรม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะเด่น (dominant) เป็นลักษณะด้อย (recessive) โดยพลังงานจากรังสีแกมมาสามารถส่งผลกระทบต่อสารพันธุกรรม แล้วทำให้เกิดความเสียหายในระดับเบสหรือโครโมโซม (Du et al., 2022) ซึ่งก่อให้เกิดความผิดปกติและการตายของพืช นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อทางอ้อม โดยรังสีแกมมาทำปฏิกิริยา water radiolysis กับโมเลกุลน้ำได้อนุมูลอิสระออกซิเจน (reactive oxygen species: ROS) หลายชนิด เช่น hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$), hydrogen peroxide (H_2O_2) และ superoxide anion ($\text{O}_2^{\cdot-}$) ที่ส่งผลให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) นอกจากนี้อนุมูลอิสระออกซิเจนที่เกิดขึ้นยังมีความไวกับสารประกอบขนาดใหญ่ (macromolecules) ภายในเซลล์ จึงส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของลิพิด (lipid peroxidation) การเสียหายของโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีนเนื่องจากสูญเสียอิเล็กตรอน (protein oxidation) และเกิดความเสียหายของดีเอ็นเอ (Choi et al., 2021) ดังนั้นรังสีแกมมาจึงเหมาะสำหรับชักนำให้พืชเกิดความแปรปรวนและทำให้เกิดความหลากหลายของสี รูปร่าง และขนาด (Anne & Lim, 2020) เพื่อให้ได้อโกลนีมาที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยารูปแบบใหม่สำหรับใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ พบใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกและไม้ประดับหลายชนิด เช่น *Chrysanthemum* sp., *Begonia* sp., *Dhalia* sp. (Dwivedi & Banerji, 2008) และ *Zephyranthes* spp. (Pangjai & Huehne, 2021) รวมทั้ง *Aglaonema* sp. (Ritonga Sukma, 2017) เป็นต้น วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับการชักนำให้เกิดการกลายของส่วนเจริญที่ยังพักตัวอยู่หรือเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem) ที่มีเซลล์จำนวนน้อย จึงใช้ได้กับส่วนต้นตอที่กำลังจะแตกหน่อ หรือกำลังจะแตกตาข้าง โดยปริมาณรังสีที่เหมาะสมนั้นสามารถประมาณได้จากค่า GR_{50} (median growth reduction dose) และค่า LD_{50} (median lethal dose) ซึ่งมีความแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดหรือเนื้อเยื่อของพืชที่ใช้ โดยในอโกลนีมามีการรายงานค่า LD_{50} ประมาณ 17 Gy เมื่อใช้ต้นกล้าที่มีใบจำนวน 3 - 4 ใบ (Ritonga & Sukma, 2017)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับสร้างความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในท่อนพันธุ์อโกลนีมาด้วยรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน และศึกษาอิทธิพลของพันธุ์อโกลนีมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อได้รับปริมาณรังสีแกมมาในระดับที่เหมาะสม รวมทั้งคัดเลือกลักษณะเด่นเพื่อเป็นประโยชน์ทางการค้า

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างพืชและการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (Acute irradiation)

นำต้นอโกลนีมารุ่น M_1V_1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ด้วยวิธีการทดลองของ Pangjai & Huehne (2021) จากนั้นนำต้นที่ผ่านการฉายรังสีไปปลูกในโรงเรือนระบบเปิดที่มีอุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 25 - 39 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 85 เปอร์เซ็นต์ พรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ทำการตัดยอดหลังปลูก 1 สัปดาห์ และศึกษาลักษณะของยอดที่สร้างใหม่ในรุ่น M_1V_2

การศึกษาผลของปริมาณรังสีแกมมาต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการตาย และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา

ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยนำต้นอโกลนีมาจำนวน 2 พันธุ์ คือ (1) พันธุ์แสงเงินแสงทอง และ (2) พันธุ์เพชรน้ำหนึ่ง ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันด้วยปริมาณรังสี 8 ระดับ ประกอบด้วย 0 (ชุดควบคุม), 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 Gy โดยแต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น หลังการฉายรังสีแกมมา 120 วัน บันทึก (1) ความยาวใบเพื่อคำนวณปริมาณรังสีที่ทำให้การเจริญเติบโตลดลง 50 % (GR_{50}) (2) จำนวนต้นที่ตายเพื่อคำนวณปริมาณรังสีที่ทำให้เกิดการตาย 50 % (LD_{50}) (3) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบ ประกอบด้วยสี ขนาด ลวดลาย และรูปร่าง เพื่อคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปริมาณรังสีที่แตกต่างกัน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์อโกลนีมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อได้รับรังสีแกมมา

นำต้นโกลนีมาจำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์อัญมณีแดง พันธุ์รักทอง และพันธุ์หลักทรัพย์ ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ระดับรังสี 0 Gy (ชุดควบคุม) และ 3 Gy แต่ละพันธุ์ศึกษาด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วย 30 ต้น แล้วเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของใบหลังการฉายรังสีแกมมา 180 วัน โดยบันทึกข้อมูลความยาวก้านใบ สีก้านใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ สีใบ รูปร่างใบ ลักษณะผิวใบ และลักษณะขอบใบ

การศึกษาผิวใบด้วยกรรมวิธี replica technique ดัดแปลงจาก Weyers & Lawson (1997) โดยศึกษาขนาดปากใบ ขนาดเซลล์คุม ความหนาแน่นของปากใบ โดยกรรมวิธี replica technique โดยทำความสะอาดใบด้วยน้ำกลั่น และให้แสงแก่โกลนีมาเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วป้ายซิลิโคน (Provil novo, Kulzer GmbH, เยอรมนี) ที่ผิวใบ ปลอ่ยให้แห้งนาน 2 นาที ก่อนลอกซิลิโคนออกจากใบ จากนั้นใช้น้ำยาทาเล็บชนิดใสทาที่ซิลิโคนด้านที่สัมผัสกับหลังใบ ปลอ่ยให้แห้ง 2 นาที ใช้เทปใสตึงน้ำยาทาเล็บที่แห้งแล้วออกจากซิลิโคน ก่อนนำไปติดบนสไลด์และตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 400 เท่า โดยแต่ละต้นสุ่มตรวจ จำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งสุ่มนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์จำนวน 5 จุด

การวัดสัดส่วนสีใบด้วยโปรแกรมประยุกต์ Adobe Photoshop ดัดแปลงจาก Li et al. (2007) โดยทำการวัดสีหลังใบโกลนีมาโดยถ่ายรูปใบโกลนีมาด้วยความละเอียดของรูป 3216x2144 พิกเซล จากนั้นวิเคราะห์รูปด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop โดยเลือกส่วนของสีที่ต้องการนับจำนวนพิกเซลด้วยเครื่องมือ Magic Wand ที่กำหนดค่า sample size เป็น point sample (11 by 11 average) ค่า tolerance เท่ากับ 20 ปิดโหมด Anti-alias และปิดโหมด contiguous แล้วนับจำนวนพิกเซลที่ละเฉดสี จากค่า pixel count ที่ปรากฏในหน้าต่าง histogram นำข้อมูลมาคำนวณสัดส่วนของสีเป็นร้อยละจากสูตร

$$\text{สัดส่วนสี A (\%)} = \frac{\text{จำนวนพิกเซลของสี A} \times 100}{\text{จำนวนพิกเซลของใบ}}$$

การศึกษาประสิทธิผลของรังสีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา

คำนวณหาค่าประสิทธิผลการกลายพันธุ์ (Mutagenic effectiveness) โดยใช้สมการเช่นเดียวกับ Wani (2009) ดังนี้

$$\text{อัตราการกลาย} = \frac{\text{จำนวนต้นที่พบการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา} \times 100}{\text{จำนวนต้นที่ทำการทดสอบ}}$$

$$\text{ประสิทธิผลการกลายพันธุ์} = \frac{\text{อัตราการกลาย}}{\text{ปริมาณรังสี (Gy)}}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉายรังสีแกมมาและชุดควบคุมด้วยวิธี Levene's Test และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฉายรังสีและชุดการควบคุมด้วยสถิติ Independent-Sample T Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS statistical package

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของปริมาณรังสีต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการตาย

เมื่อตรวจสอบความยาวใบโกลนีมาพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและพันธุ์แสงเงินแสงทองที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาด้วยปริมาณรังสี 1 - 7 Gy พบความยาวใบลดลงเมื่อปริมาณรังสีที่สูงขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วที่ปริมาณรังสี 4 Gy ในพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและ 5 Gy ในพันธุ์แสงเงินแสงทอง (Figure 1) โดยการตอบสนองของพืชต่อปริมาณรังสีแบบผกผันเช่นนี้พบรายงานในมันเทศประดับเลี้ยง ที่มี ความสูง ขนาดใบ และจำนวนใบลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีที่สูงขึ้น (Srichuai et al., 2018) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาเหล่านี้สอดคล้องกับรายงานปริมาณอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นเมื่อพืชได้รับปริมาณรังสีมากขึ้น (Hong et al., 2022) จึงเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของโกลนีมาเป็นผลทางตรงของรังสีแกมมาต่อดีเอ็นเอ หรืออาจเกิดจากผลทางอ้อมที่สารอนุมูลอิสระไปส่งผลต่อเซลล์ โดยเฉพาะเซลล์ในตำแหน่งของเนื้อเยื่อเจริญ จึงทำให้พัฒนาการของโกลนีมาช้าลง (Preussa & Britt, 2003) เมื่อพิจารณาขนาดใบของพันธุ์เพชรน้ำหนึ่ง (Figure 1) ที่ได้รับรังสีปริมาณ 1 - 3 Gy พบข้อมูลส่วนใหญ่กระจายอยู่ใน Quartile 1-3 โดยมีการกระจายตัวมากกว่าในชุดควบคุม และพันธุ์แสงเงินแสงทองพบว่าปริมาณรังสี 1, 3 และ 4 Gy ส่งผลให้ข้อมูลบางส่วนกระจายตัวใน Quartile 4 ซึ่งแสดงให้เห็นการกระจายตัวมากกว่าชุดควบคุม การกระจายตัวของข้อมูล

จากทั้ง 2 พันธุ์ชี้ให้เห็นว่าปริมาณรังสีแกมมาในระดับต่ำส่งผลให้ใบเกิดความแปรปรวนขนาดของใบได้สูงกว่าเมื่อได้รับรังสีแกมมาในปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดจากการส่งเสริมหรือยับยั้งการทำงานของยีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืช ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช (Kovalchuk et al., 2007) และในพันธุ์แสงเงินแสงทองบางต้นที่ได้รับรังสีปริมาณ 3 Gy มีค่าการเจริญเติบโตของใบสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hussein (2022) ที่พบว่ารังสีแกมมาในระดับต่ำส่งเสริมให้กล้าของต้นข้าวบาร์เลย์มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวบาร์เลย์สูงขึ้น แต่เมื่อปริมาณรังสีตั้งแต่ 5 Gy ขึ้นไปกลับส่งผลให้การกระจายตัวลดต่ำลงอย่างมาก ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการทำลายทางสรีรวิทยาอย่างรุนแรง ต้นที่เล็กรอดจึงเป็นต้นแคระและมีใบขนาดเล็กทำให้ความแปรปรวนของความยาวใบที่อยู่ในช่วงที่แคบ (Figure 1)

นอกจากนี้พบอัตราการตายของอโกลนีมาทั้งสองพันธุ์สูงขึ้นเมื่อได้รับรังสีปริมาณ 1 และ 2 Gy แต่เมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้นพบอัตราการตายต่ำลงก่อนจะมีอัตราการตายที่สูงขึ้นอีกครั้งเมื่อได้รับรังสีปริมาณ 4 - 5 Gy (Figure 1C, 1F) แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมาปริมาณสูงสามารถทำให้พืชได้รับความเสียหายทางสรีรวิทยาและตายในที่สุด แต่ที่ระดับรังสีประมาณ 3 Gy กลับพบว่ามีอัตราการตายที่ต่ำลงและพบว่าเป็นช่วงที่การเจริญเติบโตมีการกระจายตัวของข้อมูลสูง อาจเป็นเพราะรังสีแกมมาระดับ 2 - 3 Gy ในเพชรน้ำหนึ่งและ 3 - 5 Gy ในพันธุ์แสงเงินแสงทอง ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ adaptive response แต่เมื่อได้รับรังสีปริมาณ 1 Gy ในพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและ 2 Gy ในพันธุ์แสงเงินแสงทองพบการตายสูงกว่าเส้นแนวโน้มอาจเป็นไปได้ว่าที่ระดับรังสีนี้เกิดปรากฏการณ์ bystander effects (Bonner, 2003) เมื่อตรวจสอบต้นอโกลนีมาที่ตายพบว่าท่อนพันธุ์แห้งฝ่อ ไม่เกิดการสร้างตายอด ในบางกรณีพบการพัฒนาของตายอดในช่วงแรกแต่ไม่สามารถเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นใบได้

จากข้อมูลความยาวใบของพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและพันธุ์แสงเงินแสงทอง สามารถประมาณค่า GR_{50} สำหรับอโกลนีมาได้เท่ากับ 3.25 Gy และจากอัตราการตายสามารถประมาณค่า LD_{50} สำหรับอโกลนีมาได้เท่ากับ 4.5 Gy ซึ่งปริมาณรังสี 3.25 - 4.5 Gy ทำให้ความยาวของใบอโกลนีมาลดลงร้อยละ 50 - 75 และทำให้อัตราการตายมีค่าประมาณร้อยละ 10 - 70 ขึ้นอยู่กับพันธุ์อโกลนีมาที่ใช้ในการทดสอบ (ภาพที่ 1C)

ปริมาณรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เมื่อพิจารณาลักษณะสัณฐานวิทยาของใบที่มีการเปลี่ยนแปลงในพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและแสงเงินแสงทองพบอัตราการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน (Figure 2) โดยมีการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดที่ร้อยละ 35 เมื่อได้รับรังสีปริมาณ 3 Gy ส่วนรังสีในปริมาณอื่นพบการเปลี่ยนแปลงลดลง และสามารถเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงที่พบจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) การเปลี่ยนแปลงของสีใบ เช่น สีเข้มขึ้นหรือซีด สีใบไม่เท่ากันทั้งใบและปรากฏลักษณะด่างสีขาว (2) ขนาดใบเปลี่ยนไปรวมทั้งเกิดเป็นต้นแคระ และ (3) รูปร่างใบเปลี่ยนไป เช่น เรียวยาว ขาดความสมมาตร ขอบใบเกิดการบิดเป็นคลื่น (Figure 3) การที่ลักษณะทางสัณฐานวิทยามีการเปลี่ยนแปลงไปเกิดได้ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรมในระดับเบส หรือยีน โดยมีการรายงานว่าการทำงานของกลุ่มยีน *ddr* (DNA damage response) ที่ทำหน้าที่ซ่อมแซมดีเอ็นเอที่เสียหายมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันในพืชแต่ละพันธุ์ (Mahapatra & Roy, 2020) จึงส่งผลต่อความสามารถในการซ่อมแซมดีเอ็นเอให้มีความสมบูรณ์ดั้งเดิม (Du, 2022) มากกว่านั้นการเปลี่ยนแปลงของลักษณะที่พบอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของยีนมากกว่าหนึ่งยีน เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีดอกเบญจมาศที่พบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งในกลุ่มแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน (Puripunyavanich et al., 2019) หรือเกิดลักษณะที่ควบคุมโดยเอพิเจเนติก เป็นต้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถยืนยันว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดจากการกลายในระดับดีเอ็นเอ ควรใช้เครื่องหมายโมเลกุล เช่น ISSR (inter-simple sequence repeat) ในการระบุความแตกต่าง ซึ่งสามารถใช้เพื่อการประเมินความหลากหลายและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของอโกลนีมาได้อีกด้วย

จากข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต อัตราการตาย รวมทั้งอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอโกลนีมาพันธุ์เพชรน้ำหนึ่งและพันธุ์แสงเงินแสงทองชี้ให้เห็นว่าปริมาณรังสี 3 Gy เป็นปริมาณรังสีที่ทำให้อโกลนีมามีการเจริญเติบโตร้อยละ 50-60 และมีอัตราการตายร้อยละ 10 - 50 และทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาสูงที่สุด ดังนั้นจึงใช้ปริมาณรังสี 3 Gy เพื่อการทดสอบผลของพันธุ์อโกลนีมาต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่อไป

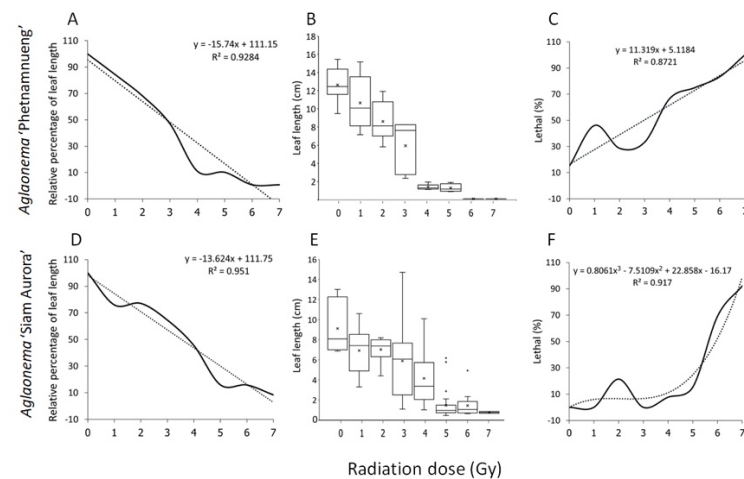


Figure 1 Percentages of leaf length (A and D), variation of leaf length (B and E), and percentage of lethal (C and F) after 120 days of gamma irradiation in *Aglaonema* 'Phetnamnueng' and 'Siam Aurora'.

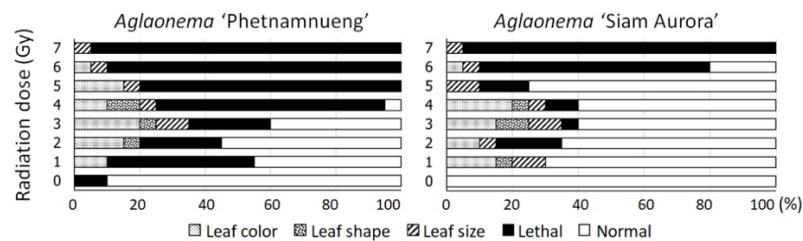


Figure 2 Proportions of morphological characteristics after 120 days of gamma irradiation in *Aglaonema* 'Phetnamnueng' and 'Siam Aurora'.

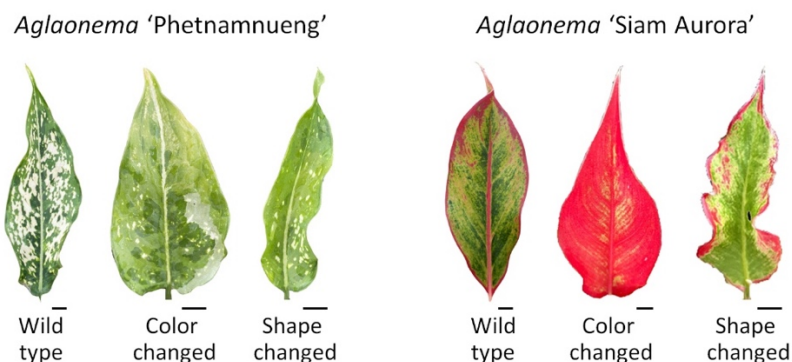


Figure 3 Examples of morphological changes in leaf colors and leaf shapes of *Aglaonema* 'Phetnamnueng' and 'Siam Aurora'. Scale bar = 1 cm

อิทธิพลของพันธุ์โกลนีมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อได้รับรังสีแกมมา

เมื่อนำโกลนีมาจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อุณณณแดง พันธุ์หลักทรัพย์ และพันธุ์วักทอง ไปฉายรังสีแกมมาด้วยปริมาณรังสี 3 Gy พบใบแรกของรุ่น M_1V_2 ในพันธุ์วักทองและพันธุ์หลักทรัพย์ได้รับผลกระทบทางสัณฐานวิทยารุนแรง โดยพบลักษณะรูปร่างใบผิดปกติ แผ่นใบระหว่างด้านซ้ายและขวามีรูปร่างไม่สมมาตร และฐานใบด้านซ้ายและด้านขวาอยู่ในระดับที่ต่างกัน ผิวใบขรุขระ นอกจากนี้พบการเปลี่ยนแปลงของสีใบ ในบางกรณีพบผลตายที่ปรากฏแตกต่างกันในด้านซ้ายหรือขวาของใบ แต่เมื่อพิจารณาลักษณะที่พบในใบที่สองของรุ่น M_1V_2 จะเห็นว่าผลกระทบจากรังสีเริ่มลดลง โดยใบมีความสมมาตร ฐานใบเสมอกัน ผิวใบเรียบ และบางต้นสีใบเปลี่ยนแปลงกลับไปเหมือนต้นควบคุม การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเหล่านี้ อาจเกิดจากพืชสามารถซ่อมแซมดีเอ็นเอด้วยวิธีที่แตกต่างกันตามลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้น หรือโดยกระบวนการ non-homologous end joining (Manova & Gruszka, 2015) การซ่อมแซมด้วยวิธีเหล่านี้นอกจากจะทำให้พืชกลับไปมีลักษณะเช่นเดิมหรือเกิดลักษณะใหม่และมี

ผลต่อวิวัฒนาการผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ นอกจากนี้อาจเกิดในระดับเซลล์ ส่งผลให้เกิดกระบวนการ sorting out ที่เซลล์ผิดปกติมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง เพราะระยะเวลาของวัฏจักรเซลล์เปลี่ยนแปลงไปหลังได้รับรังสีแกมมา (Preuss & Britt, 2003) จึงทำให้พืชมีการกลายในบางส่วน เช่น ลักษณะใบที่เป็นปื้นสี (patch) และอาจพบการกลายชนิดที่เซลล์ผิดปกติกระจายแทรกตัวอยู่ร่วมกับเซลล์ปกติ (mosaic) เมื่อตรวจสอบใบที่สามถึงใบที่เจ็ด พบว่าบางต้นลักษณะสีและรูปร่างของใบยังคงลักษณะของความเปลี่ยนแปลงเช่นเดิมเหมือนในใบที่สอง (Figure 4) แสดงให้เห็นว่าใบที่สามเป็นใบที่เริ่มเกิดความคงตัวของลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรเริ่มขั้นตอนการคัดเลือกหาต้นที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อใบที่สามเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว

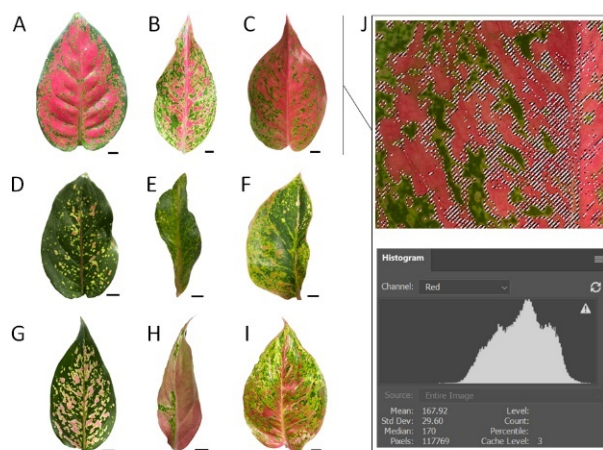


Figure 4 Comparison of wild-type leaf (A-C) and morphological changed characteristic of the 1st leaf (D-F) and the 3rd leaf (G-I) of *Aglaonema* 'Anyamanidaeng' (A, D and G), *Aglaonema* 'Kwakthong' (B, E and H) and *Aglaonema* 'Laksap' (C, F and I). Selected area of red color by Adobe Photoshop during pixel count. Scale bar = 1 cm

เมื่อตรวจสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของรุ่น M_1V_2 ในใบที่สามพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน โดยสีใบมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง รูปร่างมีอัตราการเปลี่ยนแปลงปานกลาง ส่วนขนาดและการเกิดปื้นสีขาว สีแดง หรือสีเขียวที่ใบมีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่ำที่สุด และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงรวมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 60 โดยในพันธุ์หลักทรัพย์มีการเปลี่ยนแปลงรวมสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 89 และสูงกว่าในพันธุ์กวักทองประมาณ 2 เท่า แสดงให้เห็นว่าโกลนีมาแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแตกต่างกัน จากการทดสอบพบค่าประสิทธิภาพการกลายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเป็น 14 และในแต่ละพันธุ์มีค่าระหว่าง 11 – 30 ดังใน Table 1 ซึ่งสูงกว่าการชักนำให้ก่อเกิดการกลายพันธุ์ด้วยปริมาณรังสีแกมมา 100 – 400 Gy ที่มีค่าเพียง 0.01 – 0.06 (Raina et al., 2022) แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีที่เลือกใช้ และวิธีการกระตุ้นให้เกิดยodrุ่น M_1V_2 ด้วยการตัดยอดเป็นวิธีการที่ช่วยให้พบลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปในระดับสูง

Table 1 Mutation rate and mutagenic effectiveness in M_1V_2 .

Cultivar	No. of plant observed	No. and (%) normal	No. and (%) of morphology changed in M_1V_2				Mutation rate (%)	Mutagenic effectiveness
			Color	Shape	Size	Patch		
Anyamanidaeng	30	13 (43)	15 (50)	3 (10)	3 (10)	2 (7)	57	19
Kwakthong	27	18 (67)	9 (33)	5 (19)	1 (4)	4 (15)	33	11
Laksap	27	3 (11)	21 (78)	12 (44)	3 (11)	3 (11)	89	30
Mean							60	14

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโกลนีมาพันธุ์การค้าที่ผ่านการคัดเลือก

หลังการคัดเลือกโกลนีมาจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อัญมณีแดง พันธุ์หลักทรัพย์ และพันธุ์กวักทอง ที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลง สามารถจำแนกการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย (1) ต้นที่พื้นที่สีแดงมากขึ้น มีรายงานว่าเกิดจาก

คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์มีการสลายตัว แต่มีการสะสมแอนโทไซยานิน (Sun et al., 2022) (2) ต้นสีเขียวมากขึ้นคาดว่าเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับกลุ่มแรก และ (3) ต้นที่ปรากฏสีเขียวเป็นปื้นสีขาวในบางส่วนของใบ ก้าน และลำต้น (Figure 5) อาจเกิดจากการเจริญเติบโตของเซลล์ที่มีความบกพร่องของคลอโรฟิลล์ โดยในใบที่เป็นปื้นสีขาวมีรายงานว่าอาการดังกล่าวเกิดจากการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างคลอโรฟิลล์ลดลง (Zhao et al., 2020)

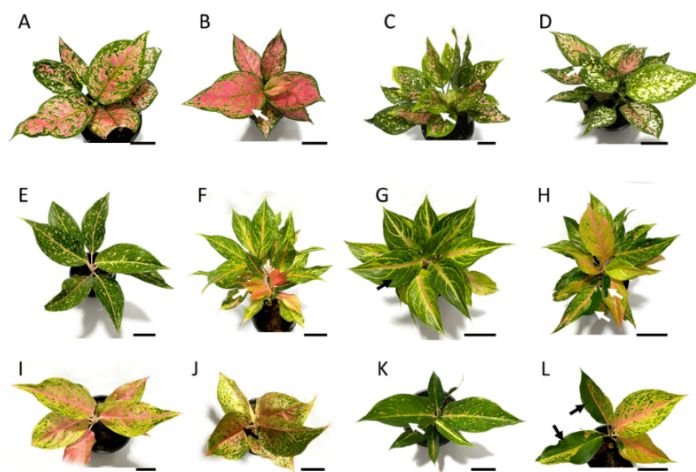


Figure 5 Morphological comparison of wild-type *Aglaonema* (A, E and I) and changed-leaf morphological from *Aglaonema* 'Anyamanidaeng' (B, C and D), 'Kwakthong' (F, G and H) and 'Laksap' (J, K and L) at 180 days after irradiation. Arrow indicates the changed-morphological characteristics including of increasing of red (B, F and J), increasing of green (C, G and K), and sectorial chimera (D, H and L). Scale bar = 5 cm

ลักษณะสีใบของพันธุ์อัญมณีแดง คัดเลือกต้นที่ใบมีสีแดงเข้มขึ้น พื้นสีเขียวมีจุดต่างสีแดง และมีลักษณะต่างเป็นปื้นพันธุ์วักทองคัดเลือกต้นที่ใบสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู และพันธุ์หลักทรัพย์คัดเลือกต้นที่ใบรูปร่างกลมพื้นสีแดงและเขียวที่ปรากฏแถบสีขาวแทรกอยู่ เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในระดับอวัยวะและในระดับเซลล์ จึงนำใบแรกและใบที่สามของพันธุ์อัญมณีแดงที่ใบสีแดงเข้ม พันธุ์วักทองที่ใบสีชมพู และพันธุ์หลักทรัพย์ที่ใบมีขีดสีขาว ไปเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยากับต้นควบคุม พบว่าต้นที่ผ่านการคัดเลือกทุกต้นมีสัดส่วนสีเขียวของใบและความกว้างใบแตกต่างจากชุดควบคุมทั้งในใบแรกและใบที่สาม โดยความกว้างของใบแรกมีขนาดลดลงในทุกพันธุ์ แต่เมื่อทดสอบใบที่สามพบว่ามีความกว้างเพิ่มขึ้นในพันธุ์วักทองและพันธุ์หลักทรัพย์ ส่วนความยาวใบพบแตกต่างจากชุดควบคุมในพันธุ์อัญมณีแดงที่ใบแรกมีขนาดเล็กกว่าชุดควบคุม แต่ในใบที่สามกลับยาวมากกว่า ซึ่งคล้ายกับความยาวใบที่สามของพันธุ์วักทอง นอกจากนี้พบว่าความยาวก้านใบของใบที่สามของพันธุ์หลักทรัพย์มีแนวโน้มสั้นลงทำให้ทรงพุ่มแน่นขึ้น ดังใน Table 1 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าต้นที่ผ่านการคัดเลือกมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเปลี่ยนไป โดยพบทั้งที่ส่งผลให้เกิดการยับยั้งและส่งเสริมการเจริญเติบโตรวมทั้งการสร้างเม็ดสีในอโกลนีมา ซึ่งอโกลนีมาที่ผ่านการคัดเลือกอาจได้รับผลกระทบและส่งผลให้ยีนบางกลุ่มที่ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตมีการทำงานเปลี่ยนแปลงไป เช่น ยีน *rca* (Rubisco activase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Yin et al., 2014) ในทางตรงกันข้ามอาจเกิด adaptive response คือมีการส่งสัญญาณไปยังเซลล์อื่น ๆ เพื่อสร้างสารในการป้องกันและซ่อมแซมความเสียหาย จึงสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ (Bonner, 2003) อย่างไรก็ตามลักษณะที่เปลี่ยนไปอาจเกิดจากการควบคุมโดยเอพิเจเนติกจึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นปกติได้ในเวลาต่อมาโดยเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนโดยไม่เปลี่ยนแปลงรหัสดีเอ็นเอ (Belli & Tabocchini, 2020) ซึ่งต้องศึกษาด้วยอนุพันธุศาสตร์ต่อไปจึงจะสามารถระบุได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด

เมื่อตรวจสอบลักษณะขั้นผิวใบพบความยาวและความกว้างของปากใบเปลี่ยนแปลงไป ส่วนขนาดของเซลล์คุมพบว่าส่วนใหญ่ไม่ต่างจากชุดควบคุม แต่เมื่อตรวจสอบความหนาแน่นของปากใบพบว่าแตกต่างจากชุดควบคุมทั้ง 3 พันธุ์ โดยพบว่าปากใบมีความหนาแน่นสูงขึ้นในพันธุ์อัญมณีแดงและพันธุ์วักทอง ซึ่งอาจเกิดจากการกลายในระดับยีน ดังในรายงานของ Yu et al. (2020) ที่พบว่ายีน *rsd1* ในข้าวที่เกิดการกลายทำให้ปากใบเจริญเติบโตผิดปกติและทำให้ความหนาแน่นของปากใบลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดและความหนาแน่นของปากใบส่งผลโดยตรงต่อการคายน้ำ อุณหภูมิผิวใบ และมีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยน

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Yin et al., 2020) จึงอาจพบการเปลี่ยนแปลงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการเจริญเติบโตของอโกลนีมา

Table 2 Leaf characteristics of selected plants in M₁V₂ generation

Cultivar	Leaf order	Dose (Gy)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Petiole length (cm)	Green (%)	Stomata size (μm)		Guard cell size (μm)		Stoma density (No./m ²)
							Length	Width	Length	Width	
Anyamanidaeng	1	0	12.42 ± 1.21	8.51 ± 0.47	8.84 ± 0.23	16.42 ± 0.68	221.09 ± 6.50	115.48 ± 9.36	238.85 ± 9.07	77.98 ± 10.09	4.71 ± 0.19
			9.20 ± 0.26	7.62 ± 0.60	6.72 ± 0.21	29.62 ± 3.88	214.18 ± 4.67	111.53 ± 4.77	243.79 ± 4.75	72.05 ± 5.86	5.09 ± 0.14
		T-test	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	**
		3	9.97 ± 1.64	6.75 ± 0.54	5.85 ± 1.03	73.62 ± 5.24	194.44 ± 9.36	98.70 ± 8.06	237.87 ± 11.82	70.08 ± 3.12	2.56 ± 0.18
			11.25 ± 0.72	6.09 ± 0.66	6.49 ± 0.65	48.81 ± 5.40	216.15 ± 12.70	111.53 ± 21.35	239.84 ± 4.54	60.70 ± 2.39	4.18 ± .013
		T-test	*	*	ns	**	**	ns	ns	**	**
	3	0	15.45 ± 0.72	6.69 ± 0.86	7.11 ± 1.11	69.33 ± 2.57	243.30 ± 12.32	102.65 ± 5.10	258.59 ± 15.98	66.13 ± 4.77	4.10 ± 0.21
			14.20 ± 1.89	5.55 ± 0.83	7.24 ± 0.73	60.06 ± 3.51	223.06 ± 8.32	111.53 ± 9.36	246.75 ± 8.06	59.71 ± 8.84	4.33 ± 0.05
		T-test	ns	**	ns	**	**	*	ns	ns	**
		3	9.08 ± 0.87	3.55 ± 0.26	4.87 ± 0.32	45.20 ± 9.87	210.23 ± 4.7	114.49 ± 12.48	229.97 ± 4.35	62.18 ± 4.04	4.30 ± 0.18
11.47 ± 0.59			5.03 ± 1.17	5.86 ± 0.47	25.28 ± 9.20	214.18 ± 5.3	91.79 ± 4.40	227.01 ± 4.47	66.13 ± 5.75	5.02 ± 0.11	
T-test		**	**	**	**	ns	**	ns	ns	**	
Kwakthong	1	0	14.25 ± 0.54	7.61 ± 0.30	4.78 ± 0.21	44.93 ± 1.68	195.43 ± 18.49	88.83 ± 8.60	243.79 ± 4.55	65.14 ± 5.10	6.03 ± 0.06
			14.24 ± 0.42	7.31 ± 0.31	4.77 ± 0.22	47.77 ± 3.78	188.52 ± 14.30	76.00 ± 4.66	237.37 ± 8.21	50.83 ± 3.33	3.74 ± 0.30
		T-test	ns	*	ns	*	ns	**	*	**	**
		3	14.10 ± 1.60	6.50 ± 0.78	8.00 ± 0.82	75.18 ± 11.27	210.23 ± 4.77	107.09 ± 11.08	239.84 ± 4.77	62.18 ± 4.77	5.09 ± 0.20
			13.75 ± 0.26	7.75 ± 0.52	6.82 ± 0.50	84.47 ± 6.29	211.22 ± 11.59	73.53 ± 4.90	226.02 ± 12.70	63.17 ± 11.56	3.35 ± 0.19
		T-test	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**
	3	0	14.10 ± 1.60	6.50 ± 0.78	8.00 ± 0.82	75.18 ± 11.27	210.23 ± 4.77	107.09 ± 11.08	239.84 ± 4.77	62.18 ± 4.77	5.09 ± 0.20
			13.75 ± 0.26	7.75 ± 0.52	6.82 ± 0.50	84.47 ± 6.29	211.22 ± 11.59	73.53 ± 4.90	226.02 ± 12.70	63.17 ± 11.56	3.35 ± 0.19
		T-test	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**
		3	14.10 ± 1.60	6.50 ± 0.78	8.00 ± 0.82	75.18 ± 11.27	210.23 ± 4.77	107.09 ± 11.08	239.84 ± 4.77	62.18 ± 4.77	5.09 ± 0.20
13.75 ± 0.26			7.75 ± 0.52	6.82 ± 0.50	84.47 ± 6.29	211.22 ± 11.59	73.53 ± 4.90	226.02 ± 12.70	63.17 ± 11.56	3.35 ± 0.19	
T-test		ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**	
Laksap	0	14.10 ± 1.60	6.50 ± 0.78	8.00 ± 0.82	75.18 ± 11.27	210.23 ± 4.77	107.09 ± 11.08	239.84 ± 4.77	62.18 ± 4.77	5.09 ± 0.20	
		13.75 ± 0.26	7.75 ± 0.52	6.82 ± 0.50	84.47 ± 6.29	211.22 ± 11.59	73.53 ± 4.90	226.02 ± 12.70	63.17 ± 11.56	3.35 ± 0.19	
	T-test	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**	
	3	14.10 ± 1.60	6.50 ± 0.78	8.00 ± 0.82	75.18 ± 11.27	210.23 ± 4.77	107.09 ± 11.08	239.84 ± 4.77	62.18 ± 4.77	5.09 ± 0.20	
		13.75 ± 0.26	7.75 ± 0.52	6.82 ± 0.50	84.47 ± 6.29	211.22 ± 11.59	73.53 ± 4.90	226.02 ± 12.70	63.17 ± 11.56	3.35 ± 0.19	
	T-test	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**	

สรุปผลการศึกษา

การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันแกต่อนอโกลนีมาสามารถประมาณค่า GR₅₀ และ LD₅₀ ได้เท่ากับ 3.25 Gy และ 4.5 Gy ตามลำดับ และรังสีแกมมาปริมาณ 3 Gy ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่สูงที่สุด เมื่อฉายรังสีแกมมาปริมาณ 3 Gy ในอโกลนีมาพันธุ์การค้า ประกอบด้วยอโกลนีมาพันธุ์อัญมณีแดง พันธุ์หลักทรัพย์ และพันธุ์กัททอง พบมีการเปลี่ยนแปลงสี ขนาด และรูปร่าง นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบผิวใบของต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของปากใบ ดังนั้นการฉายรังสีปริมาณ 3 Gy จึงเหมาะสมสำหรับการสร้างความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในอโกลนีมา

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) โครงการวิจัยเรื่อง การส่งเสริมเกษตรกรให้สามารถพัฒนาพันธุ์อโกลนีมาด้วยรังสีแกมมาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางการค้า (63A141000001) และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Anne, S., & Lim, J. H. (2020). Mutation breeding using gamma irradiation in the development of ornamental plants: a review. *Flower Research Journal*, 28(3), 102-115.
- Belli, M., & Tabocchini, M. A. (2020). Ionizing radiation-induced epigenetic modifications and their relevance to radiation protection. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17), 5993. <https://doi.org/10.3390/ijms21175993>
- Bonner, W. M. (2003). Low-dose radiation: thresholds, bystander effects, and adaptive responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(9), 4973-4975.
- Choi, H. I., Han, S. M., Jo, Y. D., Hong, M. J., Kim, S. H., & Kim, J. B. (2021). Effects of acute and chronic gamma irradiation on the cell biology and physiology of rice plants. *Plants*, 10(3), 439. <https://doi.org/10.3390/plants10030439>
- Di Benedetto, A. H., & Cogliatti, D. H. (1990). Effects of light intensity and quality on the obligate shade plant *Aglaonema commutatum*. I. Leaf size and leaf shape. *Journal of Horticultural Science*, 65(6), 689-698.
- Du, Y., Feng, Z., Wang, J., Jin, W., Wang, Z., Guo, T., Chen, Y., Feng, H., Yu, L., Li, W., & Zhou, L. (2022). Frequency and spectrum of mutations induced by gamma rays revealed by phenotype screening and whole-genome re-sequencing in *Arabidopsis thaliana*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2), 654. <https://doi.org/10.3390/ijms23020654>
- Dwivedi, A. K., & Banerji, B. K. (2008). Effects of gamma irradiation on *Dahlia* cv. "Pinki" with particular reference to induction of somatic mutation. *Journal of Ornamental Horticulture*, 11(2), 148-151.
- Henny, R. J., Norman, D. J., & Chen, J. (2004). Progress in ornamental aroid breeding research. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 91(3), 464-472.
- Hong, M. J., Kim, D. Y., Jo, Y. D., Choi, H. I., Ahn, J. W., Kwon, S. J., Kim, S. H., Seo, Y. W., & Kim, J. B. (2022). Biological effect of gamma rays according to exposure time on germination and plant growth in wheat. *Applied Sciences*, 12(6), 3208. <https://doi.org/10.3390/app12063208>
- Hussein, H. A. A. (2022). Influence of radio-grain priming on growth, antioxidant capacity, and yield of barley plants. *Biotechnology Reports*, 34, e00724. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00724>
- Kovalchuk, I., Molinier, J., Yao, Y., Arkhipov, A., & Kovalchuk, O. (2007). Transcriptome analysis reveals fundamental differences in plant response to acute and chronic exposure to ionizing radiation. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 624(1-2), 101-113.
- Li, Q., Chen, J., McConnell, D. B., & Henny, R. J. (2007). A simple and effective method for quantifying leaf variegation. *HortTechnology*, 17(3), 285-288.
- Mahapatra, K., & Roy, S. (2020). An insight into the mechanism of DNA damage response in plants-role of suppressor of gamma response 1: an overview. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 819-820, 111689. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2020.111689>
- Manova, V. & Gruszka, D. (2015). DNA damage and repair in plants—from models to crops. *Frontiers in Plant Science*, 6, 885. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00885>
- Nicolson, D. H. (1969). *A Revision of the Genus Aglaonema (Araceae): Smithsonian Contributions to Botany*. Smithsonian Institution Press.
- Pangjai, W., & Huehne, P. S. (2021). Gamma-ray induced morphological changes in rain lily (*Zephyranthes* spp.). *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(3), 643-655.
- Preuss, S. B., & Britt, A. B. (2003). A DNA-damage-induced cell cycle checkpoint in *Arabidopsis*. *Genetics*, 164(1), 323-334.

- Puripunyavanich, V., Piriaphattarakit, A., Chanchula, N., & Taychasinpitak, T., (2019). Mutation induction of In vitro *Chrysanthemum* by gamma irradiation. **Chiang Mai Journal of Science**, 46(3), 609-617.
- Raina, A., Laskar, R. A., Wani, M. R., Jan, B. L., Ali, S., & Khan, S. (2022). Comparative mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays and sodium azide in inducing chlorophyll and morphological mutants of cowpea. **Plants**, 11(10), 1322. <https://doi.org/10.3390/plants11101322>
- Ritonga, A. W., & Sukma, D. (2017). The effect of gamma irradiation to the phenotypic of Two *Aglonema* varieties. **Agrotech Journal**, 2(2), 21-26.
- Srichuai, P., Taychasinpitak, T., Wongchaochant, S., Patanakiat, S., & Piriaphattarakit, A. (2018). Effect of Acute Gamma Irradiation on *In Vitro* Culture of Node Climbing Ornamental Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). **Thai Journal of Science and Technology**, 7(3), 239-248.
- Sun, S., Zhang, Q., Yu, Y., Feng, J., Liu, C., & Yang, J. (2022). Leaf coloration in *Acer palmatum* is associated with a positive regulator *ApMYB1* with potential for breeding color-leafed plants. **Plants**, 11(6), 759. <https://doi.org/10.3390/plants11060759>
- Wani, A. A. (2009). Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, ethyl methane sulphonate and their combination treatments in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**, 8(4), 318. <https://doi.org/10.3923/ajps.2009.318.321>
- Weyers, J. D., & Lawson, T. (1997). Heterogeneity in stomatal characteristics. **Advances in Botanical Research**, 26, 317–352.
- Yin, Q., Tian, T., Kou, M., Liu, P., Wang, L., Hao, Z., & Yue, M. (2020). The relationships between photosynthesis and stomatal traits on the Loess Plateau. **Global Ecology and Conservation**, 23, e01146. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01146>
- Yin, Z., Zhang, Z., Deng, D., Chao, M., Gao, Q., Wang, Y., Yang, Z., Bian, Y., Hao, D., & Xu, C. (2014). Characterization of RuBisCo activase genes in maize: an α -isoform gene functions alongside a β -isoform gene. **Plant Physiology**, 164(4), 2096-2106.
- Yu, Q., Chen, L., Zhou, W., An, Y., Luo, T., Wu, Z., Wang, Y., Xi, Y., Yan, L., & Hou, S. (2020). *RSD1* is essential for stomatal patterning and files in rice. **Frontiers in Plant Science**, 11, 600021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.600021>
- Zhao, M. H., Li, X., Zhang, X. X., Zhang, H., & Zhao, X. Y. (2020). Mutation mechanism of leaf color in plants: a review. **Forests**, 11(8), 851. <https://doi.org/10.3390/f11080851>

การผลิตไร่น้ำนางฟ้าอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำและการถ่ายทอดสู่เกษตรกร

The Production of Fairy Shrimp as Live Food for Aquatic Animals and Transfer to Farmers

จามรี เครือหงษ์^{1*} และปิยะนารด จันทร์เล็ก²Jamree Khrueahong^{1*} and Piyanard Junlek²

Received date: 10 มี.ค. 66 Revised date: 23 ส.ค. 66 Accepted date: 31 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.006>

บทคัดย่อ

ไร่น้ำนางฟ้าเป็นแพลงก์ตอนสัตว์จำพวกกุ้งที่มีขนาดเล็ก มีคุณค่าทางโภชนาการและแคโรทีนอยด์สูง ไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารโดยการกรองได้ทั้งอาหารที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ในประเทศไทยมีไร่น้ำนางฟ้าอยู่ 3 ชนิดคือ ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร ไร่น้ำนางฟ้าไทย และไร่น้ำนางฟ้าสยาม ซึ่งไร่น้ำนางฟ้าทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งในเรื่องของขนาดตัว สี และลักษณะของไข่ การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าในประเทศไทยพบการเลี้ยงอยู่ 3 รูปแบบ คือใน บ่อซีเมนต์ บ่อดิน และกระชัง ซึ่งเป็นการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าให้เป็นตัวเต็มวัย การใช้ประโยชน์จากไร่น้ำนางฟ้ามีทั้งรูปแบบของมีชีวิตและไม่มีชีวิตในรูปแบบแช่แข็ง และนำไปเป็นอาหารสัตว์น้ำสวยงามที่นิยมใช้ไร่น้ำนางฟ้าเป็นอาหาร ได้แก่ ปลาทอง ปลาหมอสี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ทำเป็นอาหารเม็ดเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลาทับทิม เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ไร่น้ำนางฟ้ามีศักยภาพที่จะผลิตเป็นอาหารของสัตว์น้ำทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย หากมีการถ่ายทอดองค์ความรู้การเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าและการใช้ประโยชน์จากไร่น้ำนางฟ้าให้กับเกษตรกรอย่างแพร่หลาย จะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากไร่น้ำนางฟ้าในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้นและเกิดความยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ไร่น้ำนางฟ้า อาหารมีชีวิต สัตว์น้ำ ถ่ายทอด

Abstract

Fairy shrimps are zooplankton, a small crustacean with high nutritional value and carotenoids. Fairy shrimps are aquatic animals that feed on both living and non-living food by filtering. In Thailand, there are 3 species of fairy shrimps, namely *Streptocephalus sirindhornae*, *Branchinella thailandensis*, and *Streptocephalus siamensis*. The three species of fairy shrimps exhibit distinct characteristics in terms of size, color, and egg morphology. There are 3 types of fairy shrimp culture in Thailand, namely, cement ponds, clay ponds, and hapas, which are adult fairy shrimp cultures. Both living and non-living forms of fairy shrimps are used by freezing. The usage of fairy shrimps comes in both living and non-living, frozen forms. Fairy shrimps are fed as food for beautiful aquatic animals such as goldfish, cichlids, etc. They are also used as food pellets to feed aquatic animals such as giant freshwater prawns, Red tilapia fish, etc. Therefore, it can be concluded that fairy shrimps have a significant potential as a valuable food source for both larval and adult aquatic organisms. Consequently, the widespread dissemination of knowledge about fairy shrimp aquaculture and utilization can greatly enhance their adoption in the aquaculture industry, thereby promoting sustainability.

Keywords: fairy shrimp, live food, aquatic animal, transfer

คำนำ

ไร่น้ำนางฟ้า เป็นสัตว์ขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดชนิดหนึ่ง ปัจจุบันนิยมเพาะเลี้ยงเพื่อใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสัตว์น้ำสวยงาม เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารสีช่วยในการเร่งสีสัตว์น้ำ ไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์ที่เกิดในบริเวณแหล่งน้ำชั่วคราว ไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์น้ำมีเปลือกหุ้ม เช่นเดียวกับ กุ้ง ปู แต่เปลือกของไร่น้ำนางฟ้าเปลือกอ่อนนุ่ม ทำให้เป็นอาหารของสัตว์น้ำอื่นได้ ไร่น้ำนางฟ้าที่พบในประเทศไทยมี 3 ชนิดคือ ไร่น้ำนางฟ้าไทย ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร และไร่น้ำนางฟ้าสยาม มีการรายงานการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าเชิงพาณิชย์ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ เลี้ยงในบ่อดิน เลี้ยงในกระชัง และเลี้ยงในบ่อปูน

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

² ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Muang district, Nakhon Sawan 60000

² Department of Agricultural Education, School of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: email jamree.k@nsru.ac.th

(Saengphan, 2005, Sriputhorn, 2009; Srinoparatwatana et al, 2015, 2017b; Sanoamuang et al, 2023a, 2023b) นอกจากนี้ยังสามารถเลี้ยงในภาชนะอื่น ๆ ได้แก่ ถังพลาสติก กะละมัง บ่อพลาสติก เป็นต้น อาหารของไร่น้ำนางฟ้าในปัจจุบันนิยมใช้สาหร่ายสีเขียว ที่เรียกว่า คลอเรลลา นอกจากนี้ยังมีการใช้อาหารผง แพลงก์ตอนพืชจากน้ำบ่อปลา ยีสต์ จุลินทรีย์ EM จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เป็นต้น เพื่อเป็นอาหารของไร่น้ำนางฟ้า (Sriputhorn & Sanoamuang, 2012; Srinoparatwatana et al, 2015; Khrueahong et al, 2016; Saejung et al, 2021) การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าให้ได้ตัวเต็มวัยขึ้นอยู่กับชนิดของไร่น้ำนางฟ้า อาหารคุณภาพน้ำและการจัดการ เมื่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าได้ขนาดลำตัวมากกว่า 2 เซนติเมตร จะมีการจำหน่ายในรูปแบบของตัวไร่น้ำนางฟ้ามีชีวิตหรือแบบแช่แข็ง นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ไร่น้ำนางฟ้าอบแห้งและบดเป็นผง นำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารเม็ดเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้อีกด้วย แต่ยังมีต้นทุนในการผลิตสูง (Simawan et al, 2016; Khrueahong et al, 2019) มีการถ่ายทอดความรู้ในเรื่อง การเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าให้กับเกษตรกรในภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี สุพรรณบุรี สกลนคร ขอนแก่น มหาสารคาม นครสวรรค์ เป็นต้น (Sricomoi, 2011; Sriputhorn et al. 2011; Srinoparatwatana, 2016; Sanoamuang et al, 2023b) ดังนั้น เพื่อให้การใช้ไร่น้ำนางฟ้าเป็นอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าแก่เกษตรกร โดยการสอนเทคนิค วิธีการเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า เพื่อจะได้มีผลผลิตต่อเนื่องและเพียงพอสำหรับใช้เป็นอาหารมีชีวิตในฟาร์มของเกษตรกร ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มรายได้ให้เกษตรกร และจะนำไปสู่การพัฒนาชุมชนที่พึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

ชีววิทยาของไร่น้ำนางฟ้า

ไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์จำพวกไม่มีกระดูกสันหลัง อยู่ในกลุ่มครัสเตเชียน (Crustacean) เป็นสัตว์น้ำจืดในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่ ไร่น้ำนางฟ้ามีรูปร่างคล้ายกุ้งขนาดเล็ก แต่ไม่มีเปลือก ตัวใส มีขาว่ายน้ำจำนวน 11 คู่ (กุ้งมีขาเพียง 5 คู่) ลำตัวยาว 1.1-4.3 เซนติเมตร ขณะมีชีวิตอยู่จะว่ายน้ำหางย้อยโดยใช้ขาช่วยกรรเชียงน้ำ บริเวณหัวมีตาขนาดใหญ่ที่มีก้านยาว 1 คู่ มีหนวด 2 คู่ ส่วนหางแยกเป็นสองแฉกมีสีแดงเข้ม ตัวเมียมีถุงไข่ 1 ถุงอยู่ทางด้านท้อง หนวดคู่ที่ 2 ของตัวผู้เปลี่ยนแปลงไปใช้สำหรับจับตัวเมียเวลาผสมพันธุ์และใช้ในการจำแนกชนิด พบเฉพาะในบางฤดูกาล ในช่วงต้นฤดูฝนตามแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำท่วม แต่ปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงได้ตลอดทั้งปี ไร่น้ำนางฟ้าเคลื่อนที่ว่ายน้ำในลักษณะหางย้อย หากมีอาหารเพียงพอจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยอย่างรวดเร็ว ในระยะเวลา 7-14 วันหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับชนิดของไร่น้ำนางฟ้า ไร่น้ำนางฟ้าจะกรองกินแพลงก์ตอนพืชหรือสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำเป็นอาหาร มีการแพร่ขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ วิธีการผสมพันธุ์คล้ายกับพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของกุ้งทะเล โดยไร่น้ำนางฟ้าเพศผู้จะว่ายน้ำหาเพศเมีย เมื่อพบเพศเมียที่มีรังไข่ที่สมบูรณ์ (ไม่มีไข่ในถุงไข่) จะใช้หนวดคู่ที่ 2 ซึ่งมีขนาดใหญ่เกาะที่ส่วนนอกเหนือรังไข่ จากนั้นจะงอตัวเอาส่วนนอกบริเวณที่มีท่อส่งน้ำเชื้อ ไปอยู่เหนือส่วนนอกบริเวณที่มีถุงไข่ของเพศเมีย แล้วปล่อยถุงน้ำเชื้อเข้าไปในตัวเพศเมีย ไร่น้ำนางฟ้าจะมีอายุอยู่ได้ประมาณ 40-90 วันแล้วแต่ชนิดของไร่น้ำนางฟ้า สำหรับไข่ที่ไร่น้ำนางฟ้าเพศเมียปล่อยออกมาจากถุงเก็บไข่นั้นจะตกลงอยู่ที่ก้นแหล่งน้ำโดยจะไม่ฟักตัว แต่ตัวอ่อนที่อยู่ในไข่ยังมีน้ำขังในแหล่งน้ำจะมีการพัฒนาต่อไปจนเป็นตัวอ่อนที่สมบูรณ์ แล้วฟักตัวอยู่ภายในไข่ ไข่ระยะฟักตัว (cyst) นี้จะรออยู่ในพื้นที่แห้งเมื่อถึงฤดูฝนมีน้ำท่วมขังก็จะมีการฟักตัวออกมา (Chalorkpunrut, 2010; Sanoamuang et al., 2023a)

ชนิดและลักษณะของไร่น้ำนางฟ้า

ไร่น้ำนางฟ้าที่พบในประเทศไทยในปัจจุบันมี 3 ชนิด (Figure 1; Sanoamuang et al., 2023a, 2023b) ดังต่อไปนี้

1. ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*) มีขนาดประมาณ 1.5 - 3.0 เซนติเมตร ลำตัวใสหรือสีฟ้า หางสีแดง ไข่มีลักษณะรูปทรงกลมคล้ายตะกร้อ
2. ไร่น้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) มีขนาดประมาณ 1.7 - 4.0 เซนติเมตร ลำตัวสีส้มแดงตลอดทั้งตัว ไข่มีลักษณะรูปทรงกลมคล้ายตะกร้อ แต่มีขนาดใหญ่กว่าไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร
3. ไร่น้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) มีขนาดประมาณ 1.1 - 2.0 เซนติเมตร ลำตัวใสสีตัวบางครั้งเป็นสีฟ้าอ่อน หางสีแดง ไข่มีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมคล้ายปิรามิด (tetrahedral eggs) เป็นชนิดที่หายาก

จากไร่น้ำนางฟ้าไทยทั้ง 3 ชนิดนี้ ชนิดที่นิยมเลี้ยงได้แก่ ไร่น้ำนางฟ้าไทย เพราะสามารถเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า ได้ผลผลิตในระยะเวลานานขึ้น และอีกชนิดคือ ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรใช้ระยะเวลาการเลี้ยงนานกว่าไร่น้ำนางฟ้าไทย ส่วนไร่น้ำนางฟ้าสยามไม่พบการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นชนิดที่หายากและทำการเพาะเลี้ยงได้ยาก

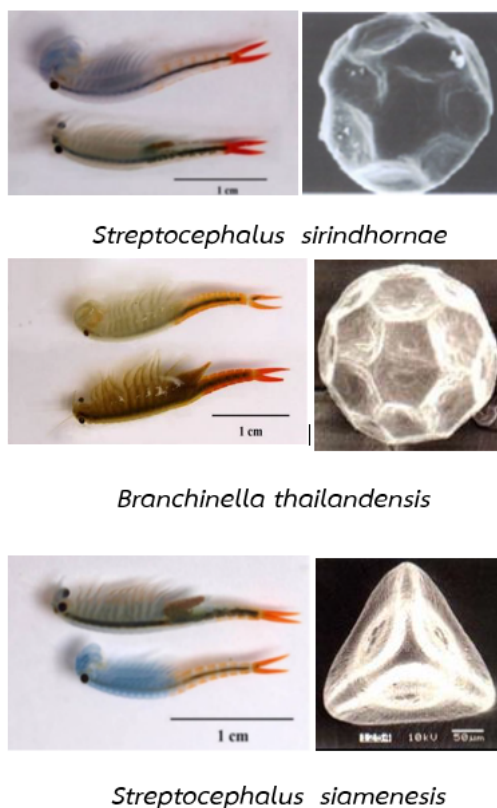


Figure 1 Characteristics and eggs of the 3 types of fairy shrimp

Note: Sanoamuang et al. (2023b)

การฟักไร่น้ำนางฟ้า

การฟักไข่ไร่น้ำนางฟ้าสามารถทำได้ทั้งในภาชนะขนาดเล็กประมาณ 5 - 20 ลิตร หรือฟักในบ่อเลี้ยงโดยตรง ภาชนะที่ใช้ควรเป็นภาชนะทึบแสง เพื่อแยกไร่น้ำวัยอ่อนออกจากภาชนะที่ใช้ฟักไข่จะสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อนชอบว่ายน้ำเข้าหาแสงสว่าง ดังนั้น ถ้าต้องการตัวไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อน สามารถทำได้โดยใช้แสงสว่างจากไฟฟ้า ไฟฉาย หรือแสงอาทิตย์ส่องให้ไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อนมารวมตัวกันเฉพาะที่บริเวณผิวน้ำแล้วดูดออกหรือตักออก ภาชนะแบบปากกว้างมีความเหมาะสมกับการฟักไข่ไร่น้ำนางฟ้ามากกว่าภาชนะที่ปากแคบ หรือทรงสูงเพราะสามารถสังเกตและช้อนไร่น้ำวัยอ่อนออกได้สะดวกกว่า และยังช่วยให้ออกซิเจนจากอากาศละลายลงสู่น้ำได้มากขึ้น หรือสามารถใช้กระชอนฟักไข่ จากนั้นใช้ภาชนะทึบแสงปิด เมื่อไร่น้ำนางฟ้าฟักออกมาเป็นตัวก็จะวิ่งเข้าหาแสงเช่นเดียวกัน การฟักไข่ของไร่น้ำนางฟ้าไทยช่วงเวลาที่ไข่แช่น้ำมีอิทธิพลอย่างมาก ไข่จะต้องแช่นานาน 2 - 4 สัปดาห์ เพื่อให้ตัวอ่อนภายในไข่มีการพัฒนาสมบูรณ์ ไข่แต่ละครอกมีระยะเวลาในการพัฒนาที่แตกต่างกัน ซึ่งไข่ในครอกแรกจะใช้ระยะเวลาแช่นานานกว่าไข่ในครอกหลัง (Saengphan, 2005; Srinoparatwatana, 2016) ทั้งนี้การฟักไม่ว่าจะเป็นการฟักในภาชนะหรือในบ่อโดยตรง จะต้องให้ไข่ไร่น้ำนางฟ้าสัมผัสกับน้ำตลอดเวลาในการฟัก เพราะหากไข่ลอยติดขอบภาชนะก็จะทำให้ไข่ไร่น้ำนางฟ้าไม่ฟักเป็นตัว หลังจากไข่บางส่วนฟักให้แยกลูกไร่น้ำออก อาจจะมีไข่ที่เหลือปะปนอยู่กับเปลือกไข่ที่ฟักแล้วสามารถรวบรวมไข่ใส่ถุงกรองนำไปตากแดดให้แห้ง และนำมาเติมน้ำฟักได้อีกประมาณ 2-3 ครั้ง จนกว่าไข่จะฟักหมด (Sanoamuang et al., 2023a)

อาหารและการให้อาหารไร่น้ำนางฟ้า

ไร่น้ำนางฟ้ากินอาหารโดยการกรองกิน สามารถกรองกินจำพวกสาหร่าย อินทรีย์สาร แบคทีเรีย จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็กกว่าปาก แต่ปัจจุบันที่นิยมใช้กันคือ คลอเรลลา ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชเซลล์เดี่ยวขนาดเล็ก มีการขยายจำนวนโดยใช้ปุ๋ยเคมี อาจทำให้น้ำเสียได้ง่าย มีการให้อาหารอื่น เช่น รำ แป้ง ยีสต์ หรือการให้น้ำหมักชีวภาพ แต่ยังมีปัญหาในเรื่องของคุณภาพน้ำ และไร่น้ำนางฟ้ามีสีซีด เพราะทั้งยีสต์และน้ำหมักชีวภาพ ไม่มีสารสีพวกคลอโรฟิลล์ ดังนั้นจึงควรให้สลักกับสาหร่าย การให้อาหารให้วันละ 2 ครั้ง คือ ตอนเช้าและตอนเย็น ถ้าเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าอัตราความหนาแน่นเกิน 30 ตัวต่อลิตร จะต้องมีการให้อาหารปริมาณมาก การสังเกตความสมบูรณ์ของไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อน สามารถสังเกตได้จากทางเดินอาหารมีสีเขียว ท้องลำไส้ยาว ถ้าให้

อาหารจำพวกน้ำเขียวมากจะเป็นที่สะสมของของเสีย ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไร่น้ำนางฟ้า นอกจากนี้ยังมีการใช้อาหารผง แพลงก์ตอนพืชจากน้ำบ่อปลา ยีสต์มีชีวิต จุลินทรีย์ EM จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เป็นต้น เพื่อเป็นอาหารของไร่น้ำนางฟ้าทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกันออกไป (Sriputhorn & Sanoamuang, 2012; Srinoparatwatana et al, 2017b; Khrueahong et al, 2016; Saejung et al, 2021) จากการศึกษาของ Saengphan (2005) พบว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงไร่น้ำนางฟ้ามีหลายประเภท เช่น สาหร่ายสีเขียว ราข้าว ราข้าวโพด ยีสต์ แบคทีเรีย และสาหร่ายแห้ง เป็นต้น สำหรับไร่น้ำนางฟ้าไทยพบว่า เจริญเติบโตได้ดีเมื่อเลี้ยงด้วยคลอเรลลา ราหรือใช้ราพร้อมกับสาหร่ายสปูรินาผงอย่างละ 50 % ทดแทนคลอเรลลาได้ครึ่งหนึ่งในช่วง 1 - 2 วันแรก ที่ยังไม่มีการหมุนเวียนน้ำสามารถให้อาหารโดยการเติมวันละ 2-3 ครั้ง เมื่อใช้ระบบน้ำไหลผ่านการให้อาหารต้องเปลี่ยนเป็นแบบหยด หรือปล่อยให้อาหารไหลลงบ่อเลี้ยงตลอดเวลาด้วยวิธีกาลักน้ำ (siphon) หรือใช้วิธีติดตั้งเครื่องปั้มน้ำอัตโนมัติ สำหรับดูดสาหร่ายส่งไปยังบ่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าโดยตั้งเวลาเปิดปิดเป็นระยะ ๆ อัตราการไหลให้ปรับตามความโปร่งใสของน้ำ เนื่องจากตามปกติปริมาณความเข้มข้นของคลอเรลลาที่ได้จากการเลี้ยงในแต่ละบ่อไม่เท่ากัน จึงต้องมีการปรับปริมาณอาหารที่เติมลงในบ่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าอยู่เสมอ วิธีการสังเกตว่าอาหารที่ให้เพียงพอหรือไม่ อาจสังเกตได้จากสีขุ่นของน้ำนางฟ้า โดยปกติไร่น้ำนางฟ้าจะมีการขับถ่ายออกมาอย่างต่อเนื่องมองเห็นเป็นสายยาว ถ้าอาหารมีไม่เพียงพอ สิ่งขับถ่ายที่ออกมาจะไม่ต่อเนื่องหรือไม่เต็มในท่อที่ขับถ่ายออกมา ซึ่งจะต้องมีการเพิ่มปริมาณอาหาร สรุปได้ว่า อาหารของไร่น้ำนางฟ้าจะเป็นสาหร่ายหรือสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าปากไร่น้ำนางฟ้า และสามารถกรองกินเข้าไปได้ แต่ต้องระวังในเรื่องของน้ำเสีย และการสังเกตว่าอาหารเพียงพอหรือไม่สามารถดูได้จากอาหารในลำไส้ของไร่น้ำนางฟ้า

การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า

ในปัจจุบันการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า ที่พบในประเทศไทยมีการเลี้ยงอยู่ 3 รูปแบบคือ การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงในบ่อดิน และการเลี้ยงในกระชัง

1.1 การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าในบ่อซีเมนต์

Saengphan (2005) รายงานว่า การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยโดยมีเป้าหมายที่การผลิตไร่น้ำนางฟ้าตัวเต็มวัยเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์น้ำ หรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ สามารถเลือกวิธีการเลี้ยงได้หลายวิธี ตามระดับความหนาแน่นของไร่น้ำนางฟ้าที่ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อ ขึ้นอยู่กับปริมาตรและคุณภาพของน้ำ เช่น การเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นไม่เกิน 5 ตัวต่อลิตร สามารถเลี้ยงได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยงเพียงแต่เติมอาหารลงไปให้กินทุกวันเท่านั้น ความหนาแน่นดังกล่าวน้อยเกินไปหากต้องการเลี้ยงในเชิงการค้า เมื่อเพิ่มความหนาแน่นขึ้นเป็น 10-20 ตัว จะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 10-20 % และให้พองอากาศเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้เพียงพอต่อการหายใจของไร่น้ำนางฟ้าภายในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยง และเมื่อเพิ่มความหนาแน่นขึ้นมากกว่า 30 ตัวต่อลิตร จะต้องเลี้ยงในระบบที่มีน้ำไหลผ่านตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง

1.1.1 บ่อเลี้ยง บ่อเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าควรสร้างด้วยวัสดุที่แข็งแรง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของแบคทีเรียและไข่ของแพลงก์ตอนชนิดอื่นสะสมภายในบ่อ รูปทรงของบ่อที่เหมาะสมสำหรับเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าควรเป็นบ่อที่ทำให้มีการไหลเวียนได้อย่างทั่วถึง ซึ่งบ่อที่มีลักษณะดังกล่าวควรเป็นบ่อรูปไข่ หรือทรงกลม แต่ในทางปฏิบัติการก่อสร้างบ่อที่มีรูปทรงดังกล่าวที่มีขนาดใหญ่ จะไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากมีปัจจัยด้านต้นทุน และเทคนิคการก่อสร้าง โดยทั่วไปจึงใช้บ่อที่มีอยู่แล้ว หรือบ่อที่ก่อสร้างใช้ต้นทุนต่ำ เช่น บ่อซีเมนต์สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือบ่อวงกลม เป็นต้น

1.1.2 ระบบหมุนเวียนน้ำ และอากาศภายในบ่อ ใช้หัวทรายวางกระจายให้ครอบคลุมทั่วพื้นบ่อ (6 - 8 หัวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร) สะดวกและเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่ก็มีปัญหาเรื่องการอุดตันและต้องปรับปริมาณอากาศอยู่เสมอ ต้องหมั่นทำความสะอาด มีการฆ่าเชื้อโรคที่สะสมอยู่ตามซอกของหัวทราย การใช้เครื่องปั้มน้ำอากาศที่มีแรงดันสูงจะช่วยลดการอุดตันของหัวทรายได้รับดับหนึ่งในบ่อที่ระดับน้ำไม่ลึกมากนัก การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าอย่างหนาแน่นจะมีการขับถ่ายและการลอกคราบจำนวนมากทำให้เกิดของเสีย ของเสียเหล่านี้มีผลทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง วิธีการระบายของเสียออกจากบ่อ ทำได้โดยการดูดตะกอนในทุกวัน

1.1.3 การดูดและกรองตะกอน ตะกอนที่เกิดจากการขับถ่าย และการลอกคราบของไร่น้ำนางฟ้าที่เลี้ยงอย่างหนาแน่น ถ้าไม่มีการจัดการที่ดีจะส่งผลเสียต่อการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า เพราะจะทำให้เกิดแอมโมเนีย มีโทษต่อไร่น้ำนางฟ้า การเลือกใช้ผ้ากรองให้มีขนาดตาที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ตะกอนถูกดูดออกไป ไม่มีไร่น้ำนางฟ้าน้ำหลุดรอดออกไป

1.1.4 คุณภาพน้ำ ระหว่างการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 6.5 - 9.0 ค่าแอมโมเนียรวม (total ammonia) น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนโตรท์ น้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์น้ำที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงกรองกินอาหารและขับถ่ายออกมาในปริมาณมาก ซึ่งจะถูกล่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนียและไนโตรท์ นอกจากนี้

แอมโมเนียบางส่วนยังติดมากับอาหารได้ วิธีการแก้ปัญหาทำได้โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หรือเพิ่มปริมาณการไหลเวียนของน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ยังอาจใช้คลอรีนที่ตกตะกอนด้วยสารส้ม ซึ่งสามารถแยกปุ๋ยที่ใช้เลี้ยงคลอรีนออกจากเซลล์คลอรีน และเก็บเฉพาะคลอรีนที่ตกตะกอนมา ใช้เลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าซึ่งเป็นคลอรีนที่มีแอมโมเนียปนอยู่น้อย นอกจากนี้การใช้สารส้มตกตะกอนสาหร่าย มีข้อดีที่ช่วยในการรวบรวมสาหร่ายได้เร็ว แต่ข้อเสียคืออาจทำให้แบคทีเรียและไรต์เฟอร์ติดมากับอาหารได้

1.1.5 ศัตรูของไร่น้ำนางฟ้า ศัตรูที่พบ ได้แก่ ลูกน้ำ แม้ว่าลูกน้ำจะมีขนาดเล็กกว่าไร่น้ำแต่ก็สามารถกัดกินไร่น้ำนางฟ้าได้เพียงบางส่วนหรือกัดติดแน่นที่บริเวณส่วนหัวหรือลำตัวจนกว่าไร่น้ำจะตาย นอกจากนี้ยังมีตัวอ่อนแมลงปอ ตัวอ่อนแมลงปีกแข็งเกือบทุกชนิด ถ้าไม่มีวิธีการกำจัดอย่างเหมาะสมเมื่อตัวอ่อนของแมลงโตขึ้นจะทยอยกัดกินไร่น้ำนางฟ้า จนบางครั้งสามารถกัดกินไร่น้ำนางฟ้าได้หมดทั้งบ่อ เช่นเดียวกับ ไรต์เฟอร์ ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก หากเกิดขึ้นจะมีการแย่งอาหารไร่น้ำนางฟ้า และเกาะตามตัวไร่น้ำนางฟ้า ทำให้ไร่น้ำนางฟ้าเคลื่อนที่และใช้ระยะพักพิบอาหารเข้าปากได้ยาก

1.1.6 การเก็บผลผลิต การเก็บผลผลิตไร่น้ำนางฟ้า สามารถเลือกเก็บได้ตามขนาดของไร่น้ำนางฟ้าที่ต้องการ เช่น เมื่ออายุ 5 - 7 วัน มีความยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร หรือเมื่ออายุ 15 วัน มีความยาวกว่า 15 มิลลิเมตร เป็นต้น ผลผลิตตัวไร่น้ำนางฟ้าเมื่อเลี้ยงครบ 15 วัน อยู่ระหว่าง 1.538 - 2.022 กิโลกรัมต่อตัน และเก็บรวบรวมให้ได้อีกประมาณ 4.5 - 6.3 ล้านฟอง ถ้าภายหลังการเก็บเกี่ยวจะต้องหยุดให้อาหารไร่น้ำนางฟ้าจนสังเกตว่าไม่มีหรือมีสิ่งขับถ่ายเหลืออยู่ภายในทางเดินอาหารเพียงเล็กน้อยจึงเก็บผลผลิตและบรรจุลงในภาชนะที่จะขนย้าย ซึ่งถ้ามีการขนย้ายเป็นระยะทางไกลและบรรจุในอัตราที่หนาแน่นมาก จะต้องเติมอากาศหรืออัดออกซิเจน และลดอุณหภูมิระหว่างการเดินทาง การตัดย้ายไร่น้ำนางฟ้า ควรตัดให้มีน้ำติดไปด้วยไม่ควรซัดเฉพาะตัวไร่น้ำนางฟ้าขึ้นจากน้ำ การเก็บผลผลิตอาจใช้วิธีช้อนหรือลากอวนภายในบ่อ หรือวิธีปล่อยน้ำออกจากบ่อแล้วใช้สวิงหรืออวนรองรับอยู่ปลายท่อระบายน้ำ

Srinoparatwatana et al. (2017b) รายงานว่า การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าในบ่อปูนซีเมนต์โดยใช้น้ำจากบ่อปลาสวย วิธีการให้อาหารวันละ 6 ครั้ง โดยใช้วิธีการให้อาหารอัตโนมัติ (Figure 2) ใช้ระยะเวลาการให้อาหาร 1 ชั่วโมงเว้น 3 ชั่วโมง ทั้งนี้ผู้เลี้ยงต้องสังเกตจากสีน้ำที่ไร่น้ำนางฟ้ากินอาหาร เมื่อน้ำใสก็ให้อาหารเพิ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำในบ่อเลี้ยงปลาว่ามีแพลงก์ตอนมากน้อยเพียงใด ซึ่งการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์สามารถเก็บผลผลิตไข่และตัวไร่น้ำนางฟ้าได้ง่าย วิธีการเก็บเกี่ยวเมื่อไร่น้ำนางฟ้าอายุได้ 15 วัน ใช้สวิงตักแล้วนำมาล้างให้สะอาด โดยไม่มีการหยุดให้อาหาร แตกต่างกับการรายงานของ Saengphan (2005) ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีการขนส่งในรูปแบบของไร่น้ำนางฟ้ามีชีวิต แต่เป็นการเก็บไร่น้ำนางฟ้าเพื่อแช่แข็ง โดยใส่ไร่น้ำนางฟ้าในถุงซิปล้างและนำไปแช่แข็งในตู้อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อสามารถเก็บได้นานขึ้นและเมื่อต้องการนำมาใช้สามารถใช้ได้ทันที



Figure 2 Automatic Feeders for Fairy Shrimp

Note: Srinoparatwatana et al. (2017b)

1.2 การเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าในบ่อดิน

มีรายงานการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยในบ่อดิน Sriputhorn (2009) และ Sanoamuang (2023a) มีขั้นตอนการเลี้ยงสรุปได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 การเตรียมบ่อดิน บ่อเก่าควรระบายน้ำออกจากบ่อให้มีน้ำเหลือค้างเล็กน้อยทำให้พื้นบ่อเป็นเลน เพื่อสามารถไถพรวนพลิกดินเลนด้านล่างสัมผัสกับอากาศ และปูนขาวโดโลไมท์ที่หว่านขณะไถพรวน ในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ อาจใช้น้ำหมักชีวภาพช่วยในการย่อยสลาย โดยสาดให้ทั่วพื้นบ่อทิ้งไว้ 1-2 วัน หลังจากนั้นอาจจำเป็นต้องระบายน้ำออกจนหมดแล้วตากบ่อให้แห้ง ส่วนบ่อใหม่สามารถหว่านปูนขาวในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่

1.2.2 ทำการล้อมบ่อโดยใช้มุ้งอวนในลอนสีฟ้าขนาดความสูงประมาณ 1 เมตร (Figure 3) โดยใช้ไม้ไผ่หรือไม้ยูคาลิปตัสรอบบ่อ ระยะห่างประมาณ 2 เมตร เพื่อป้องกันศัตรูธรรมชาติของลูกสัตว์น้ำ เช่น กบ เขียด งู และปลากินเนื้อเข้าบ่อ

1.2.3 จากนั้นเติมน้ำใสในบ่อเลี้ยงสูงประมาณ 60-100 เซนติเมตร โดยกรองน้ำด้วยถุงกรองตาถี่เพื่อไม่ให้ปลา ไช้ปลา และป้องกันศัตรูเข้ามาในบ่อดิน ใส่ปุ๋ยมูลไก่จำนวน 70 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตรจำนวน 16-20-0 10 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ เพื่อทำให้เกิดอาหารธรรมชาติ ในการเลี้ยงในบ่อดินสามารถใช้ไข่แห้งฟักและอนุบาลในบ่อคอนกรีตจนไรร้านางฟ้าอายุ 5 วัน หรือใช้ไข่ที่สะสมในบ่อดิน ทำการฟักและอนุบาลในบ่อดินทั้งสองแบบให้ผลผลิต อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน



Figure 3 Culture of the Fairy Shrimp in Earthen pond

Note: Sanoamuang et al. (2023b)

นอกจากนี้ การเลี้ยงไรร้านางฟ้าในบ่อดินเป็นบ่อที่นิยมใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย มีขนาด 400, 800, 1,200 และ 1,600 ตารางเมตร โดยใช้ลูกไรร้านางฟ้าสิรินธรที่อนุบาลจากบ่อดินอายุ 5 วัน จำนวน 125 ตัวต่อตารางเมตร เลี้ยงไรร้านางฟ้าเป็นเวลา 25 วัน พบว่า ไรร้านางฟ้าที่เลี้ยงในบ่อดินขนาด 1,600 ตารางเมตร มีความยาวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2.290 ± 0.03 เซนติเมตร มีผลผลิต 16.82 ± 3.30 กิโลกรัม และพบว่าการเลี้ยงไรร้านางฟ้าฤดูร้อน ให้ผลผลิตสูงสุด 89.54 ± 18.06 กิโลกรัมต่อไร่ (Sriputhorn, 2009) ส่วน Sanoamuang et al. (2023a) รายงานว่า ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงไรร้านางฟ้าสิรินธรในบ่อดิน พบว่าไรร้านางฟ้าสิรินธรที่เลี้ยงในบ่อดินขนาด 1 ไร่ อายุ 25 วัน ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถรวบรวมผลผลิตตัวไรร้านมาเก็บไข่ในบ่อคอนกรีต 1-2 วัน แล้วทำการแช่แข็ง จำหน่ายกิโลกรัมละ 300-400 บาท เป็นเงินประมาณ 3,000-8,000 บาท ซึ่งมีต้นทุนในการผลิต ได้แก่ ค่าสูบน้ำ 200 บาท ค่าไข่ไรร้านางฟ้าสิรินธร 3,000 บาท ค่าแรงงาน 1,500 บาท ค่าปุ๋ยและวัสดุปูน 500 บาท ค่าการจัดการอื่น ๆ ประมาณ 300 บาท รวมต้นทุนประมาณ 5,500 บาทต่อไร่ และมีกำไรในการจำหน่ายตัวเต็มวัย ประมาณ 2,500 บาท ยังพบว่าการเลี้ยงครั้งต่อไปสามารถฟักไข่ที่สะสมอยู่ในบ่อดินโดยไม่ต้องลงทุนค่าไข่อีก ไรร้านางฟ้าสิรินธรมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และให้ผลผลิตไข่ได้มากกว่าไรร้านางฟ้าไทย เหมาะสมกับการเลี้ยงในบ่อดินขนาดใหญ่

1.3 การเลี้ยงไรร้านางฟ้าในกระชัง

Sriputhorn (2009) รายงานว่า การเลี้ยงไรร้านางฟ้าในกระชังเป็นการกางกระชังในบ่อดิน พบว่าผลผลิตของไรร้านางฟ้าที่เลี้ยงในกระชัง สามารถเก็บผลผลิตได้ในช่วงอายุ 15 วัน ซึ่งจะให้ผลผลิตดีที่สุด สามารถให้ผลผลิตโดยเฉลี่ย 500 กรัมต่อตารางเมตร และพบว่าเมื่อไรร้านางฟ้าอายุ 20 - 30 วัน จะมีแนวโน้มของผลผลิตลดลงเรื่อย ๆ มีสาเหตุการตายจากการหลุดตันของกระชัง ทำให้ไม่สามารถถ่ายเทน้ำได้สะดวก ไรร้านางฟ้าขาดออกซิเจนและมีอาหารไม่เพียงพอ ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการเปลี่ยนกระชังใหม่ เพื่อป้องกันการหลุดตันหรือทำการล้างกระชังให้สะอาด โดยใช้วัสดุที่อ่อนนุ่มเพื่อไม่ให้เนื้อกระชังถูกทำลาย การเลี้ยงไรร้านางฟ้าในกระชังให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน รวมทั้งป้องกันศัตรูและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ง่าย สามารถพัฒนาการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ได้ ดังนั้น Srinoparatwatana et al. (2017b) ได้เลี้ยงไรร้านางฟ้าใช้กระชังขนาด 1x1x1 เมตร มีส่วนของ

กระชังอยู่ในน้ำ 0.5 เมตร นำไปกางในบ่อเลี้ยงปลาสาวย (Figure 4) โดยนำไขโรนํานางฟ้าไทยมาฟักในถังพลาสติกน้ำสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ในร่มประมาณ 24 ชั่วโมง คูดตัวอ่อนที่ฟักได้ไปอนุบาล ในถังพลาสติกขนาด 60 ลิตร โดยใช้ไข่จากบ่อเลี้ยงปลาสาวย กรองผ่านผ้าขนาดตา 60 ไมครอน ผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1 อนุบาลเป็นระยะเวลา 5 วัน จากนั้นนำไปเลี้ยงต่อในกระชัง ความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร และมีวิธีการสูบน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเป็นอาหารแตกต่างกัน 3 วิธีการ คือ 1) ไม่มีการสูบน้ำเข้ากระชัง 2) สูบน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเข้ากระชังในเวลากลางวัน 3) สูบน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงปลาเข้ากระชังในเวลากลางคืน พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของการสูบน้ำเข้ากระชังในเวลากลางคืนมีค่ามากที่สุดคือ 1.15 ± 0.41 กิโลกรัมต่อตัน รองลงมาคือไม่มีการสูบน้ำเข้ากระชัง ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ± 0.25 กิโลกรัมต่อตัน ส่วนสูบน้ำเข้ากระชังในเวลากลางวันมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.77 ± 0.24 กิโลกรัมต่อตัน ผลผลิตของโรนํานางฟ้าไทยเลี้ยงด้วยวิธีการให้อาหารทั้ง 3 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่หากไม่มีการสูบน้ำเข้าไปในกระชัง จะทำให้กระชังมีตะกอนดินและโคลนมากกว่าวิธีการอื่น ๆ

นอกจากการเลี้ยงโรนํานางฟ้าในบ่อซีเมนต์ ในบ่อดิน และในกระชังแล้ว มีการเลี้ยงในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร มีการให้อาหารเป็นคลอเรลลา วันละ 24 ลิตร โดยใช้ระบบอัตโนมัติให้อาหารทุก 2 ชั่วโมง วันละ 12 ครั้ง ให้ผลผลิตสูงกว่า 3 และ 4 ชั่วโมง ทั้งนี้วิธีการให้อาหารอัตโนมัตินี้สะดวก ผู้เลี้ยงไม่จำเป็นต้องให้อาหารเอง แต่ไม่มีการคำนวณต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าไฟฟ้าหากมีการให้อาหารบ่อยครั้ง (Kidprasert, & Kasamechotchung, 2013) สรุปได้ว่า การเลี้ยงโรนํานางฟ้าในบ่อซีเมนต์ ในบ่อดิน และในกระชังแล้ว ในปัจจุบันมีการเลี้ยงในกะละมัง ถึง บ่อพลาสติกและถังไฟเบอร์อีกด้วย ไม่ว่าผู้เลี้ยงจะเลี้ยงในพื้นที่ใด จำเป็นต้องศึกษาวิธีการเลี้ยง มีการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความชำนาญ ตามบริบทของพื้นที่ของตน เพื่อจะได้เลี้ยงโรนํานางฟ้าได้อย่างเหมาะสม มีผลผลิตและสร้างรายได้อย่างต่อเนื่องต่อไป



Figure 4 Cages to raise fairy shrimp in fish pond

การใช้โรนํานางฟ้าอนุบาลและเลี้ยงสัตว์น้ำ

การใช้ประโยชน์จากโรนํานางฟ้านั้น สามารถใช้ได้ทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ซึ่ง Saengphan et al. (2006) รายงานว่า โรนํานางฟ้าเป็นแหล่งโปรตีนชนิดใหม่ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตเพื่อทดแทนอาหารโปรตีนชนิดต่าง ๆ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากโรนํานางฟ้ามีโปรตีนและมีกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิดในปริมาณสูง มีสารเร่งสีประเภทแคโรทีนอยด์ที่สูง จึงสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตอัตราการรอดและสีของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการสะสมของอาหารสำเร็จรูปในบ่อเลี้ยง และช่วยในการบำบัดน้ำ เนื่องจากโรนํานางฟ้าสามารถกรองกินสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ประโยชน์ของโรนํานางฟ้าพบว่ามีศักยภาพที่ใช้ทดแทนอาร์ทีเมียในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลิตเป็นอาหารเม็ดของสัตว์สวยงามน้ำจืดที่มีราคาแพงเลี้ยงเป็นสัตว์สวยงามใช้เป็นสัตว์ทดลองในการศึกษาด้านพิษวิทยา (toxicology) ใช้ในการสอนวิชาแพลงก์ตอนวิทยา อาหารและการให้อาหารปลา และเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งในอนาคตน่าจะเป็นแหล่งอาหารมีชีวิตที่มีคุณภาพในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศ การศึกษาใช้ประโยชน์จากโรนํานางฟ้าเป็นแหล่งอาหารมีชีวิตและแหล่งแคโรทีนอยด์ในสัตว์น้ำ ซึ่ง Srinoparatawatana et al. (2017a) พบว่า ปลาทองเลี้ยงด้วยอาหารเสริมโรนํานางฟ้าไทยสดหรือแช่แข็งทำให้เร่งสีเหลืองมากกว่าที่ให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียว มีการศึกษาใช้ประโยชน์จากโรนํานางฟ้าสรินธรเป็นอาหารเสริมในปลาหมอสีหรือสปรัดเปรียบเทียบกับอาร์ทีเมีย พบว่า ปลาหมอสีที่ได้รับโรนํานางฟ้าเป็นอาหารเสริม มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว หรืออาหารเม็ดสำเร็จรูปเสริมอาร์ทีเมีย ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยประมาณ 1.10, 1.23 และ 1.35 ตามลำดับ ($p < 0.05$) และเมื่อประเมินคะแนนร่างกายพบว่า ปลาหมอสีที่ได้รับโรนํานางฟ้า

เป็นอาหารเสริมมีมูลค่า และมาร์คตามบริเวณลำตัว สีแดงบริเวณด้านข้างลำตัว และสีบริเวณใต้ขากรรไกรจนถึงบริเวณพื้นท้องสวย เด่นชัดมากกว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารเม็ดเพียงอย่างเดียว หรือปลาหมอสีที่ได้รับอาหารเม็ดเสริมอาร์ทีเมีย (Saengphan et al., 2006) เช่นเดียวกับ Khruueahong et al. (2019) ได้ใช้โรนํานางฟ้าไทยทดแทนปลาป่นเลี้ยงปลาตะเพียน พบว่า ปลาตะเพียนเจริญเติบโตได้ดีและสีผิวของปลาตะเพียนสีแดงสดกว่าไม่เสริมโรนํานางฟ้าไทย สอดคล้องกับงานของ Sriputhorn & Sanoamuang (2012) ได้อนุบาลลูกปลาตะเพียนและลูกกุ้งก้ามกรามด้วยโรนํานางฟ้าไทย พบว่า สัตว์น้ำทั้งสองชนิดเจริญเติบโตดีกว่าอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับ Sornsuspharp et al. (2013) ได้อนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยโรนํานางฟ้าสีรินทร์แรกฟัก พบว่า ลูกกุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าอาร์ทีเมีย ไรแดงและอาหารสำเร็จรูป เช่นเดียวกับ Simawan et al. (2016) ได้ใช้โรนํานางฟ้าไทยเป็นแหล่งแคลโรตีนอยด์ในอาหารลูกปลาแพนซีคาร์ฟพบว่า อาหารผสมโรนํานางฟ้าไทยที่ความเข้มข้นของแคลโรตีนอยด์ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ส่งผลทำให้ปลาลูกแพนซีคาร์ฟมีความเข้มข้นสีผิวสูงสุด โดยค่าสีแดงเท่ากับ 14.66 ± 1.77 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 30.58 ± 1.21 แต่ยังมีต้นทุนในการผลิตอาหารค่อนข้างสูง จึงสรุปได้ว่า โรนํานางฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถเร่งสีสัตว์น้ำได้อีกด้วย แต่การใช้โรนํานางฟ้าไทยเป็นอาหารปลาต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วย

การถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเกษตรกร

สำหรับวิธีการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่เกษตรกรสามารถทำได้หลายวิธี เนื่องจากเกษตรกรนั้นมีความพร้อมในด้านพื้นที่ด้านบ่อเลี้ยงอยู่ก่อนแล้ว จึงควรส่งเสริมและถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสมัยใหม่ เกี่ยวกับวิธีการและเทคนิคการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้า เพื่อเป็นอาหารอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร และเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร โดยจัดเป็นการบรรยายให้ความรู้ การจัดทำสื่อสารสนเทศเพื่อเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงโรนํานางฟ้า และให้เกษตรกรลงมือปฏิบัติจริงโดยส่งเสริมให้มีการลงทุนเพิ่มในส่วนของการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าในบ่อดินเพื่อจะได้มีผลผลิตต่อเนื่อง และเพียงพอสำหรับใช้เป็นอาหารมีชีวิตในฟาร์มของเกษตรกรเอง หรือแบ่งปันและจำหน่ายให้แก่ผู้ที่ต้องการได้ เช่น Srinoparatwatana et al. (2016) ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่อง การผลิตโรนํานางฟ้าไทยด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลา ให้กับเกษตรกรให้กับเกษตรกร 2 ตำบลคือ ตำบลพันลาน อำเภอชุมแสง และ ตำบลบางพระหลวง อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนี้ยังมีการถ่ายทอดความรู้ดังกล่าวให้นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ มีการจัดอบรมให้ความรู้ภาคทฤษฎีและปฏิบัติ โดยใช้กระบวนการอบรมแบบ active learning มีการเปิดโอกาสให้ผู้เข้าอบรมมีส่วนร่วม พร้อมทั้งมีการสะท้อนความรู้เกี่ยวกับลักษณะของโรนํานางฟ้าไทย วงจรชีวิต อาหารของโรนํานางฟ้าไทย การฟักไข่ การอนุบาลและการเลี้ยง การเก็บไข่ การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาตำบลพันลาน ตำบลบางพระหลวง และนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีความรู้ความเข้าใจโดยเฉลี่ย ร้อยละ 62.44 55.28 และ 82.50 ตามลำดับ สรุปได้ว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการ สามารถเพิ่มความรู้และความเข้าใจให้กับผู้เข้าอบรม และสามารถนำน้ำทิ้งของบ่อเลี้ยงปลามาใช้ประโยชน์ได้ หากเกษตรกรได้รับทุนสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์และเครื่องมือจะทำให้สามารถผลิตโรนํานางฟ้าไทยเชิงพาณิชย์ได้ เช่นเดียวกับ Sriputhorn et al. (2011) ได้ศึกษาการเลี้ยงและใช้ประโยชน์โรนํานางฟ้าไทยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรในจังหวัดสกลนคร นอกจากนี้ Sricomoi (2011) ได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มอาชีพเลี้ยงปลาสวยงาม ตำบลม่วงชุม อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 30 คน ได้แนวทางในการเสริมเสริมการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าสามารถเป็นอาชีพเสริม ที่จะเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้เลี้ยงปลาสวยงามได้ ทั้งนี้เทศบาลควรมีการสนับสนุนแหล่งทุนงบประมาณ ตลอดจนช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ในการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้า ร่วมกับการประกันผลผลิตและแหล่งรับซื้อเพื่อเพิ่มความมั่นใจแก่ผู้เลี้ยง แต่ทั้งนี้ในการศึกษาดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางการส่งเสริมการเลี้ยงเท่านั้น และไม่มีการติดตามว่ามีเกษตรกรนำความรู้ไปต่อยอดหรือไม่ ส่วน Sanoamuang et al. (2023b) มีการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าให้กับกลุ่มเกษตรกรบ้านยางน้อย ตำบลยางน้อย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เพื่อให้เกษตรกรได้มีชุดเพาะฟักโรนํานางฟ้าสำหรับเพาะเลี้ยงเป็นอาหารอนุบาลลูกปลาและเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกปลา พบว่า เกษตรกรสามารถเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าและเพาะหัวเชื้อน้ำเขียวที่เป็นอาหารของโรนํานางฟ้าได้เป็นอย่างดี อีกทั้งผลจากการถ่ายทอดความรู้ครั้งนี้ยังได้เกษตรกรต้นแบบจำนวน 10 ราย ที่พร้อมจะถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้า เพื่อเป็นอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงปลาไปยังเกษตรกรรายอื่น ๆ ต่อไป จะเห็นได้ว่า องค์ความรู้ในเรื่องของการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้า เริ่มเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น แต่เกษตรกรหลายท่านยังไม่ได้ให้ความสนใจมากนัก เนื่องจากประเด็นที่สำคัญคือตลาดที่จะรองรับ โดยเฉพาะเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์มีความชำนาญในเรื่องของการเพาะพันธุ์ปลา และสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกรมูลค่าสูงได้ ประกอบกับการเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าเชิงพาณิชย์ต้องใส่ใจและดูแลมากกว่าการเพาะปลา ทำให้การเพาะเลี้ยงโรนํานางฟ้าไม่เป็นที่แพร่หลายในจังหวัด

นครสวรรค์ ส่วนจังหวัดอื่น ๆ ไม่มีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องว่ามีการส่งเสริมเกษตรกรแล้วเกษตรกรมีจำนวนมากน้อยเพียงใดที่มีการนำเอาความรู้ไปต่อยอดผลิตโรน้านางฟ้าจนถึงปัจจุบัน

สรุปผลการศึกษา

โรน้านางฟ้าในประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ โรน้านางฟ้าสีรินทร์ โรน้านางฟ้าไทย และโรน้านางฟ้าสยาม ถือว่าเป็นอาหารมีชีวิตชนิดใหม่ที่มีการศึกษาเพื่อพัฒนาให้สามารถเลี้ยงเชิงพาณิชย์ได้ ในปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ ในกระชัง และอุปกรณ์การเลี้ยงอื่น ๆ ได้แก่ กะละมังพลาสติก ถังพลาสติก ถังไฟเบอร์ และบ่อพลาสติก ซึ่งการเลี้ยงจะมีขั้นตอนละวิธีการดูแลแตกต่างกัน อาหารที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ คลอเรลลา มีการใช้แพลงก์ตอนจากบ่อเลี้ยงปลา ยีสต์ จุลินทรีย์ EM และอาหารผงทดแทนซึ่งให้ผลผลิตแตกต่างกัน ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงยังมีปัญหาอยู่มาก โดยเฉพาะอาหารที่จำเป็นต้องให้เพียงพอและต่อเนื่อง เพราะโรน้านางฟ้ากรองกินอาหารตลอดเวลา ตลอดจนโรน้านางฟ้าอาศัยอยู่ในน้ำที่มีคุณภาพดี ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำที่เหมาะสม ต้องอาศัยความใส่ใจในการเพาะเลี้ยง ทำให้การเลี้ยงยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัญหาการผลิตอาหารของ โรน้านางฟ้าต้องเพียงพอและเหมาะสม การขาดความรู้และความชำนาญในการเพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้า ตลอดจนการตลาดที่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย จึงทำให้เป็นข้อจำกัดของการผลิตโรน้านางฟ้า อีกทั้งราคาโรน้านางฟ้าค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับไรทะเล แต่โรน้านางฟ้ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารสีต่าง ๆ ช่วยในการเร่งสีสัตว์น้ำ จึงเป็นคุณสมบัติที่แตกต่างจากอาหารมีชีวิตอื่น ๆ ส่วนใหญ่จึงทำให้การใช้โรน้านางฟ้ามุ่งไปที่สัตว์น้ำสวยงามมีราคาแพง หากมีการเพาะเลี้ยงได้จำนวนมากขึ้นและราคาถูกลง ก็จะทำให้การใช้โรน้านางฟ้าแพร่หลายมากขึ้น แต่สำหรับเกษตรกรที่ต้องการเพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้าเพื่อใช้ในฟาร์มของตนเอง อาจจะลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ หากต้นทุนในการผลิตโรน้านางฟ้าไม่สูงมาก ตลอดจนสามารถใช้น้ำบ่อเลี้ยงปลานำมาเลี้ยงโรน้านางฟ้า เพื่อเป็นการบำบัดคุณภาพน้ำก่อนปล่อยน้ำสู่แหล่งน้ำภายนอก หรือนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ก็จะเป็นการประหยัดน้ำได้อีกด้วย ส่วนการถ่ายทอดองค์ความรู้การเพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้าให้กับเกษตรกรนั้น สามารถเผยแพร่ความรู้ในหลายจังหวัด แต่ไม่มีรายงานการติดตามว่าเกษตรกรยังมีการเลี้ยงโรน้านางฟ้าอยู่หรือไม่ และสามารถต่อยอดผลิตเชิงพาณิชย์ได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้น การเพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้าหากไม่เน้นเชิงพาณิชย์ เกษตรกรสามารถผลิตใช้ในฟาร์ม และผลิตโรน้านางฟ้าคุณภาพตามความต้องการของตลาด เกษตรกรจะต้องเพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้าให้มีความเชี่ยวชาญ และภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องเผยแพร่ องค์ความรู้ให้เกษตรกรผู้สนใจ ทำให้เกิดการใช้โรน้านางฟ้าในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ความยั่งยืนกับผู้เพาะเลี้ยงโรน้านางฟ้าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Chalorkpunrut, P. (2010). **Fairy Shrimp Culture**. Retrieved from [https://home.kku.ac.th/pracha/Fairy %20Shrimp % 20 Culture.htm](https://home.kku.ac.th/pracha/Fairy%20Shrimp%20Culture.htm). (in Thai).
- Kidprasert, S., & Kasamechotchung, C. (2013). **Culture of Automatic Feeders for Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*)**. Rajamangala University of Technology Tawan-ok. (in Thai).
- Khrueahong, J., Srinoparatwattana, C., Prachumpol, S., & Phromkhum, L. (2016). Culture of Thai Fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) by live yeasts with Effective Microorganisms. **Khon Kaen Agricultural Journal**, 44(Supplement 1), 637-642. (in Thai).
- Khrueahong, J., Srinoparatwattana, C., Prachumpol, S., Mongkolsang, J., Yimkrueangthong K., & Phromkhum, L. (2019). Utilization of Thai Fairy shrimp meal as alternative protein replacement for fish meal in Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*×*O. mossambicus*) diets. **The Journal of Industrial Technology and Agricultural Technology**, 1, 1-5. (in Thai).
- Saejung, C., Chairat, A., & Sanoamuang, L. (2021). Optimization of three anoxygenic photosynthetic bacteria as feed to enhance growth, survival, and water quality in fairy shrimp (*Streptocephalus sirindhornae*) cultivation. **Aquaculture**, 534, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736288>.
- Saengphan, N. (2005). **Culture of the Thai Fairy Shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002 for Commercial Applications in Thailand**. Doctoral Thesis. Khon Kaen, Khon Kaen University.
- Saengphan, N. Sriputhorn, K., & Sanoamuang, L. (2006). **Fairy Shrimp: Tiny but Great**. Klungnana Vittaya Press. (in Thai).
- Sanoamuang, L., Thaimuangphol, V., Sornsupharp, B., Sornsupharp, S., Sriputhorn, K., & Dabseechai, P. (2023a). **Culture of Fairy Shrimp and Water Flea**. Khon Kaen University. (in Thai).
- Sanoamuang, L., Thaimuangphol, V., Sornsupharp, B., Sornsupharp, S., Sriputhorn, K., & Dabseechai, P. (2023b). **Knowledge Management on Aquaculture of Freshwater Fish and Fairy Shrimp to Social Communities in Northeast Thailand**. National Research Council of Thailand. (in Thai).
- Simawan, J., Rayan, S., & Sreeputhorn, K. (2016). The Effect of Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*) Powder Supplementation on Skin Color and Growth Rate in Juvenile Fancy Carp (*Cyprinus Carpio* Linn.). **Research Journal**, 9(2), 40-49.
- Sornsupharp, S., Dahms, H.-U., & Sanoamuang, L. (2013). Nutrient composition of fairy shrimp *Sterptocephalus sirindhornae* nauplii as live food and growth performance of giant freshwater prawn postlarvae. **Aquaculture Nutrition**, 19, 349-359. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00962.x>.

- Sricomoi, N. (2011). **A Study on the Promotion of Fairy Shrimp Culturing to Increase Incomes of an Occupation Group in Muangchum Sub-District, Thamuang District, Kanchanaburi Province**. Master's thesis. Khon Kaen University. (in Thai).
- Srinoparatwatana C., Khrueahong J., & Prachumpol S. (2017a). Effect of supplementation Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) on growth and coloration of goldfish (*Carassius auratus*). **Prawarun Agricultural Journal**, 14 (1), 22-29. (in Thai).
- Srinoparatwatana, C., Khidprasert, S., Puatakul, N., & Krueahong, J. (2015). **Effect of Species and Concentration of Plankton in Fish Ponds on Growth and Survival of the Fairy Shrimp *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan**. National Research Council of Thailand. (in Thai).
- Srinoparatwatana, C., Khrueahong, J., Prachumpon, S., & Pranee, T. (2016). **Knowledge Management and Technology Transfer for Producing Thai Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*) by Using Water Discharge from Fishpond**. Research activity report. National Research Council of Thailand. (in Thai).
- Srinoparatwatana, C., Khrueahong, J., Prachumpon, S., & Pranee, T. (2017b). **Culture of Thai Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*) by Using Water Discharge from Striped Catfish Pond**. Nakhon Sawan Rajabhat University. (in Thai).
- Sriphuthorn, K., Tamsang, S., Panchan, R., Senasree, N., & Kuortsri J. (2011). **Culture and Utilization of Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan & Mururan for Technology Transfer to Farmers in Sakon Nakhon Province**. Rajamangala University of Technology Isan. (in Thai).
- Sriphuthorn, K., & Sanoamuang, L. (2012). Growth and Survival Rate of Red Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Nursing by Thai Fairy Shrimp (*Branchinella thailandensis*). **Research on Modern Science and Utilizing Technological Innovation Journal**, 5(1), 1-13. (in Thai).
- Sriphuthorn, K. (2009). **The Development of Fairy Shrimp Cultures, *Branchinella Thailandensis* and *Streptocephalus sirindhornae* for Commercial Purposes and Using as Food for Giant Freshwater Prawns, *Macrobrachium rosenbergii***. Doctoral Thesis. Khon Kaen University.

ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของชาสมุนไพรที่แปรรูปจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด

Antioxidant Activity of Herbal Tea Processed from Pineapple by-Product

ปรีศนีย์ กองวงศ์^{1*}, วรณิกา มิ่งบุตร¹ และ อรทัย บุญทะวงศ์¹Pratsanee Kongwong^{1*}, Wannika Mongbut¹ and Orathai Bunthawong¹

Received date: 18 ส.ค. 64 Revised date: 27 ก.ค. 66 Accepted date: 31 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.007>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดโดยเปรียบเทียบคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด ได้แก่ ส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และใบที่ติดกับจุก และศึกษาการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 60 และ 70 °C พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งคือ อุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 °C นาน 6 ชั่วโมง เนื่องจากมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่า การใช้อุณหภูมิที่ 70 °C นาน 5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้หลังจากการอบแห้ง พบว่า ส่วนจุก (สีขาว) ร้อยละ 100 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแปรรูปเครื่องดื่มชาสมุนไพร โดยพบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าส่วนใบที่ติดกับจุก และส่วนแกนสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรทางการค้า พบว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ชาสมุนไพร สับปะรด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ สภาวะอบแห้ง

Abstract

The aim of this research is to examine the production of herbal tea from pineapple by-products by comparing the quality of non-edible pineapple by-products such as white cork, the core, and the leaves that are stuck to the cork. The samples were dried at various temperatures (60 and 70 °C) and measured for their antioxidant activity. The result indicated that drying temperature at 60 °C for 6 hours was determined to be the optimum condition. Due to the total flavonoids content, total phenolic content, and antioxidation activity being considerably greater than at 70 °C for 5 hours ($p \leq 0.05$), when comparing the quality of the pineapple by-products after the drying, it was found that 100% of cork (white) is the most suitable option for herbal tea production with the flavonoid content, the phenolic content, and antioxidation activity being higher than the leaves that are stuck to the cork and the core with statistical significance ($p \leq 0.05$). However, the herbal tea from pineapple by-product turned out to be low quality in comparison with commercial herbal tea products ($p \leq 0.05$).

Keywords: herbal tea, pineapple, antioxidant activity, phenolic content, flavonoid content, drying condition

คำนำ

สับปะรด ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus* ผลสับปะรดนิยมนำมาบริโภคสด รสชาติหวานอมเปรี้ยว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ นอกจากใช้เนื้อนำมาบริโภคเป็นอาหารแล้ว ส่วนอื่นๆของสับปะรดยังมีสรรพคุณทางสมุนไพร ได้แก่ ผล สับปะรดช่วยบรรเทาอาการแผลเป็นหนอง ช่วยขับปัสสาวะ แก้อ่อนกระสับกระส่าย กระหายน้ำ ช่วยย่อยอาหารพวกโปรตีน ส่วนของรากสับปะรดนำมาใช้เป็นยาแก้กระษัย บำรุงไต ใบสดนำมาใช้เป็นยาถ่ายหรือยาฆ่าพยาธิ ผลดิบสับปะรด ช่วยขับประจำเดือน และส่วนหนามของสับปะรดช่วยแก้พิษฝีต่างๆ ได้ (Sorasing, 2019) สับปะรดสดมีส่วนที่สามารถ นำไปรับประทานได้ประมาณ 60 % และเหลือส่วนที่เหลือใช้อยู่ที่ 45% ถึง 55% จากการศึกษาพบว่าส่วนที่เหลือ ใช้ของสับปะรดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนเนื้อ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถป้องกัน หรือยับยั้ง กระบวนการออกซิเดชันในร่างกายมนุษย์

¹ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

¹ Department of Agro-industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Raja Mangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

*Corresponding author e-mail: enjoy44303413@gmail.com

และผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น กรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์ ดังนั้นส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดสามารถใช้เป็นแหล่งสารอาหารทางเลือกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ (Da Silva et al., 2013) นอกจากการบริโภคสดแล้ว ผลสับปะรดยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อย่างหลากหลาย ทั้งผลิตภัณฑ์ที่บริโภคได้ และบริโภคไม่ได้ เช่น การผลิตไวน์เหลือจากสับปะรดผสมน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง (Singpoonga & Yosmethakun, 2023) การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (Srithiang et al., 2019) ผลพลอยได้จากเศษเหลือ เศษเหลือของสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง สามารถนำมาแปรรูป ทำอย่างอื่นได้เช่น น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู ไวน์ อาหารสำหรับเลี้ยงวัว ส่วนใบสับปะรดนั้น ถือเป็นของเหลือทิ้ง จำนวนมาก สร้างภาระต่อเกษตรกรปริมาณการเหลือทิ้งของใบสับปะรดจากไร่สับปะรดประมาณ 1 ตันต่อวัน ปัจจุบัน มีการนำเส้นใยสับปะรดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย อาทิ กระดาษ เส้นด้าย และผ้าทอ อย่างไรก็ตาม การปลูกสับปะรดเพื่อการแปรรูปในโรงงานบรรจุกระป๋องยังพบปัญหา การใช้สารเคมีมากเกินไป ส่งผลให้สภาพดินเสื่อมโทรม ดินมีสารพิษตกค้าง เป็นอันตรายทั้งต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ในบางฤดูกาลผลิต เกษตรกรต้องประสบปัญหา สับปะรดมีจำนวนมากเกินความต้องการ เกิดสภาวะสินค้าล้นตลาด ทำให้มีราคาตกต่ำ บางครั้งทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากไม่สามารถจำหน่ายผลิตผลสดได้หมด ดังนั้นจึงนำสับปะรดมาแปรรูปสับปะรดเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น น้ำสับปะรด สับปะรดกวน และพายสับปะรด เป็นต้น แต่ก็พบปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และอายุการเก็บรักษาสั้น รวมถึงปัญหาเรื่องการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสับปะรดไม่มีความยั่งยืน จากปัญหาดังกล่าวได้มีเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด ริเริ่มการปลูกสับปะรดแบบปลอดภัย และได้มาตรฐาน โดยใช้พลาสติกคลุมแปลง เพื่อควบคุมวัชพืช มุ่งเป้าไปสู่เกษตรอินทรีย์ และปรับเปลี่ยนวิธีการปลูก ใช้การหน่วงเวลา บังคับการออกดอกโดยวิธีไม่ใช้สารเคมี เพื่อให้ผลผลิตกระจายออกสู่ตลาดทั้งปี โดยสามารถนำไปแปรรูปได้ เช่น น้ำสับปะรดสด ทำให้เหลือในส่วนของจุกสับปะรดที่เป็นส่วนเหลือทิ้ง ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นผลผลิต ที่ผ่านการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต จุกของสับปะรดส่วนที่เป็นใบเกิดขึ้นที่ส่วนบนของผล จะเจริญเติบโตไปพร้อมกับการเจริญเติบโตของผลจนถึงระยะหนึ่งที่ผลสับปะรดแก่เต็มที่ จุกก็จะ หยุดการเจริญเติบโต และเข้าสู่ระยะการ พักตัว ส่วนของจุกมีแกนกลางเป็นลำต้นเล็กๆ มีสารอาหาร เป็นจำพวก แป้งสะสมอยู่และมีเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอด ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากแกนของผล เมื่อแยกจุกออกจากผลสามารถนำไปใช้เป็นตัวพันธุ์ในการปลูกใหม่ได้ (วลัยพรรณ, 2560)

“ชาจากพืช” หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช ที่ผ่านกระบวนการ ทำให้แห้ง อาจผ่านการ บดหยาบหรือลดขนาด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปบริโภคโดยการต้มหรือชงกับน้ำ (Announcement of the Ministry of Public Health (No. 426), 2021) การศึกษาในปัจจุบัน พบว่ามีการนำพืช ผัก สมุนไพร มาแปรรูปเป็นชาได้หลากหลายชนิด มากขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง การพัฒนาสูตรชาสมุนไพรใบหม่อนด้วยสมุนไพรแต่งกลิ่นและรส พบว่าน้ำชาสมุนไพรใบหม่อนที่มีส่วนผสมของเก็กฮวยให้ฤทธิ์ทางชีวภาพสูงทั้งการต้านอนุมูลอิสระ (89.32 %) และการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (82.17 %) (Srisopa & Wongkrajang, 2020) การเปรียบเทียบสมบัติการต้านความดันโลหิตสูงของชาสมุนไพรไทย 15 ชนิด ชาจากหญ้าหวาน ใบบัวบก และหญ้าหนวดแมว มีสมบัติยับยั้ง แองจิโอเทนซิน คอนเวอร์ติง เอนไซม์ สูงกว่าชาสมุนไพรชนิดอื่น (การยับยั้ง 80-88 %) และสูงกว่าชาสกุลคาเมลเลีย บางชนิด ได้แก่ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาผู่เออร์ (Tonglim et al., 2015) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรหอมแดง โดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ หอมแดงร้อยละ 45 ใบเตยร้อยละ 35 และใบหอมร้อยละ 20 ลักษณะของชาสมุนไพรเมื่อผ่านการชงมีความใส มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นรสที่มีความเป็นเอกลักษณ์ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเท่ากับ 13.51 mg Trolox /100 ml และ 24.82 mg Trolox /100 ml ตามลำดับ (Musika & Musika, 2021)

การอบแห้ง (drying) เป็นกระบวนการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอบหรือตู้อบประเภทต่างๆ การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่นิยมนำมาใช้ ถนอมอาหาร และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นลดลง ทำให้ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น จากผลการศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลู ด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้า จากโซลาร์เซลล์ พบว่า ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นใบพลูได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 55 °C เนื่องจากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่สูง มีอัตราเร็วในการทำแห้งที่สูงกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยมีปริมาณความชื้นของชาสมุนไพรใบพลูหลังอบแห้งไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (Sopajarn et al., 2020) การอบแห้งหรือการลดความชื้นภายใต้สภาวะที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญต่อการคงลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ และสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์

ไวไม่ให้เสื่อมสภาพ เพื่อการพัฒนาเป็นโภชนเภสัชภัณฑ์ การศึกษา ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้ง ต่อคุณสมบัติทางพฤกษเคมีของใบบวบกโดยการกำหนด อุณหภูมิในการอบแห้ง ได้แก่ 60, 70 และ 80 °C และ ระยะเวลาในการอบแห้ง ได้แก่ 8, 10 และ 12 ชั่วโมง พบว่าใบบวบกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 8 และ 10 ชั่วโมงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด นอกจากนี้ใบบวบกที่ผ่านการอบแห้ง ที่อุณหภูมิดังกล่าวนาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH• สูงสุด ขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C นาน 10 ชั่วโมง ใบบวบกให้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูล ABTS+• สูงที่สุด (Jansuna et al., 2020) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิ และระยะเวลา มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งแล้ว ดังนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการอบแห้ง จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาคุณภาพ และคงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันมีการสนับสนุนให้ผู้ประกอบการลดของเสียจากกระบวนการผลิตด้วยการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ (zero waste) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาสนใจรักษาสุขภาพ โดยให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ ที่มีคุณภาพดี และมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ จะเห็นได้ว่ายังไม่มีงานวิจัยศึกษาการนำส่วนที่เหลือใช้ จากสับปะรด อินทรียม่าใช้ประโยชน์ในเชิงสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรด อินทรียม่าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน และเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มี จำหน่ายทางการค้า

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบสับปะรดสดที่เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกระบบอินทรีย์จากไร่ข้างเอก ต.เสด็จ อ.เมือง จ.ลำปาง สายพันธุ์ ปัตตาเวีย ปลูกแบบระยะชิดแปลง 5 แถว ความกว้างของแปลง 1.60 เมตร เว้นทางเดิน 1 เมตร มีระยะระหว่างแถว 40 เซนติเมตร ระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ซึ่งจะปลูกสับปะรดได้จำนวน 15 แปลง/ ไร่ (40x40 เมตร) 665 ต้น/แปลง 9,915 ต้น/ไร่ คลุมด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันวัชพืช และมีการวางแผนปลูกโดยเว้นช่วงระยะเวลาให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปี หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วนำมาล้างทำความสะอาด และแยกส่วนต่างๆออก ได้แก่ ส่วนจุก (cork) ส่วนใบที่ติดกับจุก (leaf) และส่วนแกนสับปะรด (core) จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาดเล็กเพื่อเตรียมนำไปอบแห้งในขั้นตอนต่อไป (Figure 1)

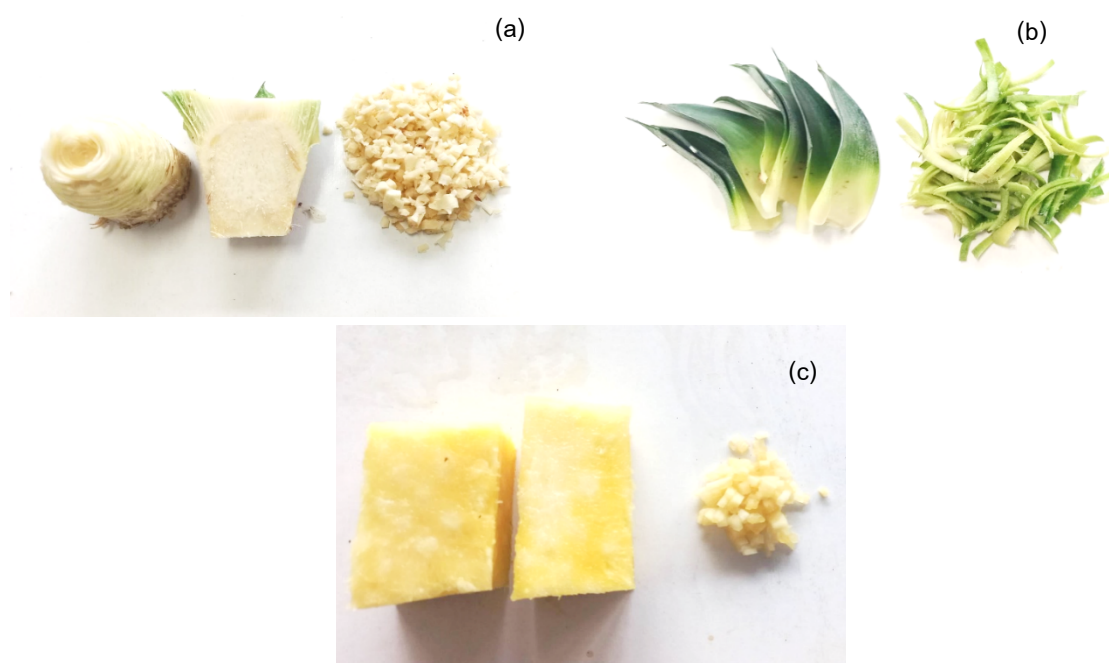


Figure 1 Pineapple by-products (a) cork, (b) leaf (stuck to the cork) , and (c) core

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดโดยวิธีการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด โดยแบ่งออกเป็น 6 ชุดทดลอง ได้แก่ ส่วนจุก (cork) ส่วนใบที่ติดกับจุก (leaf) และส่วนแกนสับปะรด (core) ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 2 ระดับ คือที่อุณหภูมิ 60 °C และอุณหภูมิ 70 °C

ชุดทดลองที่ 3 ใบสับปะรด ร้อยละ 100

ชุดทดลองที่ 4 จุกสับปะรด+แกนสับปะรด (1:1)

ชุดทดลองที่ 5 ใบสับปะรด+แกนสับปะรด (1:1)

ชุดทดลองที่ 6 จุกสับปะรด+ใบสับปะรด (1:1)

จากนั้นนำส่วนผสมแต่ละชุดทดลอง บรรจุใส่ถุงชาที่ทำจากเยื่อกระดาษปริมาณ 2 กรัม นำไปทดสอบคุณภาพ ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wanyo et al., 2014)

3. ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปะรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า

นำตัวอย่างชาสับปะรดที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 2 มาทำการทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบ กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า 5 ชนิด (ยี่ห้ออภัยภูเบศร์) ได้แก่ ชาบัวบก ชามะตูม ชาดอกคำฝอย ชากระเจียบ ชามะขามป้อม ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wanyo et al., 2014)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ตัวอย่างสดที่นำมาอบแห้งจำนวน 3 ซ้ำ และตัวอย่างที่นำมาทดสอบคุณภาพจำนวน 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เวอร์ชัน 17

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดโดยวิธีการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

การทำแห้งส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดทั้ง 2 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ในส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และใบที่ติดกับจุก มีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยการทำแห้งส่วนแกนของสับปะรดที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าความชื้นที่มากที่สุด เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูงแต่เวลาในการอบแห้งต่ำกว่า ค่าความชื้นของตัวอย่างอยู่ในช่วงร้อยละ 2.62 ถึง 8.43 ซึ่งตัวอย่างมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ชาสมุนไพร (ฉบับที่ 280) พ.ศ 2547 ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (Announcement of the Ministry of Public Health, 2021)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยส่วนจุกสีขาวที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สูงที่สุด เมื่อพิจารณาผลของ อุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดที่ผ่านการอบแห้งแล้วทั้ง 3 ส่วน พบว่า การใช้อุณหภูมิ 60 °C สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิ 70 °C ดังนั้น การอบแห้งด้วยสภาวะดังกล่าวจึงเป็น สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมชาสับปะรดจากส่วนที่เหลือใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Purintraphiban & Poonpaerdchon (2020) ได้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตชาต่อคุณภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกฟ้าห้ว ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 10 และ 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (47.50 ± 6.79 และ 44.44 ± 2.27 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ) รองลงมา คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 12 ชั่วโมง (39.62 ± 0.50 mg GAE/g dry extract) ขณะที่ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 10 และ 12 ชั่วโมง ใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดต่ำสุด (17.54 ± 1.60 และ 18.28 ± 1.30 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ) ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็น ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบแห้งมีความสามารถในการทำลายหรือเปลี่ยนแปลง โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิกของสมุนไพร เมื่อใช้อุณหภูมิ ในการอบแห้งสูงขึ้น ทำให้ปริมาณกรดฟีนอลิกลดลง (Yuenyongphutthakhan & Maisutthisakul, 2019) การศึกษา ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (60, 70 และ 80 °C ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง)

ในการอบแห้งจึงขึ้นอยู่กับปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสภาวะการอบ ที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีดีพีพีเอชและเอบีทีเอช มีค่าสูงที่สุด การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลให้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง (Areerisom et al., 2022)

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสับปรดจากส่วนที่เหลือใช้

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปรดอินทรีย์ทั้ง 6 สิ่งทดลอง พบว่าชาสับปรดที่เตรียมจากส่วน จุกสับปรด 100 % มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 10.38 ± 1.64 mg RE/g ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 8.42 ± 1.23 mg GAE/g และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 3.01 ± 0.56 mg TE/g (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Singasai et al. (2020) เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และการต้านอนุมูลอิสระ ในแต่ละส่วนของสารสกัดจากกระถินไทย ได้แก่ ยอดอ่อน ใบ ผล และเมล็ด พบว่า สารสกัดจากยอดอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ เท่ากับ $1,660.79 \pm 93.71$ มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ทั้งนี้ในธรรมชาติพืช ผัก ผลไม้จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกปริมาณแตกต่างกันอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างกันได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม รวมถึงวิธีการปลูก ระยะเวลาการเก็บ วิธีการเก็บ และกระบวนการแปรรูป (Boonsong & Natedungta, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jitsaeng & Sungthong (2017) ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของสาร สกัดเมทานอลจากส่วนใบ เกล็ดผิว กีบดอกชั้นนอก กีบดอกชั้นใน ก้านใบ และฝัก ของบัวหลวง 2 พันธุ์ คือ บัวหลวงสีชมพูดอกซ้อน (สัตตบงกช) และบัวหลวงสีขาวดอกซ้อน (สัตตบุษย์) ผลการศึกษา พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสมมูลกับ สารมาตรฐาน ไทโรลอสของตัวอย่างพืช ที่ทำการทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH และปริมาณฟีนอลิกรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยฝักของบัวหลวงสัตตบุษย์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณ ฟีนอลิกรวมสูงที่สุด การศึกษาสารสกัดจากใบสับปรดสามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ โดยพบว่า ใบสับปรดประกอบไปด้วยสารทุติยภูมิ เช่น อัลคาลอยด์, ไกลโคไซด์, ฟลูบาแทนนิน, แทนนิน และฟลาโวนอยด์ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จากใบสับปรด ที่สกัดด้วยสารละลาย hydro alcoholic solution แสดงค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระในการทดสอบด้วย DPPH ที่ความเข้มข้น $99 \mu\text{g/mL}$ (Sahu et al., 2020) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณ ฟลาโวนอยด์ ทั้งหมดที่มีปริมาณสูงขึ้น ทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของตัวอย่างมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดจะสอดคล้องกับปริมาณของฟีนอลิกทั้งหมดที่มีในตัวอย่าง โดยสารที่มีคุณสมบัติ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารประกอบฟีนอลหรือสารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (Phutthawan & Na-Nong Khai, 2022) ซึ่งสารประกอบฟีนอลสามารถ พบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย ข้าว และงา) ผล (องุ่น ส้ม และพริกไทยดำ) ใบ (ชา และเครื่องเทศต่าง ๆ) และส่วนอื่น ๆ (มันเทศ และหัวหอม) โดยเฉพาะสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ ที่พบได้เกือบทุกส่วนของพืช (Phakamus et al., 2018)

Table 1 Qualities of dried pineapple by-product after drying at 60 and 70 °C

Parts of pineapple	Moisture content (%)	Total flavonoid content (mg RE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Antioxidant activity (mg TE/g)
cork 60 °C	3.10 ± 1.53^b	9.04 ± 0.20^a	7.59 ± 0.05^a	3.58 ± 0.41^a
core 60 °C	8.43 ± 2.70^a	1.77 ± 0.01^c	1.22 ± 0.03^e	1.79 ± 0.40^{cd}
leaf 60 °C	4.26 ± 0.13^b	1.28 ± 0.07^d	2.38 ± 0.08^c	1.85 ± 0.07^{cd}
cork 70 °C	2.62 ± 0.02^b	8.74 ± 0.07^b	6.55 ± 0.88^b	2.94 ± 0.38^b
core 70 °C	5.11 ± 0.03^b	1.25 ± 0.02^d	1.20 ± 0.10^e	1.67 ± 0.17^d
leaf 70 °C	2.65 ± 0.01^b	0.99 ± 0.04^e	2.00 ± 0.06^d	1.99 ± 0.05^c

Note: mean $\pm$ SD, difference letters mean within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Qualities of pineapple herbal tea mixed with different parts

Treatment	Total flavonoid content	Total phenolic content	Antioxidant activity
	(mgRE/g)	(mgGAE/g)	(mgTE/g)
cork 100%	10.38±1.64 ^a	8.42±1.23 ^a	3.01±0.56 ^a
core 100%	1.09±0.02 ^d	1.11±0.72 ^d	1.57±0.47 ^d
leaf 100%	2.73±0.04 ^c	7.81±0.59 ^a	1.93±0.05 ^c
cork 50% + core 50%	3.86±0.12 ^b	3.68±0.61 ^b	2.62±0.01 ^b
leaf 50% + core 50%	1.59±0.03 ^d	1.71±0.54 ^{cd}	1.73±0.26 ^{cd}
cork 50% + leaf 50%	3.60±0.17 ^b	2.04±0.46 ^c	2.56±0.12 ^b

Note: mean ±SD, difference letters mean within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

3. การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า

จากการทดลองที่ 2 ได้คัดเลือกชาสับปรดที่เตรียมจากส่วนจุกสีขาว 100 % มาเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ชาสับปรด เนื่องจากจุกสับปรด 100 % มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เพื่อทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับชาสมุนไพร ได้แก่ ชาบัวบก ชามะตูม ชาดอกคำฝอย ชากระเจียว และชามะขามป้อม (ยี่ห้อ อภัยภูเบศร, ปราจีนบุรี) พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปรด มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทั่วไป ($p \leq 0.05$) (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Veljković et al. (2013) ศึกษาการประเมินสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของการชงชาดำ ชาเขียว ชาสมุนไพร และชาผลไม้ที่บริโภคในเซอร์เบีย ซึ่งได้ทดสอบผลไม้ 11 ชนิด พบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 16.49-29.65 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ในช่วง 45.84-223.86 กรัมต่อกิโลกรัม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันอยู่ในช่วง 0.107-0.181 กรัมต่อกิโลกรัม โดยชาสับปรด พบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 25.35 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟีนอลิก 45.84 กรัมต่อกิโลกรัม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 0.107 กรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากสาร polyphenol ที่เป็นองค์ประกอบในชาชนิดต่างๆ และชาสมุนไพรประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในกลุ่ม flavonoid เช่น catechins quercetin และ anthocyanin ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลชนิดที่พบในชาเขียว (epigallocatechin-3-gallate) พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารที่ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ (Khan & Mukhtar, 2007) ในขณะที่สารประกอบฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบในผลไม้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ phenolic acid ทำให้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน (Lubaina et al., 2020) การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรเขตร้อน 13 ชนิดและชาสมุนไพรเขตอบอุ่น 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำที่อยู่ในตระกูล *Camellia sinensis* พบว่า ชามะนาวไมร์เทิลชาฝรั่ง และ ชาออร์กานโอที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเทียบได้กับชาดำ โดยชาสมุนไพรเขตร้อน (ชามะนาวไมร์เทิล และชาฝรั่ง) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 75.6 และ 59.3 mgGAE/g และชาสมุนไพรเขตอบอุ่น (ออร์กานโอ มินต์และเปปเปอร์มินต์) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 58.6, 43.5 และ 42.1 mgGAE/g ตามลำดับ (Chan et al., 2010) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษานี้ของ Li et al. (2014) พบว่า สารสกัดจากเปลือกสับปรดประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอล หลายชนิด ได้แก่ Gallic acid (31.76 mg/100 g dry extracts), catechin (58.51 mg/100 g), epicatechin (50.00 mg/100 g), and ferulic acid (19.50 mg/100 g) จากข้อมูลดังกล่าว การนำส่วนเปลือกสับปรดอินทรีย์ที่เหลือใช้มาเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้จากสับปรดอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

Table 3 Qualities of pineapple herbal tea compared with commercial herbal tea

Treatment	Total flavonoid content	Total phenolic content	Antioxidant activity
	(mg RE/g)	(mg GAE/g)	(mg TE/g)
Pineapple tea	10.38±1.64 ^c	8.42±1.23 ^d	3.01±0.56 ^e
Asiatic Pennyworth tea	64.99±1.98 ^a	11.36±2.13 ^c	61.15±4.31 ^a
Bael Fruit tea	64.46±19.68 ^a	82.98±1.13 ^a	34.95±4.94 ^c
Rosella tea	21.72±0.56 ^b	29.28±2.35 ^b	26.74±1.83 ^d
Safflower tea	29.38±1.12 ^b	12.31±0.77 ^c	44.81±1.54 ^b

Note: mean ±SD, difference letters mean within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การแปรรูปชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ ได้แก่ ส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และส่วนใบที่ติดกับจุก พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง คือ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ พบว่า การใช้ส่วนจุก 100 % มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า พบว่า มีคุณภาพต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทางการค้า อย่างไรก็ตามแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สามารถนำส่วนเปลือกที่เหลือใช้มาเพิ่มเติมในส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรด หรือนำไปผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านรสชาติได้

เอกสารอ้างอิง

- Announcement of the Ministry of Public Health (No. 280) (2004). **Herbal Tea**. Retrieved from: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_2045.pdf (in Thai)
- Announcement of the Ministry of Public Health (No. 426) (2021). **Tea from Plants**. Retrieved from: https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/102/T_0008.PDF (in Thai).
- Areerisom, P., Phungthat, T., Nilawonk, W., Areerisom, A., & Taokaenchan, N. (2022). Effect of Drying Conditions on Phytochemical Compositions, Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities in *Artemisia lactiflora*. **Journal of Agriculture Production**, 4(3), 118-131. (in Thai).
- Boonsong, P., & Natedungta, W. (2014). Radical Scavenging Activity and Phytochemical Compositions of Some Tropical Fruit Plant Leaves. **The Journal of KMUTNB**, 24(3), 624-633. (in Thai).
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Chong, K. L., Tan, J. B. L., & Wong, S. K. (2010). Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. **Journal of Food Composition and Analysis**, 23(2), 185-189.
- Da Silva, D. I., Nogueira, G. D., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during the drying process. **Industrial Crops and Products**, 50, 557-562.
- Jansuna, S., Charoensup, L., Jirakiattikul, Y., & Harakotr, B. (2020). Effects of Drying Temperatures and Times on Antioxidant Contents and Their Activities of *Centella asiatica* (L.) Urb. Leaves. **Thai Science and Technology Journal**, 28(12), 2261-2272. (in Thai).
- Jitsaeng, K., & Sungthong, B. (2017). Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Various Parts from Two Cultivars of *Nelumbo nucifera* Gaertn. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University**, 36(2), 154-160. (in Thai).
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2007). Tea polyphenols for health promotion. **Life Sciences**, 81(7), 519-533.
- Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., & Chen, J. (2014). Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions. **International Journal of Food Properties**, 17(8), 1805-1817.
- Lubaina, A. S., Renjith, P. R., Roshni, A. S., & Thompson, J. (2020). Identification and quantification of polyphenols from pineapple peel by high performance liquid chromatography analysis. **Advances in Zoology and Botany**, 8, 431-438.
- Musika, J., & Musika, T. (2021). Development of Healthy Shallot Herbal Tea (*Allium ascalonicum* L.) with Antioxidant Activities. **Journal of Food Technology, Siam University**, 16(2), 148-159 (in Thai).
- Phakamus, S., Chokrathok, S., Woraratphoka, J., & Innok, S. (2018). Development of Yanang Mixed Herb Tea Products. **Burapha Science Journal**, 23(3), 1682-1695. (in Thai).
- Phutthawan, P., & Na-Nong Khai, A. (2022). Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of Local Herbal Plants in the North of Thailand for Development to Ready-To-Drink Herbal Tea. **KKU Science Journal**, 46(2), 238-247. (in Thai).
- Purintrapibhan, S., & Poonpaerdchon, S. (2020). Effect of tea processing on quality and antioxidant properties of gac fruit peel tea. **RMUTSB Academic Journal**, 8(1), 28-38. (in Thai).
- Sahu, D., Yadav, B., Verma, S., Yadav, A. P., Tilak, V. K., & Maurya, S. D. (2020). Antioxidant Activity and Phytochemical Analysis of Leaf Extracts of Pineapple. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, 10(5), 165-167. https://doi.org/10.22270/jddt.v10i5.4397
- Singpoonga, N., & Yosmethakun, R. (2023). Yellow Wine Production from Pineapple Mixed with *Cordyceps militaris* Extract. **Journal of Agriculture**, 39(2), 219-231. (in Thai).
- Singsai, K., Sakdavirote, A., Wechpanishkitkul, K., & Moonsamai, A. (2020). The comparison of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activities of the ethanolic extracts of shoots, leaves, fruits and seeds of *Leucaena leucocephala*. **Naresuan Phayao Journal**, 13(3), 66-73. (in Thai).
- Sopajarn, A., Niseng, S., Toyarn, T., & Ritplin, T. (2020). Investigation of Piper Betle Herbal Tea Drying with Infrared Heater by Solar Cell Power. **RMUTSV Research Journal**, 12(1), 171-179. (in Thai).

- Sorasing, P. (2019). **Utilization of Pineapple Wasted as Low-cost Adsorbent for Color Removal**. Doctoral Thesis. Suranaree University. (in Thai).
- Srisopa, A., & Wongkrajang, K. (2020). Development of Antioxidant and Anti- α -glucosidase Mulberry Leaf Tea Recipes with Combination of Aroma Herbs. **Thai Journal of Science and Technology**, 9(2), 218-229. (in Thai).
- Srithiang, K., Prachakiew, S., & Boonchaay, S. (2019). Development Products of Biomass Briquettes Production from Pineapple Peel. **Journal of Innovative Technology Research**, 3(1), 101-110. (in Thai).
- Tonglim, J., Kittibunchakul, S., Kriengsinyos, W., Kettawan, A., & Suttisansanee, U. (2015). Comparative Study on Anti-hypertension Potential of Thai Herbal Tea and Conventional Tea (*Camellia sinensis*). **Agricultural Science Journal**, 46(3), 13-16. (in Thai).
- Suravatthanwiset W. (2017). **The Development of Scrub Products from Pineapple Fiber**. Master's Degree Thesis. Rajamangala University of Technology Thanyaburi University. (in Thai).
- Wanyo, P., Schoenlechner, R., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2014). Antioxidant activities and sensory properties of rice bran with marigold tea. **Food and Applied Bioscience Journal**, 2(1), 1-14.
- Yuenyongphutthakhan, W., & Maisutthisakul, P. (2019). **Production and Analysis of Green Caviar Tea**. Burapha University. (in Thai).

พัฒนาการและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ Seed Development and Seed Physiological Maturation of Table Tomato F1 Hybrid Seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

ทวีป เสนคำวงศ์¹, ธีรนุช เจริญกิจ², วัชร ทองโมะ¹, สุธเทพ วัชรเวชศฤงคาร^{1*} และ แสงเดือน อินชนบท¹

Thaveep Senkhamwong¹, Theeranuch Jaroenkit², Watchara Thongmoa¹,

Suthep Watcharawetsaringkharn^{1*} and Sangdaun Inchnonabot¹

Received date: 4 พ.ค. 66 Revised date: 24 ก.ค. 66 Accepted date: 31 ส.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.008>

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาการของผลและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ ศึกษาทดลอง ณ แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ บริษัท คานโกเมล็ดพันธุ์ (ไทยแลนด์) จำกัด ระหว่างเดือน ธันวาคม 2564-มีนาคม 2565 มีวัตถุประสงค์เพื่อหา ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ให้มีคุณภาพและได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ใช้มะเขือเทศสายพันธุ์ KST-805F เป็นสายพันธุ์แม่และ KST-805M เป็นสายพันธุ์พ่อในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 โดยเมื่อต้นมะเขือเทศเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะผสมเกสร ทำการตัดกลีบเลี้ยงและผูกป้ายดอกพร้อมเขียนวันที่ผสมหลังการผสมเกสร ในทุก ๆ วัน เพื่อแสดงอายุของผลมะเขือเทศ เมื่อผลมะเขือเทศที่ผสมในวันแรกโตเต็มที่และมีสีแดงเข้มพร้อมเก็บเกี่ยวหรือที่อายุ 45 วันหลังการผสมเกสร จึงหยุดการผสมเกสร จากนั้นเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศที่มีอายุ 1-45 วันหลังการผสมเกสร นำมาศึกษา พัฒนาการของผลและพบว่าการพัฒนาของผลมะเขือเทศเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีส้มที่อายุ 31 วันหลังการผสมเกสร ซึ่งเป็นระยะการเริ่ม สุกแก่ของมะเขือเทศสายพันธุ์ KST-805 จึงนำเมล็ดจากผลมะเขือเทศที่มีอายุ 31-45 วันหลังการผสมเกสรมาทดสอบคุณภาพเมล็ด พันธุ์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหา ระยะสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ ผลการทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมที่ อายุ 44 วันหลังการผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง 97 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำหนักแห้งสะสม 1,000 เมล็ด สูงที่สุด คือ 0.85 กรัม มีความเร็วในการงอกเฉลี่ย 10.67 ต้นต่อวัน และสีของผลมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มโดยวัดจากเครื่องวัดสีผล colorimeter พบว่ามีค่า L เท่ากับ 34.60 มีค่า a* เท่ากับ 23.75 และมีค่า b* เท่ากับ 12.93 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสุกแก่ทางสรีรวิทยา การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ คุณภาพเมล็ดพันธุ์

Abstract

The study of Seed development and maturation of tomato F₁-hybrid seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) was carried out at the production site at Kaneko seeds (Thailand) company, Lamphun province from December 2021-March 2022. The objective of this study is to find the suitable seed physiological maturity for table tomato for improved harvest time to increase the quantity and quality of tomato seeds. For this study, tomato KST-805F line was used as female parent and KST-805M line as male parent to produce tomato f1 hybrid seeds. When tomato plant grew into pollination stage, the sepals were cut off and tags were tied to the peduncle with every date of pollination to show the age of tomato until the first fruit were in maturity and the skin changed to dark red color and ready to harvest at about 45 days after pollination, then the pollination was stopped. Tomato fruits from 1-45 days were harvested after pollination to study fruit development. It was found that skin color of fruit started turning to orange color at 31 days after pollination which is the beginning of the ripe state for tomato KST-805F1 variety. Therefore, seed from 31-45 days after pollination were used for seed test of quality and quantity in laboratory. The result shows that the optimum of physiological maturity for tomato harvesting was 44 days after pollination. Due to high germination (97%) and cumulative dry weight of 1,000 seeds, the highest was 0.850 g., the color of fruit was changed to red color with L value is 34.60, a* value is 23.75 and b* value is 12.93 respectively.

Keywords: physiological maturity, seed development, tomato seed, seed quality

¹ สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Division of vegetable technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

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

* Corresponding author: suthep_mju@hotmail.com

คำนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) มีถิ่นกำเนิดบนพื้นที่ราบสูงที่ระดับความสูง 2,000-3,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ในทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และเริ่มกระจายไปยังแถบอเมริกากลาง และอเมริกาเหนือโดยการย้ายถิ่นฐานของชาวอินเดียแดงในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ (Shinohara, 1989) มะเขือเทศส่วนใหญ่จัดเป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollination crop) โดยมีอัตราการผสมตัวเองร้อยละ 98 และมีอัตราการผสมข้ามร้อยละ 2-5 (Plakunmonthon, 2020) การเจริญเติบโตของมะเขือเทศแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ แบบทอดยอด (indeterminate type) คือ มีลำต้นเจริญทางส่วนยอดและทอดยอดได้ตลอดเวลาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน แบบกึ่งทอดยอด (semi-determinate type) มีการเจริญทางลำต้นสูงประมาณ 150 เซนติเมตร และแบบไม่ทอดยอด (determinate type) ลำต้นจะประกอบด้วยช่อดอกปลายยอดและช่อดอกด้านข้างให้ผลผลิตเร็ว อายุสั้น ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ (perfect flower) และมีผลแบบเบอรี่ (berry) (Nikornpun, 2011; Plakunmonthon, 2020)

สภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศโดยทั่วไปอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการติดผล คือ 15-20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน และช่วง 25-30 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยจะปลูกในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจะเริ่มปลูกในฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และในฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม เนื่องจากมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ (Sitathani, 2002)

มะเขือเทศจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับต้นๆของโลก เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพ และเลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ดังนั้นมะเขือเทศจึงเป็นทางเลือกของผู้บริโภคในการทานอาหารเพื่อสุขภาพโดยนำมะเขือเทศมารับประทานผลสดและนำมาแปรรูปทำเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อบำรุงสุขภาพ ซึ่งในมะเขือเทศมีสารอาหารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีวิตามินซีสูง และมีสารไลโคพีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอความชรา บำรุงผิวพรรณและป้องกันโรคได้ (Modnok et al., 2021) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้มะเขือเทศได้รับความนิยมและมีปริมาณความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้น เมื่อความต้องการเพิ่มสูงขึ้น เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากเนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิต และเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพจะทำให้พืชมีความแข็งแรงและได้ผลผลิตที่สูง เพราะฉะนั้นการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากมีปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศของประเทศไทยในปี 2565 มีปริมาณการส่งออกเป็นลำดับที่ 2 รองจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยมีการส่งออกมากถึง 37,571.25 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 1.4 พันล้านบาท (Office of agriculture regulation, 2022) โดยในกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมนั้นต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ซึ่งเกิดจากการสะสมปริมาณสารอาหารภายในเมล็ดที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด (Tetteh, 2018) และการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการพัฒนาสีของเมล็ด (Kwankaew, 2016) ซึ่งเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิด, สายพันธุ์, สภาพแวดล้อม, รวมไปถึงการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อการสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันออกไป โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งและความงอกที่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูงสุด (Siri, 2009) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่สายพันธุ์ KST-805 เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่มีคุณภาพและได้ผลผลิตสูงเพราะเมล็ดพันธุ์ที่ดีจะส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตได้เร็ว ให้ผลผลิตสูง มีความสม่ำเสมอ ทนทานต่อสภาพแวดล้อมอัตราการรอดชีวิตในแปลงผลผลิตสูงกว่าเมล็ดทั่วไป (Department of agriculture, 2021)

วิธีการศึกษา

งานทดลองนี้ใช้มะเขือเทศสายพันธุ์ KST-805F เป็นสายพันธุ์แม่ และใช้มะเขือเทศสายพันธุ์ KST-805M เป็นสายพันธุ์พ่อ ทำการทดลอง ณ แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ บริษัท คาเนโกเมล็ดพันธุ์ (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนธันวาคม 2564 – มีนาคม 2565 โดยปลูกมะเขือเทศสายพันธุ์พ่อก่อนสายพันธุ์แม่เป็นเวลา 7 วัน เมื่อต้นมะเขือเทศสายพันธุ์แม่เข้าสู่ระยะผสมเกสรใช้ไหมพรมที่มีสีแตกต่างกัน หรือใช้ป้ายขนาดเล็ก เขียนวันที่ผสมเกสรลงบนป้ายชื่อผูกกับก้านดอกหลังการผสมเกสรทุกครั้งในแต่ละวัน ทำการผสมเกสรจนกระทั่งผลที่ได้รับการผสมในวันแรกสุกแก่เต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว คือผลที่มีอายุ 45 วันหลังการผสมเกสร (Day after pollination : DAP)

การศึกษาระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ ทำการเลือกผลมะเขือเทศที่มีอายุ 31-45 วันหลังการผสมเกสร ซึ่งเป็นระยะที่สามารถนำเมล็ดพันธุ์ไปวัดคุณภาพได้ โดยนำไปวัดค่าสีผลด้วยเครื่อง Colorimeter จากนั้นนำไปคัดแยกเมล็ดออกจากผล

หมักเมล็ดไว้ 1 คืน นำเมล็ดไปล้างน้ำให้สะอาดแล้วเมล็ดไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน จึงสามารถนำเมล็ดไปทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ในการวัดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทำการเก็บข้อมูล น้ำหนักแห้งเมล็ดพันธุ์ เปอร์เซ็นต์ความงอก ความเร็วในการงอก ส่วนการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ใช้วิธีการเร่งอายุ (Accelerated aging test) แล้วนำผลการทดลองมารายงานผลตามกฎของ (International Seed Testing Association [ISTA], 2019; Chinnasaen et al., 2018)

น้ำหนักแห้ง 1,000 เมล็ด

โดยนำเมล็ดไปอบจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 1,000 เมล็ด ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้งสะสมของเมล็ด (ISTA, 1999; Wattanakulapakin, 2018)

การทดสอบความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์

ใช้วิธีเพาะแบบ TP (Top paper) และตรวจประเมินเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าโดยเริ่มนับวันแรก (First count) ที่ 5 วัน และนับวันสุดท้าย (Final count) ที่ 14 วันหลังการเพาะ ส่วนความเร็วในการงอกเริ่มนับตั้งแต่วันที่ 5 จนถึงวันที่ 14 หลังการเพาะตามสูตรคำนวณ

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{(\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก})}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}}$$

การศึกษาพัฒนาการผลและสีของผล

ผูกป้ายขนาดเล็กและลงวันที่ผสมเกสรเพื่อแสดงถึงอายุของผลมะเขือเทศ หลังการผสมเกสรในทุกๆวันจนผลมะเขือเทศลูกแรกที่ผสมสุกแก่จนมีสีแดงพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวคือที่อายุ 45 วันหลังผสมเกสร จากนั้นนำผลมะเขือเทศที่มีอายุ 31-45 วันหลังการผสมเกสร มาวัดสีผลที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน เนื่องจากเป็นระยะที่เริ่มมีการสุกแก่และเริ่มเปลี่ยนสีผลจากสีเขียวเป็นสีส้ม สีแดง และสีแดงเข้ม โดยใช้เครื่องวัดสีผล colorimeter ซึ่งจะแสดงค่า L a* และ b* ดังนี้

ค่า L เป็นดัชนีวัดความสว่าง มีค่า 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

ค่า a* เป็นสีแดงเมื่อค่าเป็นบวก (+) และสีเขียวมีค่าเป็นลบ (-)

ค่า b* เป็นสีเหลืองเมื่อค่าเป็นบวก (+) และสีน้ำเงินมีค่าเป็นลบ (-)

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเร่งอายุ (Accelerated aging test)

ทดสอบโดยนำเมล็ดพันธุ์ใส่ในถุงผ้าแล้วนำไปแขวนกับฝากระป๋องพลาสติกที่บรรจุน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ให้น้ำอยู่ระดับต่ำกว่าถุงผ้าที่ห่อเมล็ดแล้วปิดภาชนะบรรจุให้สนิท จากนั้นนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความงอกและความเร็วในการงอก (ISTA, 1999; Srikhamwong, et al., 2017)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาพัฒนาการและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมผลใหญ่ พบว่ามะเขือเทศมีการขยายของผลที่สามารถเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ผลที่อายุ 8 วันหลังการผสมเกสร และขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงผลที่มีอายุ 35 วันหลังการผสมเกสร หลังจากนั้นการขยายของผลเริ่มคงที่ไปจนถึงผลที่มีอายุ 45 วันหลังการผสมเกสร ในส่วนสีของผลมะเขือเทศเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีแดงตั้งแต่ผลที่มีอายุ 35 วันหลังผสมเกสร และสุกแก่เต็มที่จนเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มที่อายุ 45 วันหลังการผสมเกสร (Figure 1) และเมล็ดภายในผลเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Figure 2) โดยผลมะเขือเทศที่มีอายุ 42-45 วันหลังการผสมเกสร เป็นระยะสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาส่งผลต่อการพัฒนาสีของผลที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง รวมทั้งส่งผลต่อการพัฒนาสีของเมล็ดจากสีขาวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มซึ่งแสดงถึงการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ (Kwankaew et al., 2016) โดยเมื่อวัดสีผลด้วยเครื่อง colorimeter พบว่าค่าความสว่างค่า L เท่ากับ 37.58, 36.35, 34.60 มีค่า a* เท่ากับ 22.43, 24.05, 23.75, 20.98 และมีค่า b* เท่ากับ 13.38, 12.88, 12.93, 11.45 ตามลำดับ (Figure 3C)

ในส่วนการวัดน้ำหนักแห้งเมล็ดพันธุ์ พบว่า น้ำหนักแห้ง 1,000 เมล็ด เพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันเล็กน้อยตั้งแต่ที่อายุ 31 วันหลังการผสมเกสร และพบปริมาณน้ำหนักแห้งเมล็ดสูงสุดคือ 0.85 กรัม/1,000 เมล็ด ในผลที่มีอายุ 42 วัน และ 44 วันหลังการผสมเกสร ซึ่งปริมาณน้ำหนักแห้งในช่วงแรกเมล็ดพันธุ์จะมีน้ำหนักน้อยและไม่คงที่อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการสะสมสารอาหารภายในเมล็ดยังไม่เพียงพอเอมบริโอภายในเมล็ดจึงมีขนาดเล็กเปลือกหุ้มเมล็ดบางจึงทำให้ความชื้นภายในเมล็ดระเหยออกได้ง่ายและส่งผลให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักน้อย (Muangtung, 2008)

การวัดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการทดสอบความงอกและความเร็วในการงอก พบว่าที่อายุ 44 วันหลังการผสมเกสรให้เปอร์เซ็นต์ความงอก 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่มีอายุ 42 วันหลังการผสมเกสร ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 96 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3A) การวัดความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่อายุ 42 วันหลังการผสมเกสรมีความเร็วในการงอกที่ 11.04 ต้น/วัน และที่อายุ 44 วันมีความเร็วในการงอกอยู่ที่ 10.67 ต้น/วัน (Figure 3B) โดยเมล็ดสามารถงอกได้ตั้งแต่ที่อายุ 31 วันหลังการผสมเกสร แต่มีความงอกและความเร็วในการงอกต่ำที่สุดซึ่งเมื่อสังเกตขนาดของเมล็ดที่นำมาทดสอบพบว่ามีความสอดคล้องกัน จะเห็นได้ว่าเมล็ดที่อายุ 31-34 วันหลังการผสมเกสรมีขนาดค่อนข้างเล็กและเมล็ดบางส่วนไม่สมบูรณ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกที่ต่ำอาจเนื่องมาจากการสะสมสารอาหารภายในเมล็ดไม่เพียงพอส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ไม่สามารถใช้พลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในการงอกเป็นต้นกล้าได้ (Sriboonthai, 2016) ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่มีระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยานั้นเมล็ดจะต้องมีน้ำหนักแห้งสูงสุด และเป็นเมล็ดที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง (Siri, 2009) อีกทั้งสามารถเก็บรักษาคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นาน (Sripichitt, 2001)

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุ (Accelerate Aging Test): AA test พบว่าเมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกลดลงค่อนข้างมาก เนื่องจากการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพและความแข็งแรงลดลงตามระยะเวลาการเร่งอายุที่นานขึ้น (Siri et al., 2008) โดยเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 42 วัน และ 44 วัน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงจาก 96 และ 97 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 91 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 3A) ส่วนความเร็วในการงอก เมล็ดพันธุ์ที่อายุ 42 วันหลังการผสมเกสร มีความเร็วในการงอกลดลงจาก 11.04 และ 10.67 ต้น/วัน เหลือเพียง 9.34 ต้น/วัน และ 9.80 ต้น/วัน ตามลำดับ (Figure 3B) ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่สุกแก่ทางสรีรวิทยาเมื่อทำการทดสอบความงอก และความเร็วในการงอกนั้นหลังจากการเร่งอายุแล้ว เมล็ดยังสามารถงอก และมีความเร็วในการงอกในระดับที่ดีเนื่องจากเมล็ดมีความแข็งแรง ซึ่งต่างจากเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่ที่เมื่อผ่านการเร่งอายุแล้ว เมล็ดมีความงอกต่ำ มีความเร็วในการงอกลดลงมากกว่าเมล็ดที่สุกแก่เต็มที่ และบางเมล็ดตายเนื่องจากเมล็ดไม่สมบูรณ์ไม่มีความแข็งแรง

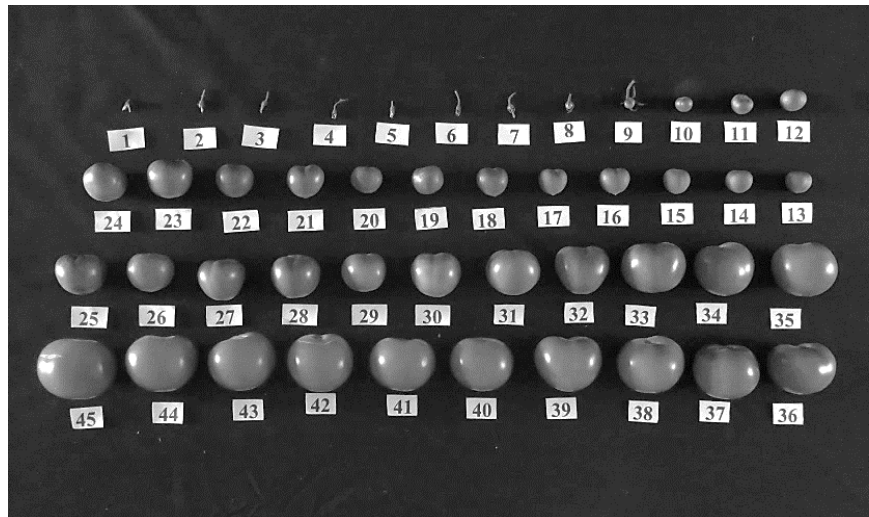


Figure 1 Physiological maturity of tomato from 1-45 days after pollination (out side).

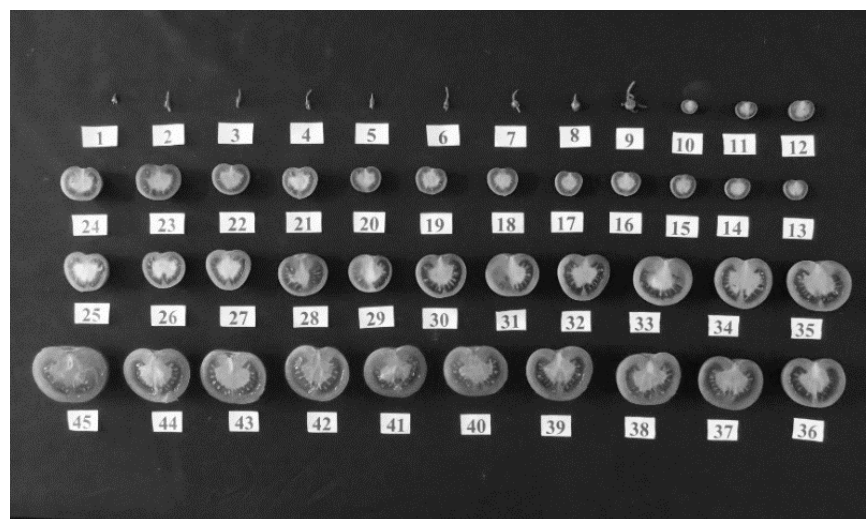


Figure 2 Physiological maturity of tomato from 1-45 days after pollination (in side).

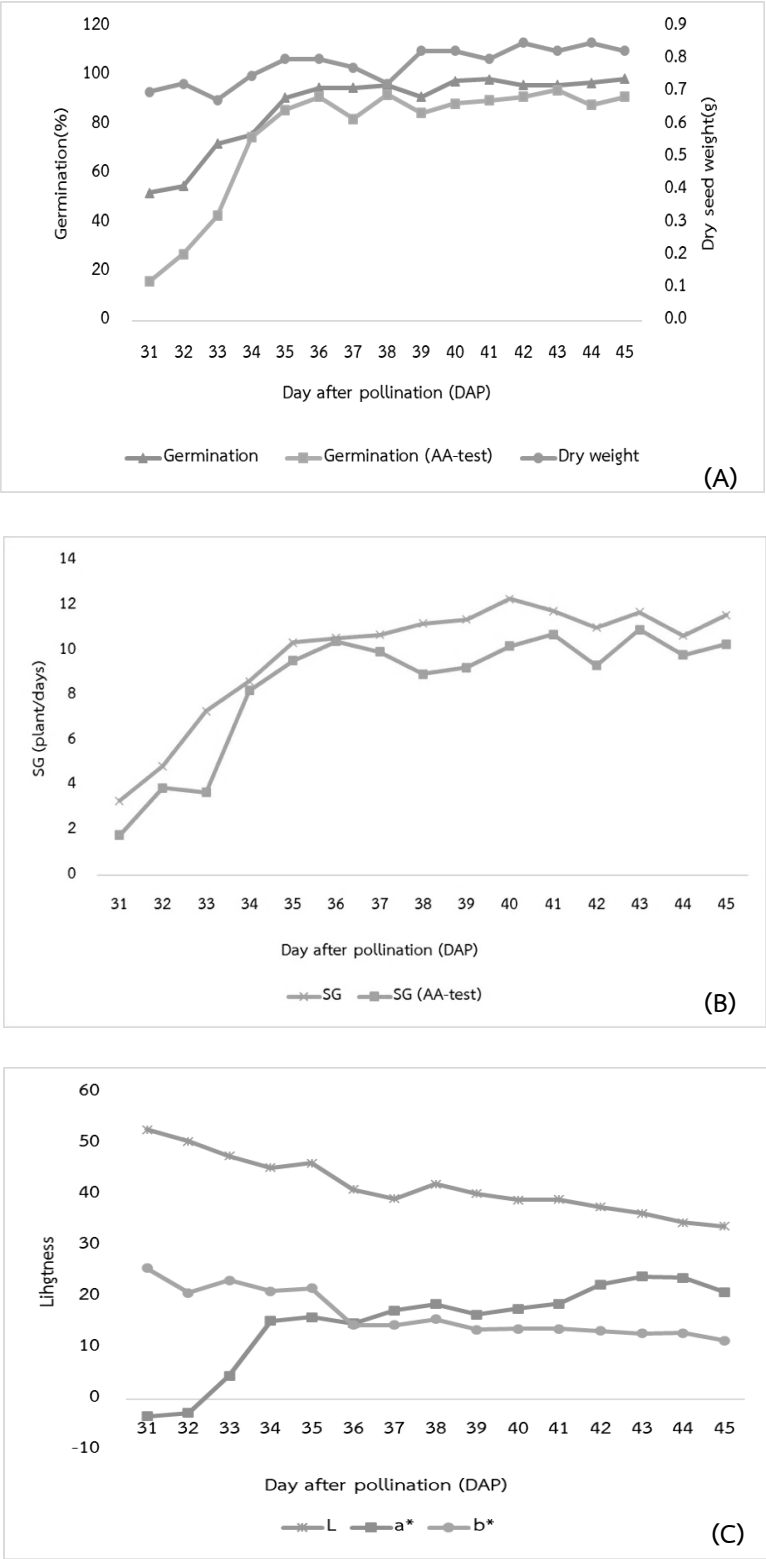


Figure 3 Line graft of germination test and dry weight of 1,000 seeds (A) line graft of speed of germination test (B) line graft of fruit skin color test (C)

สรุปผลการศึกษา

การแปรรูปชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ ได้แก่ ส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และส่วนใบที่ติดกับจุก พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง คือ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ พบว่า การใช้ส่วนจุก 100 % มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า พบว่า มีคุณภาพต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทางการค้า อย่างไรก็ตามแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สามารถนำส่วนเปลือกที่เหลือใช้มาเพิ่มเติมในส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรด หรือนำไปผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านรสชาติได้

เอกสารอ้างอิง

- Chinnasaen, T., Khamkula, K., Wetchakama, N., & Sangmanee K. (2018). Enhancement Germination of Yam Bean Seed by Hydropriming. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 1(Suppl.), 1269-1278. (in Thai).
- Department of Agriculture. (2021). **Selection of Good Seeds to Increase Crop Productivity for Farmers**. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/seed/wpcontent/uploads/2021/09>. (in Thai).
- International Seed Testing Association (1999). **International Seed Testing Association Rule 1999**. Department of Agriculture Extension. (in Thai).
- International Seed Testing Association (2019). **International Rule for Seed Testing**. International Seed Testing Association.
- Kwankaew, T., Santipracha, Q., & Santipracha, W. (2016). Effect of Panicle Position at Physiological Maturity Stage on Seed Quality of Upland Rice cv. Dawk Pa-yawm. *Songklanakarin Journal of Plant Science*, 3(4), 34-39. (in Thai).
- Modnok, J., Saisom, P., Thippachote, K., Techawongstien, S., & Jeeatid, N. (2021). Influences of pruning on yield and fruit quality of cherry tomato. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 1(Suppl.), 355-359. (in Thai).
- Muangthung, T. (2008). **Seed Production of Table Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Doi Kham**. Master's thesis. Maejo University. (in Thai).
- Nikorpun, M. (2011). **Pepper Tomato**. O.S Printing House. (in Thai).
- Office of Agriculture Regulation. (2022). **Quantity and Value of Seed Export**. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2023/02/Export-all-year-65.pdf>. (in Thai).
- Plakunmonthon. T. (2020). **The Efficiency of 7,8 Dihydro-8 α -20-Hydroxyecdysone (DHECD) for Induction of the Drought Stress Tolerance in Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. CH154)**. Master's thesis. Srinakharinwirot university. (in Thai).
- Shinohara, S. (1989). **Vegetable Seed Production Technology of Japan Elucidated with Respective Variety Development Histories, Particulars**. Morimitsu Printing Office.
- Siri, B., Ponyearm, S., Teangdeerith, P., & Kaewkham T. (2008). Study on Seed Physiology Maturity, Seed Quality and Longevity of Stalkless Yard Long Bean c.v. KKKU.40 and Yokeow. *Agriculture Science Journal*, 39(3) (Suppl.), 367-370. (in Thai).
- Siri, B. (2009). **Seed Technology**. Faculty of Agriculture Khon Kaen University. (in Thai).
- Sitathani, K. (2002). **Environment and Tomato Cultivation in Different Seasons**. Kamphaeng saen campus Kasetsart University. (in Thai).
- Sriboothai, C., Rithichai, P., Jirakiattikul, Y., & Harakotr., B. (2012). Development and Maturation of Roselle seed. *Thai Science and Technology Journal*, 24(2), 333-341. (in Thai).
- Srikhamwong, N., & Siri, B. (2017). Enhancement of Tomato Seeds Quality by Coating together with Plant Hormones. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 1(Suppl.), 348-354. (in Thai).
- Sripichitt, A. (2001). The influence of maturity stage and drying on germination, vigor and leachate of soybean seed during storage. *Thai Agriculture Research Journal*, 19(1), 58-70. (in Thai).
- Tetteh, R., Aboagye, L. M., Darko, R., & Osafo, E. A. (2018). Effect of maturity stages on seed quality of two tomato accessions. *African Crop Science Journal*, 26(2), 237-244.
- Wattanakupakin, P. (2018). **Seed Moisture Determination**. Retrieved from: <https://www.thasta.com/pdf/2018/SeedMoisture.pdf>. (in Thai).

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมของฟาร์มไฮโดรโพนิกส์ที่ปลูกภายใต้โรงเรือนระบบปิดและระบบเปิด

Factors Affecting to Nitrate Accumulation in Lettuces of Hydroponically Farms Grown under Close and Open Greenhouses

นัจจักษ์ สุขสวัสดิ์^{1,2 *} และ ชัยสิทธิ์ แก้วจรรณู^{1,2}Najjapak Sooksawat^{1,2 *} and Chaiyasit Kaewcharoon^{1,2}

Received date: 25 ม.ค. 65 Revised date: 9 ส.ค. 66 Accepted date: 1 ก.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.009>

บทคัดย่อ

การสะสมไนเตรทในผักกาดทำให้เกิดอันตรายเมื่อบริโภคไนเตรทที่มากเกินไป งานวิจัยนี้ศึกษาการสะสมไนเตรทในผัก (กรีนโอ๊ค เรดโอ๊คและคอส) ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยตรวจวัดค่าการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไนเตรทในน้ำปุ๋ย อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผัก ผลการทดลองพบว่า คอสอายุผัก 36 วันมีการสะสมไนเตรทมากที่สุดที่ 2,342.6 mg/kg FW ในโรงเรือนปิดช่วงฤดูร้อน รองลงมาคือเรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค (1,985.6 และ 1,879.0 mg/kg FW, ตามลำดับ) ผลการศึกษาปัจจัยทางสภาวะการปลูกต่อการสะสมไนเตรทในผัก โดยใช้การวิเคราะห์วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน พบว่า ในฤดูหนาว ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส คือ วันที่เก็บวิเคราะห์ตัวอย่าง อายุผัก ค่า pH ระบบโรงเรือน ค่า EC และน้ำหนักผักสด โดยสมการสามารถพยากรณ์การสะสมไนเตรทในผักทั้งสามชนิดได้ถูกต้องร้อยละ 80, 89 และ 77 ตามลำดับ ส่วนในฤดูร้อน ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในคอส คือ ความชื้นอากาศและค่า pH ในน้ำปุ๋ย สมการสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 70 สรุปได้ว่าการปรับค่า pH (5.5-7.0) การให้ความชื้นอากาศที่เหมาะสม (63-74%) และการลดการให้ปุ๋ยลงในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยว ช่วยลดการสะสมไนเตรทในผักสลัดได้

คำสำคัญ: การสะสมไนเตรท กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค คอส ไฮโดรโพนิกส์

Abstract

Leaf vegetables can accumulate nitrate. Too much nitrate consumption is harmful to human. The objective of this research is to study nitrate accumulation in three salad vegetable varieties; green oak, red oak and cos, in hydroponic farms under close and open systems during winter and summer. Solution fertilizer factors; electrical conductivity (EC), pH and nitrate concentration in fertilizer were examined and weather condition factors; temperature, humidity and light intensity were recorded. The result shows that 36-day cos had a highest nitrate accumulation of 2,342.6 mg/kg FW under close system in summer and red oak and green oak in open system in summer (1,985.6 and 1,879.0 mg/kg FW, respectively). Factors affecting nitrate accumulation in vegetables were analyzed by using stepwise regression analysis. In winter, the factors affecting nitrate accumulation in green oak, red oak and cos were sample collecting date, age, pH, greenhouse system, fresh weight and EC value. The stepwise equations were able to predict nitrate accumulation in green oak, red oak, and cos correctly 80, 89 and 77%, respectively. In summer, the factors affecting nitrate accumulation in green oak are humidity and pH value. The equations can predict as correctly as 70%. In conclusion, adjustment of pH (5.5-7.0), humidity (63-74%), and decrease of adding fertilizer on a-week pre-harvesting period could reduce nitrate accumulation in vegetables.

Keywords: nitrate accumulation, green oak, red oak, cos, hydroponics

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี 20110

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเครื่องจักรกลเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี 20110

¹ Department of Agricultural Engineering and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110

² Center of Excellence in Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 20110

* Corresponding Author: Email najjapak_so@rmutto.ac.th, najjapak@gmail.com

คำนำ

ผัก เนื้อสัตว์และน้ำ เป็นแหล่งสะสมของไนเตรทโดยส่วนใหญ่ ผักโดยทั่วไปให้ปริมาณไนเตรท 300-940 mg/g ของหน่วยบริโภคต่อวัน ผักสดมีไนเตรท 1-2 mg/kg โดยน้ำหนัก แต่พบไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นได้จากการปนเปื้อนและการซ้ำของผักที่เกิดความเสียหายระหว่างการเก็บรักษาหลายวันที่อุณหภูมิห้อง (Walker, 1990; Santamaria, 2006) การได้รับไนเตรทจากผักในชาวยุโรป ละตินอเมริกา เอเชีย ตะวันออกไกล และแอฟริกา สูงอยู่ในช่วง 300-900 mg/g (Harrison, 2004) ซึ่งมากกว่าค่าระดับที่ยอมรับได้ต่อวัน (Acceptable Daily Intake, ADI) ซึ่งอยู่ในช่วง 100-700 mg/g สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 60 kg ผักเป็นแหล่งสะสมของไนเตรท และมนุษย์บริโภคไนเตรทจากผักเป็นปริมาณสูงถึง 72%-94% (Walker, 1990) โดยทั่วไปไนเตรทไม่มีความเป็นพิษแต่ถ้าหากเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ในร่างกาย ซึ่งจะสามารถทำปฏิกิริยากับ amines และ amides จะให้สารประกอบ N-nitroso compound ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งมาจากการยับยั้งการดูดซึมไอโอดีน (Tonacchera et al., 2004) และยังทำให้เกิดโรค Methaemoglobinaemia ซึ่งทำให้มีอาการตัวเขียวเนื่องจากการขาดออกซิเจน (Vermeer et al., 1998) ผักใบสามารถมีไนเตรทสะสมได้สูงมากกว่า 5,000 mg/kg (Feng, 2006) แต่อย่างไรก็ตามความเป็นพิษเฉียบพลันเมื่อรับไนเตรททางการบริโภคนั้นค่อนข้างต่ำ ปริมาณที่เป็นพิษในมนุษย์ถึงขั้นเสียชีวิตนั้นอยู่ที่ 330 mg/kg ของน้ำหนักร่างกาย (European Union Scientific Panel, 2008)

ปัจจุบันการปลูกผักนั้น มีทั้งการปลูกในดิน และการปลูกไร้ดิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เป็นชุมชนเมืองมากขึ้น พื้นที่การเพาะปลูกด้วยดินน้อยลง การปลูกผักไร้ดินจึงได้รับความสนใจมากขึ้นในเขตชุมชนเมือง จากการศึกษาของ Phupai et al. (2009) พบว่าตัวอย่างผักกาดหอมที่สุ่มจากท้องตลาดและมีระบบการปลูกผักที่แตกต่างกัน คือ การปลูกผักแบบดั้งเดิม การปลูกผักปลอดสารพิษ การปลูกผักด้วยปุ๋ยอินทรีย์ และการปลูกผักไร้ดิน ทำให้มีไนเตรทตกค้างในผักที่แตกต่างกัน Jarsaing (2012) พบว่าผักสลัด (Green oak) ที่ปลูกในระบบไร้ดินมีไนเตรทตกค้างน้อยกว่าผักสลัดที่ปลูกในดินต่างชนิดกัน งานวิจัยของ Phasuk et al. (2019) พบว่า เรดโอ๊คมีการสะสมไนเตรทในปริมาณที่สูงได้ถึง 162.3 g/kg ซึ่งสูงกว่าคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด และเรดคอรัล ในการปลูกระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) 5 สัปดาห์หลังการย้ายอนุบาล ทั้งนี้ในปัจจุบันมีการทำฟาร์มไฮโดรโพนิกส์ที่มีระบบโรงเรือนแบบปิด และระบบโรงเรือนเปิดกลางแจ้ง มีทั้งระบบ Nutrient film technique (NFT) และ DRFT ซึ่งได้รับความนิยมในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก

โดยทั่วไป ผักผักที่สะสมไนเตรท จัดอยู่ในกลุ่ม Brassicaceae (rocket, radish, mustard), Chenopodiaceae (beetroot, swiss chard, spinach), Amarantaceae, Asteraceae (lettuce) และ Apiaceae (celery, parsley) การสะสมปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของเอนไซม์ nitrate reductase ในพืชผักและรวมถึงความสามารถในการดูดซึมไนเตรท และขนส่งในต้นพืช (Maynard & Barker, 1979) ผักกรีนโอ๊ค เรดโอ๊คและคอสจัดอยู่ในกลุ่ม lettuce ซึ่งเป็นผักใบที่มีการสะสมไนเตรท การปลูกผักแบบไฮโดรโพนิกส์ทางการค้าเน้นใช้ปุ๋ยเคมีละลายลงในน้ำด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกันเพื่อปลูกผักในระยะที่แตกต่างกันตั้งแต่ต้นอ่อนไปจนถึงต้นผักที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ ระบบโรงเรือนและสภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน รวมไปถึงชนิดพันธุ์ผัก (vegetable variety) ที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการสะสมไนเตรทที่แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้ทางผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปริมาณไนเตรทที่สะสมในช่วงการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกไฮโดรโพนิกส์จนกระทั่งถึงช่วงการเก็บเกี่ยวสู่ผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผักสลัดซึ่งเป็นผักใบที่มีการสะสมไนเตรทสูง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการให้ปุ๋ยและการควบคุมสภาวะที่เหมาะสมต่อการปลูกผักแต่ละชนิด และเพิ่มความปลอดภัยทางอาหารสู่ผู้บริโภคต่อไป

วิธีการศึกษา

การปลูกผักสลัด

เมล็ดผักกรีนโอ๊ค (*Lettuca sativa* var. *crispa* L.) เรดโอ๊ค (*Lettuca sativa* var. *crispa* L.) และคอส (*Lettuca sativa* var. *longifolia*) ชนิดที่ไม่เคลือบเมล็ดแบบเดียวกัน ถูกนำมาเพาะแล้วปลูกในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิดในฤดูหนาวตั้งแต่เดือนธันวาคม 2561 ถึงมกราคม 2562 และฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน 2562 ฟาร์มทั้งสองระบบไม่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางเคมี ฟาร์มผู้ประกอบการผักไฮโดรโพนิกส์ ตำบลอ่างศิลา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีโรงเรือนแบบเปิดโล่ง มีระบบราง DRFT และระบบราง NFT ที่มีการติดตั้งการพ่นหมอก ส่วนฟาร์มโรงเรือนปิด ณ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี มีการปลูกด้วยระบบราง NFT ที่มีการติดตั้งการพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศภายในโรงเรือน ในโรงเรือนปิด ทำการเพาะเมล็ดผัก เมื่อเมล็ดผักงอกและเริ่มมีใบเป็นเวลาอายุผัก 7-10 วันจึงย้ายไปปลูกในรางระบบ NFT และเริ่มให้ปุ๋ยน้ำเคมี (A และ B) โดยมีค่า EC ประมาณ 1.0-1.8 mS/cm² เป็นเวลาประมาณ 6 สัปดาห์ (อายุผัก 42-46 วัน) ส่วนในโรงเรือนเปิด เมื่อเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลา

1-2 สัปดาห์ จึงย้ายต้นกล้าผักไปปลูกในรางอนุบาลระบบ DRFT โดยให้ปุ๋ยน้ำเคมีที่ค่า EC ประมาณ 1.0-1.4 mS/cm² เป็นระยะเวลา 2-3 สัปดาห์ ต่อมาย้ายไปลงรางระบบ DRFT อีกครั้งแต่เป็นรางที่มีระยะห่างของหลุมมากขึ้น ให้ปุ๋ยที่ EC ประมาณ 1.4-1.8 mS/cm² อีกประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นย้ายไปรางเพาะปลูกในระบบ NFT ในสองสัปดาห์สุดท้าย

การเตรียมตัวอย่าง

ตัดส่วนต้นและราก นำตัวอย่างผักที่ซังน้ำหนักแล้วไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ซับด้วยกระดาษ แล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง แล้วบดตัวอย่างผักด้วยเครื่องบด กรองผ่านตะแกรงขนาด 1.4 mm จากนั้นนำผักที่บดแล้วไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท โดยการสกัดตัวอย่างผักที่บด 0.2 g ด้วยน้ำกลั่น 20 ml จำนวน 8 ซ้ำ เขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 180 rpm เวลา 1 ชั่วโมง นำสารละลายที่สกัดได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm เวลา 20 นาที จำนวน 2 รอบ แล้วนำส่วนใสมาวิเคราะห์ค่าไนเตรท (Phimsirikul, 2004)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดปริมาณไอออนไนเตรท (Hanna Instrument, USA) โดยทำการวิเคราะห์ไนเตรทในตัวอย่าง โดยดูดสารสกัดตัวอย่าง 10 ml จำนวน 8 ซ้ำ มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดปริมาณไอออนไนเตรท (Hanna, USA) ทำการเทียบกับสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 mg/L ก่อนการหาปริมาณไนเตรทในสารสกัดตัวอย่าง หลังจากนั้นคำนวณปริมาณการสะสมไนเตรทในผักที่ศึกษา (Phupaibul et al., 2009)

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าการสะสมของไนเตรทในผักสลัดทั้ง 3 ชนิด และหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ค่า EC pH และค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ย อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นของอากาศ และความเข้มแสง ในช่วงเช้าของทุก 3-4 วัน ในระยะปลูกสองสัปดาห์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ทั้งในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิดกลางแจ้ง โดยใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วย One-Way ANOVA และ Tukey HSD test จากโปรแกรม SPSS ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 ($P < 0.05$) และวิเคราะห์ตัวแปรอิสระในการพยากรณ์สภาวะการปลูกต่อไนเตรทที่สะสมในผัก โดยใช้การวิเคราะห์ Stepwise Regression ในโปรแกรม SPSS ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส

จากผลการทดลอง (Table 1) พบว่าผักกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอสในโรงเรือนปิดช่วงฤดูหนาวเมื่ออายุผัก 35, 39 และ 42 วันมีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ANOVA, $P < 0.05$) แต่เมื่อมีอายุผัก 46 วัน น้ำหนักผักทั้งสามชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น (กรีน โอ๊ค 78.8 g, เรดโอ๊ค 64.2 g และคอส 139.1 g) ซึ่งแสดงถึงผักทั้งสามชนิดมีการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับอายุผัก 35 วัน (13.2, 19.7 และ 21.2 g ตามลำดับ) โดยผักคอสให้น้ำหนักสดมากกว่าเรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค ส่วนการสะสมไนเตรทในเรดโอ๊คมีค่าสูงที่สุดในอายุผัก 39 วันอยู่ที่ 1,075.2 mg/kg FW และเมื่อให้ปุ๋ยลดลงในวันที่อายุผัก 39 วัน พบว่าเรดโอ๊คสะสมไนเตรทน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ (952.6 และ 864.1 mg/kg FW ตามลำดับ, Table 1, $P < 0.05$) โดยสภาวะน้ำปุ๋ยมีค่า pH ที่ต่ำลงและค่า EC ที่ลดลง หลังจากลดการให้ปุ๋ยลงเมื่ออายุผัก 39 วัน พบว่าคอสอายุผัก 46 วัน สะสมไนเตรทน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ (930.3 mg/kg FW, Table 1, $P < 0.05$) ในขณะที่ผักกรีนโอ๊คมีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (1,144.70 mg/kg FW, Table 1) ซึ่งอาจสัมพันธ์กับน้ำหนักของกรีนโอ๊คที่เพิ่มขึ้นด้วย (Table 1, $P < 0.05$) การลดการให้ปุ๋ยในวันที่อายุผัก 39 วัน (1 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว) เมื่อเรดโอ๊คมีน้ำหนัก 39-41 g และคอสมีน้ำหนัก 46-55 g อาจทำให้ค่า EC และค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยลดลงอย่างสัมพันธ์กัน และช่วยลดการสะสมไนเตรทในเรดโอ๊คและคอสลงได้ในช่วงเก็บเกี่ยว

Table 1 Weight and nitrate accumulation in three vegetables and environmental factors under close system of greenhouse in winter

Parameter		Day			
		35	39	42	46
Fresh weight (g)	Green oak	13.18±4.20 ^a	38.77±18.09 ^a	30.09±8.23 ^a	78.81±38.39 ^b
	Red oak	19.65±7.33 ^a	40.523±14.13 ^{ab}	39.15±15.95 ^{ab}	64.16±24.64 ^b
	Cos	21.23±9.67 ^a	55.00±41.84 ^a	46.22±31.54 ^a	139.08±26.69 ^b
Nitrate accumulation (mg/kg FW)	Green oak	669.89±80.43 ^a	686.92±67.75 ^a	834.45±52.27 ^b	1144.70±96.33 ^c
	Red oak	904.80±54.96 ^{ab}	1075.21±76.35 ^c	952.57±59.69 ^b	864.08±27.72 ^a
	Cos	751.50±64.33 ^a	798.72±34.96 ^a	1323.23±61.89 ^c	930.30±50.07 ^b
EC (mS/cm ²)		1.37±0.00 ^c	1.44±0.01 ^d	0.37±0.01 ^b	0.20±0.00 ^a
pH		6.31±0.08 ^c	6.07±0.06 ^{bc}	5.95±0.15 ^b	5.67±0.09 ^a
Nitrate (mg/L)		64.17±5.44 ^c	64.23±3.35 ^c	11.70±1.51 ^b	2.85±0.71 ^a

a-d represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages (35, 39, 42 and 46 days)

ผักสลัดทั้งสามชนิดในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูหนาวมีการเจริญเติบโตในช่วง 40 ถึง 51 วัน โดยมีน้ำหนักผักสดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2, P<0.05) ในช่วงอายุผักที่ใกล้เคียงกัน ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนปิด (46 วัน, 78.8 g) มีน้ำหนักมากกว่า ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกในโรงเรือนเปิด (47 วัน, 31.9 g) ในทำนองเดียวกับผักเรดโอ๊ค (โรงเรือนปิด 46 วัน, 64.2 g และโรงเรือนเปิด 47 วัน, 25.0 g) และคอส (โรงเรือนปิด 46 วัน, 139.1 g และโรงเรือนเปิด 47 วัน, 34.9 g) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะอากาศและสารละลายปลูกซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผักสลัดทั้งสามชนิด นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์การสะสมไนเตรทในผักสลัดทั้งสามชนิดในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูหนาว พบว่ามีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุผักมากขึ้น (Table 2)

Table 2 Weight and nitrate accumulation in three vegetables and environmental factors in open system of greenhouse in winter

Parameter		Day			
		40	44	47	51
Fresh weight (g)	Green oak	12.83±2.74 ^a	23.38±4.19 ^b	31.93±6.07 ^b	44.96±8.89 ^c
	Red oak	10.63±4.18 ^a	21.47±5.71 ^{ab}	24.98±9.40 ^{bc}	35.07±10.57 ^c
	Cos	13.42±4.26 ^a	23.20±9.02 ^{ab}	34.89±5.90 ^{bc}	40.62±10.35 ^c
Nitrate accumulation (mg/kg FW)	Green oak	624.93±16.68 ^a	687.35±53.93 ^a	1094.48±88.25 ^b	1081.40±83.64 ^b
	Red oak	750.13±20.26 ^a	1006.32±58.55 ^b	1082.88±85.65 ^b	1295.61±63.10 ^c
	Cos	806.26±22.48 ^a	990.13±115.64 ^b	1020.25±35.61 ^b	1199.24±101.41 ^c
EC (mS/cm ²)		1.63±0.00 ^d	1.54±0.00 ^c	1.35±0.00 ^b	1.32±0.00 ^a
pH		6.53±0.04 ^a	6.80±0.05 ^b	7.04±0.03 ^c	7.19±0.04 ^d
Nitrate (mg/L)		145.00±7.81 ^c	112.33±2.52 ^{bc}	73.00±14.62 ^a	79.93±20.00 ^{ab}

a-c represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages (40, 44, 47 and 51 days)

ผักสลัดทั้งสามชนิดในโรงเรือนปิดช่วงฤดูร้อนมีน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุผักมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ผักคอสมีน้ำหนักสดมากที่สุด 148.4 g รองลงมาเป็นกรีนโอ๊ค (76.3 g) และเรดโอ๊ค (42.8 g) ตามลำดับที่อายุผัก 43 วัน ที่อายุผักใกล้เคียงกันการปลูกในโรงเรือนปิดช่วงฤดูหนาวให้น้ำหนักผักสดของผักทั้งสามชนิด (กรีนโอ๊ค 30.1 g, เรดโอ๊ค 39.2 g และคอส 46.2 g ที่อายุผัก 42 วัน, Table 1) น้อยกว่าการปลูกในช่วงฤดูร้อน (กรีนโอ๊ค 76.3 g, เรดโอ๊ค 42.8 g และคอส 148.4 g ที่อายุผัก 43 วัน, Table 3) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาวะแวดล้อมทั้งทางน้ำปุ๋ยและอากาศที่แตกต่างกันในสองฤดูกาล นอกจากนี้ยังพบว่าค่าไนเตรทใน

น้ำปุ๋ยของโรงเรือนปิดช่วงฤดูร้อน (104.7-125.3 mg/L, Table 3) มีค่ามากกว่าช่วงฤดูหนาว (2.9-64.2 mg/L, Table 1) ซึ่งอาจส่งผลให้การสะสมไนเตรทในผักสลัดทั้งสามชนิดในช่วงฤดูร้อนมากกว่าช่วงฤดูหนาวเมื่อเปรียบเทียบที่ช่วงอายุผักใกล้เคียงกัน (42-43 วัน) การสะสมไนเตรทในผักสลัดทั้งสามชนิด (กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส) ที่อายุผัก 42 วัน ช่วงฤดูหนาวและอายุผัก 43 วันช่วงฤดูร้อน คอสที่ปลูกในช่วงฤดูร้อนมีการสะสมไนเตรท (2,121.8-2,342.6 mg/kg FW, Table 3) มากที่สุดและมากกว่าผักเรดโอ๊ค และกรีนโอ๊ค (1,550.7-1,863.5 และ 1,314.1-1,778.3 mg/kg FW ตามลำดับ, Table 3)

Table 3 Weight and nitrate accumulation in three vegetables and environmental factors under close system of greenhouse in summer

Parameter		Day			
		33	36	40	43
Fresh weight (g)	Green oak	50.12±8.78 ^a	62.28±18.03 ^{ab}	60.89±25.32 ^{ab}	76.30±14.16 ^b
	Red oak	32.94±7.18 ^a	47.89±7.93 ^b	60.04±10.21 ^c	42.75±8.98 ^{ab}
	Cos	70.85±9.01 ^a	84.05±21.89 ^{ab}	110.08±28.02 ^b	148.43±18.03 ^c
Nitrate accumulation (mg/kg FW)	Green oak	1553.59±137.77 ^b	1494.59±175.74 ^{ab}	1778.34±212.42 ^c	1314.14±82.67 ^a
	Red oak	1738.07±214.92 ^{ab}	1863.50±82.57 ^b	1550.69±149.02 ^a	1700.12±194.10 ^{ab}
	Cos	2219.64±80.75 ^{ab}	2342.63±187.55 ^b	2240.46±172.86 ^{ab}	2121.83±64.90 ^a
EC (mS/cm²)		1.36±0.01 ^c	1.06±0.01 ^a	1.29±0.00 ^b	1.30±0.00 ^b
pH		7.36±0.14	7.07±0.34	7.31±0.09	7.37±0.04
Nitrate (mg/L)		105.63±25.06	104.67±4.62	125.33±9.29	109.33±4.04

a-c represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages (33, 36, 40 and 43 days)

ผักสลัดทั้งสามชนิดในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูร้อนมีน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุผักมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผักคอสมีน้ำหนักสดมากที่สุด 58.8 g รองลงมาเป็นกรีนโอ๊ค (37.2 g) และเรดโอ๊ค (30.9 g) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูร้อน (Table 4) และช่วงฤดูหนาว (Table 2) พบว่าน้ำหนักผักสดของผักสลัดทั้งสามชนิดที่อายุผัก 47 วันใกล้เคียงกัน (Table 2 และ 4) โดยผักคอสมีน้ำหนักสดมากที่สุด รองลงมาเป็นกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม การสะสมไนเตรทในผักที่ปลูกช่วงฤดูหนาวอายุผัก 50-51 วันมีค่าน้อยกว่า (1,020.3-1,094.5 mg/kg FW, Table 2) ในฤดูร้อน (1,723.2-1,847.1 mg/kg FW, Table 4)

Table 4 Weight and nitrate accumulation in three vegetables and environmental factors in open system of greenhouse in summer

Parameter		Day			
		40	43	47	50
Fresh weight (g)	Green oak	10.31±3.95 ^a	16.80±6.39 ^a	30.05±9.46 ^b	37.22±7.32 ^b
	Red oak	19.40±7.35 ^a	21.75±6.87 ^a	26.37±3.86 ^{ab}	30.90±4.53 ^b
	Cos	16.83±6.41 ^a	27.61±9.96 ^{ab}	41.85±11.61 ^{bc}	58.84±15.13 ^c
Nitrate accumulation (mg/kg FW)	Green oak	1879.04±238.93 ^c	894.32±36.88 ^a	1619.39±84.81 ^b	1847.09±175.88 ^c
	Red oak	1985.64±137.94 ^d	977.56±38.50 ^a	1296.63±108.41 ^b	1800.50±99.48 ^c
	Cos	1982.57±214.44 ^d	571.18±27.06 ^a	792.29±85.70 ^b	1723.15±74.54 ^c
EC (mS/cm²)		1.49±0.00 ^a	1.50±0.00 ^a	1.71±0.03 ^b	1.68±0.00 ^b
pH		6.27±0.02 ^a	6.74±0.02 ^d	6.53±0.01 ^c	6.47±0.03 ^b
Nitrate (mg/L)		142.67±2.08 ^{bc}	114.00±3.61 ^a	161.00±14.73 ^c	132.33±5.03 ^{ab}

a-c represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages (40, 43, 47 and 50 days)

ปัจจัยทางสภาวะน้ำปุ๋ยต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอสในฤดูหนาว

เมื่อทำการเก็บข้อมูล EC pH และไนเตรทในน้ำปุ๋ยในโรงเรือนปิดช่วงฤดูหนาว (Figure 1a) พบว่า ช่วงอายุผัก 33-39 วัน มีการให้ปุ๋ยและค่า EC อยู่ในช่วง 0.8-1.6 mS/cm² และเมื่อทำการลดการให้ปุ๋ยในผักอายุ 39 วัน พบว่าค่า EC ลดลงอยู่ในช่วง 0.2-0.5 mS/cm² (Figure 1a) ซึ่งค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยมีแนวโน้มลดลงเช่นกันจากช่วงอายุผัก 33-40 วัน มีค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยอยู่ในช่วง 64.17-64.23 mg/L และเมื่อทำการลดการให้ปุ๋ยในผักอายุ 39 วัน พบว่าค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยลดลงอยู่ในช่วง 2.85-11.70 mg/L ทั้งนี้มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-7.0 ในช่วงผักอายุ 33-47 วัน (Figure 1a)

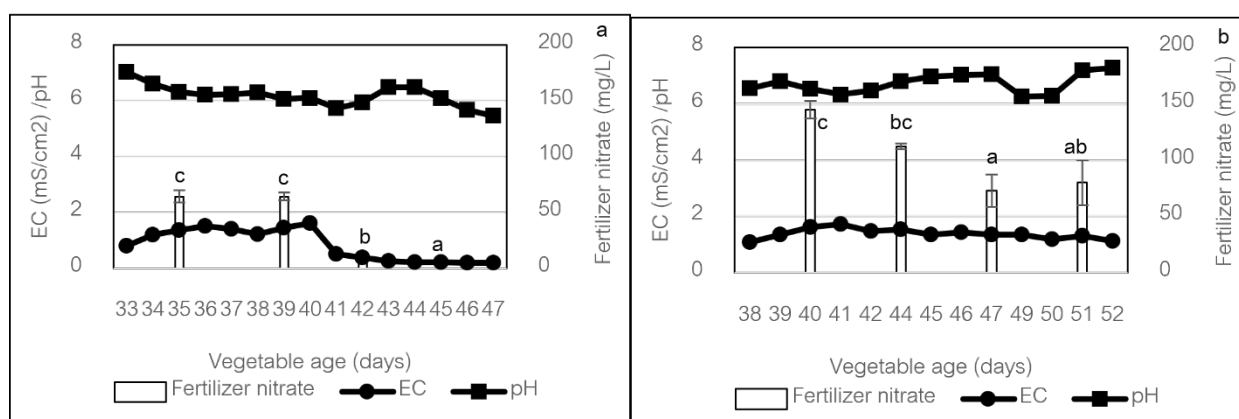


Figure 1 Environmental factors in solution fertiliser; a) in close greenhouse, and b) in open greenhouse, during winter (a-c represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages, in close greenhouse; 35, 39, 42 and 46 days, and in open-air greenhouse; 40, 44, 47 and 51 days)

ในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูหนาวไม่มีการลดการให้ปุ๋ยและมีสภาวะน้ำปุ๋ย ได้แก่ ค่า EC อยู่ในช่วง 1.1-1.7 mS/cm² ค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยอยู่ในช่วง 73.0-145.0 mg/L และมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.3-7.3 (Figure 1b) การเจริญเติบโตและการสะสมไนเตรทของผักทั้งสามชนิดขึ้นอยู่กับการให้ปุ๋ยที่สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อการละลายธาตุอาหารในน้ำปุ๋ยที่ลดลง (Jarsaing, 2012) ทำให้ค่า EC และค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยลดลงด้วย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า pH ที่สูง (6.3-7.3) อาจทำให้ลดการละลายธาตุอาหาร ทำให้ผักมีการดูดซึมน้ำและสะสมไนเตรทที่มากขึ้นผ่านราก ดังนั้นแนวทางการลดการสะสมไนเตรทในผักอาจทำได้โดยการปรับ pH ให้ลดลงอยู่ในช่วง 5.5-7.0 (Figure 1a) เพื่อให้ค่า EC และค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยสูงขึ้น สำหรับการดูดซึมนิเตรทไปใช้

ปัจจัยทางสภาวะน้ำปุ๋ยและสภาวะทางอากาศต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอสในฤดูร้อน

เมื่อทำการเก็บข้อมูลสภาวะทางน้ำปุ๋ย ได้แก่ EC pH และไนเตรทในน้ำปุ๋ยในโรงเรือนปิดช่วงฤดูร้อน ในเวลา 11.00 น. (Figure 2a) พบว่า ช่วงอายุผัก 33-43 วัน มีการให้ปุ๋ยและค่า EC อยู่ในช่วง 1.0-1.4 mS/cm² (Figure 2a, Table 3) มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.1-7.7 และมีค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยอยู่ในช่วง 104.7-125.3 mg/L เมื่อทำการเก็บข้อมูลสภาวะทางอากาศ ได้แก่ ความชื้นอากาศ อุณหภูมิ และความเข้มแสง พบว่า ช่วงอายุผัก 33-43 วัน มีค่าความชื้นอากาศอยู่ในช่วง 33.0-50.0% (Figure 2b) มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 34.3-43.6 °C และมีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 8,800-34,167 lux

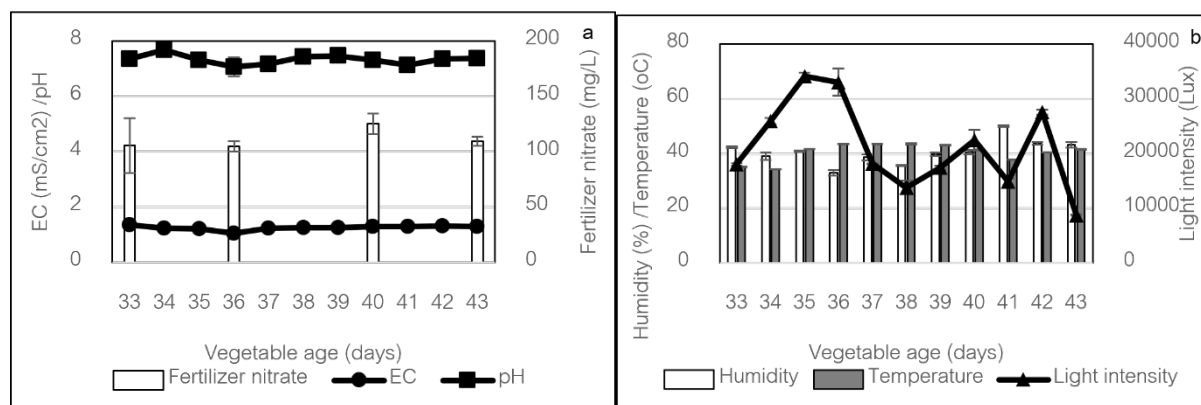


Figure 2 Environmental factors; a) in solution fertiliser, and b) in air condition, in close greenhouse in summer

ช่วงฤดูร้อนผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนเปิดต้องใช้เวลาในการเจริญเติบโต (50 วัน, Table 4) นานกว่าการปลูกในโรงเรือนปิด (33 วัน, Table 3) เมื่อพิจารณาว่าผักสลัดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทำการเก็บข้อมูลสถานะทางน้ำปุ๋ย (Figure 3a) ได้แก่ EC pH และไนเตรทในน้ำปุ๋ยในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูร้อน ในเวลา 8.00 น. พบว่า ช่วงอายุผัก 40-50 วัน มีการให้ปุ๋ยและค่า EC อยู่ในช่วง 1.3-1.7 mS/cm² (Figure 3a) มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.8-6.7 และมีค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยอยู่ในช่วง 114.0-161.0 mg/L และเมื่อทำการเก็บข้อมูลสถานะทางอากาศ (Figure 3b) พบว่า ช่วงอายุผัก 40-50 วัน มีค่าความชื้นอากาศอยู่ในช่วง 63.0-74.3% (Figure 3b) มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 31.4-35.5 °C และมีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 10,766-14,320 lux ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปลูกในโรงเรือนทั้งสองแหล่งมีปัจจัยทางสถานะน้ำปุ๋ยและปัจจัยทางอากาศที่แตกต่างกันซึ่งในวันที่ผักอายุ 43 วันมีสถานะอากาศความชื้นสูงและค่าไนเตรทในน้ำปุ๋ยน้อย

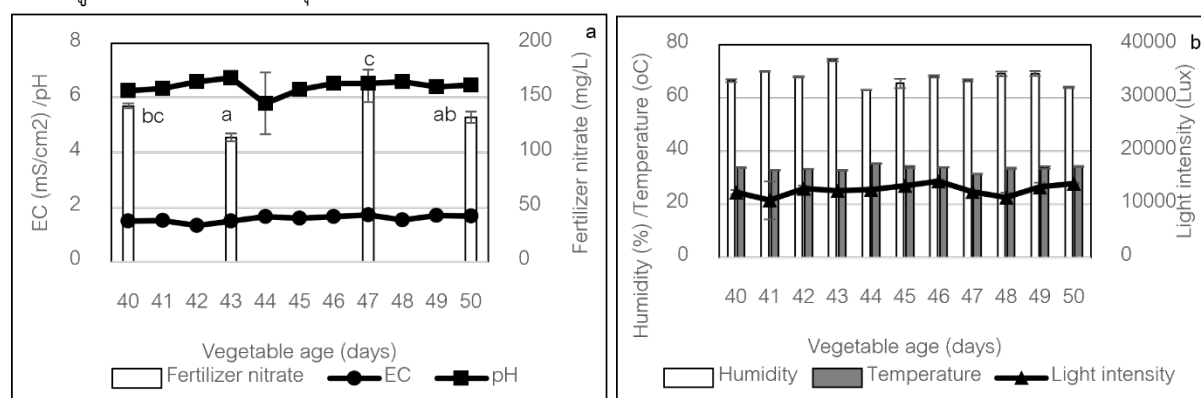


Figure 3 Environmental factors; a) in solution fertiliser, and b) in air condition, in open greenhouse in summer (a-c represents significant difference using statistical analysis with One-Way ANOVA and post-hoc Tukey HSD test at significant level of 95% when comparing among four vegetable ages in open-air greenhouse; 40, 43, 47 and 50 days)

จากการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระด้านปัจจัยทางสถานะน้ำปุ๋ยและทางอากาศต่อการสะสมไนเตรทในผักสลัดด้วย stepwise regression (Table 5) พบว่าในฤดูหนาว วันที่เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ (4 ครั้งในทุก 3-4 วัน) มีผลต่อการสะสมไนเตรทในกรีนโอ๊คที่เพิ่มขึ้น (Table 5, $R^2=0.80$) ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในเรดโอ๊ค คือ อายุผัก ค่า pH ระบบโรงเรือน และค่า EC โดยอายุผักที่มากขึ้น ค่า pH ที่สูงขึ้น ระบบโรงเรือนปิด และค่า EC ที่สูงขึ้นมีผลต่อการสะสมไนเตรทในเรดโอ๊คที่มากขึ้น (Table 5, $R^2=0.89$) และปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในคอส คือ วันที่เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ น้ำหนักสดและค่า EC โดยระยะเวลาที่มากขึ้น น้ำหนักผักสดที่น้อยและค่า EC ที่น้อย ทำให้เกิดการสะสมไนเตรทที่มากขึ้น (Table 5, $R^2=0.77$) เป็นที่น่าสนใจว่า ในฤดูร้อนไม่มีปัจจัยที่สามารถทำนายการสะสมไนเตรทในกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ในคอสพบว่ามีค่าความชื้นอากาศและค่า pH ที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในคอส โดยความชื้นที่น้อยลงและค่า pH ที่น้อยลง จะทำให้เกิดการสะสมไนเตรทในคอสที่มากขึ้น

(Table 5, $R^2=0.70$) ดังนั้นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการสะสมไนเตรตในคอสในฤดูร้อนคือการเพิ่มความชื้นให้อยู่ในช่วง 63-74% (Figure 3b) เช่น โดยการพ่นหมอก เป็นต้น

Table 5 Stepwise regression analysis of environmental factors affecting nitrate accumulation in vegetables in close and open greenhouses

Nitrate accumulation (Y)	Factors involved (X)	Prediction Equation	R^2
In winter			
Green oak	Collecting date _{x1}	$Y=411.2+(157.3X_1)$	0.80
Red oak	Age _{x1} , pH _{x2} , Greenhouse _{x3} , EC _{x4}	$Y=-1858.9+(32.4X_1)+(292.7X_2)-(426.8X_3)+(153.8X_4)$	0.89
Cos	Collecting date _{x1} , Fresh weight _{x2} , EC _{x3}	$Y=895.5+(125.7X_1)-(3.1X_2)-(114.6X_3)$	0.77
In summer			
Green oak	No factor correlated	-	-
Red oak	No factor correlated	-	-
Cos	Humidity _{x1} , pH _{x2}	$Y=10131.8-(55.4X_1)-(784.6X_2)$	0.70

+, Positive correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed), and -; Negative correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Conversa et al. (2021) ได้ศึกษาการลดปริมาณไนเตรตในผักกาดหอม (*Lactuca sativa* หรือ baby-leaf lettuce) โดยการจัดการการปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่า ระบบการปลูกแบบน้ำไหล (ebb and flow) และการให้ปุ๋ยปริมาณที่ต่างกัน 2.5 และ 3.5 dS/m ในช่วงฤดูหนาว ระบบการปลูกแบบน้ำไหลและการให้ปุ๋ย 3.5 dS/m ส่งผลให้การสะสมไนเตรตในผักโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต อีกทั้งยังมีคุณภาพ เช่น สี น้ำหนัก คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ วิตามินซี และฟีนอลที่ดีขึ้นด้วย การสะสมที่น้อยลงนี้อาจเกี่ยวกับกลไกการตอบสนองของพืชต่อความเครียดจากเกลือ (Salt stress) จึงเกิดการดูดซึมไนเตรตพร้อมกับไอออนอื่น เช่น คลอไรด์ (Cl⁻) ในสารอาหารได้น้อยลง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนทำให้สูญเสียการควบคุมการดูดซึมไนเตรต และเกลือประจุในสารอาหารจากการให้ปุ๋ย 3.5 dS/m นอกจากนี้งานวิจัยของ Conversa et al. (2021) ยังพบว่าปริมาณไนเตรตในผักกาดหอมลดลงหลังจากการหยุดให้ปุ๋ยใน 3 วัน สอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยนี้ที่พบว่าการลดการให้ปุ๋ยใน 3 วันทำให้การสะสมไนเตรตในเรดโอ๊คและคอสลดลง (Table 1) ในทางเดียวกับงานวิจัยของ Tabaglio et al. (2020) ที่พบว่าการปลูกผักกาดหอมในระบบราง NFT ที่มีการหยุดการให้ปุ๋ย 2-4 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยวอาจลดการสะสมไนเตรตในผักได้ 29-58% จากการให้ปุ๋ย 7-16% ตามลำดับ ทั้งนี้สภาวะการเจริญเติบโตของผักเป็นปัจจัยสำคัญของระบบการผลิตผักที่มีการสะสมไนเตรตน้อย

สรุปผลการศึกษา

ผักสลัดทั้งสามชนิดมีการเจริญเติบโตมากขึ้นในช่วงอายุที่ศึกษาก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งผักมีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ผักมีน้ำหนักสดที่มากขึ้น ทั้งนี้การสะสมไนเตรตในผักสลัดทั้งสามชนิดนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายประการ ได้แก่ การเจริญเติบโตของผักตามช่วงอายุ ชนิดพันธุ์ผัก สภาวะน้ำปุ๋ย และสภาวะอากาศ โดยผักทั้งสามชนิดในการปลูกในโรงเรือนทั้งสองแบบ ผักคอสให้น้ำหนักสดสูงที่สุดซึ่งมากกว่ากรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ตามลำดับ ส่วนการสะสมไนเตรตในผักทั้งสามชนิดมีค่าการสะสมที่แตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้คอสอายุ 36 วันมีการสะสมไนเตรตมากที่สุดที่ 2,342.6 mg/kg FW ในโรงเรือนปิดช่วงฤดูร้อน รองลงมาคือเรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค (1,985.6 และ 1,879.0 mg/kg FW, ตามลำดับ) ในโรงเรือนเปิดช่วงฤดูร้อน ทั้งนี้อุณหภูมิอากาศที่สูงและความชื้นอากาศที่ต่ำอาจทำให้มีการสะสมไนเตรตที่มากขึ้น การสะสมไนเตรตในผักทั้งสามชนิดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานไนเตรตที่สะสมในผักที่ปลูกในโรงเรือนในช่วงฤดูหนาว (5,000 mg/kg FW ในโรงเรือนปิด และ 4,000 mg/kg FW ในโรงเรือนเปิด) และช่วงฤดูร้อน (4,000 mg/kg FW ในโรงเรือนปิด และ 3,000 mg/kg FW ในโรงเรือนเปิด) ตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป (European Commission, 2011)

เอกสารอ้างอิง

- Conversa, G., Bonasia, A., Lazzizzera, C., Rotonda, P., & Elia, A. (2021). Reduction of nitrate content in baby-leaf lettuce and *Cichorium endivia* through the soilless cultivation system, electrical conductivity and management of nutrient solution. **Frontiers in Plant Science**, 12, 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.645671>
- European Commission. (2011). **Commission Regulation (EC) No. 1258/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards Maximum Levels for Nitrates in Foodstuffs**. Official Journal of the European Union No. L320/15.
- European Union Scientific Panel. (2008). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables. **European Food Safety Authority**, 689, 1–79.
- Feng, J. (2006). Assessment of nitrate exposure in Beijing residents via consumption of vegetables. **Chinese Journal of Food Hygiene**, 18(6), 514-516.
- Harrison, J., Hirel B., & Limani, A. M. (2004). Variation in nitrate uptake and assimilation between two ecotypes of *Lotus japonicus* and their recombinant inbred lines. **Physiologia Plantarum**, 120, 124–131.
- Jarsaing, K. (2012). **Nitrate Accumulation in Green Oak**. Dissertation in Bachelor of Science (Biology), Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai).
- Maynard, D. N., & Barker, A. V. (1979). Regulation of nitrate accumulation in vegetables. **Acta Horticulturae**, 93, 153–162.
- Phasuk, A., Chutichudet P., & Chutichoodej, B. (2019). Growth, product, and amount of nitrate accumulation in 5 vegetable varieties growing in hydroponic system. **Science and Technology Journal Mahasarakham University**, 38(4), 391-401 (in Thai).
- Phimsirikul, P. (2004). **The Preliminary Study on Nitrate Accumulation in Vegetables produced by Hydroponics and Hygienic Cultures sold in Market**, pp. 1-55. Thailand Science Research and Innovation. (in Thai).
- Phupaibul, P., Soiklom S., & Bourngam, W. (2009). Analysis of nitrate accumulation in fresh vegetables. In **Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Plants**, pp. 289-298. Kasetsart University. (in Thai).
- Santamaria, P. (2006). Review – Nitrate in vegetables: toxicity content, intake and EC regulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 86, 10-17.
- Tabaglio, V., Boselli, R., Fiorini, A., Ganimede, C., Beccari, P., Santelli, S., & Nervo, G. (2020). Reducing nitrate accumulation and fertilizer use in lettuce with modified instrument nutrient film technique (NFT) system. **Agronomy**, 10(8), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081208>
- Tonacchera, M., Pinchera, A., Dimida, A., Ferrarini, E., Agretti, P., Vitti, P., Santini, F., Crump, K., & Gibbs, J. (2004). Relative potencies and additivity of perchlorate, thiocyanate, nitrate, and iodide on the inhibition of radioactive iodide uptake by the human sodium iodide symporter. **Thyroid**, 14, 1012-1019.
- Vermeer, T. M., Pachen, M. F., Dallinga, J. W., Kleinjans, J. C., & Maanen, M. S. (1998). Volatile N-nitrosamine formation after intake of nitrate at the ADI level in combination with an amine-rich diet. **Environmental Health Perspectives**, 106, 459–463.
- Walker, R. (1990). Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. **Food Additives and Contaminants**, 7, 717–768.

การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร ในตำบลเกาะโพธิ์ อำเภopakพลี จังหวัดนครนายก

Participative Learning in the Community on Planning the Water Management for Agriculture in Kopho Subdistrict, Pakphli District, Nakhonnovok Province

สมศักดิ์ คุหาสวรรค์เวช^{1*}, ลือพงษ์ ลือนาม¹ และดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมมาธิวัฒน์¹
Somsak Kuhaswonvetch^{1*}, Luepong Luenam¹ and Duangkamol Parostip Thanmatiwat¹

Received date: 6 ส.ค. 66 Revised date: 10 ก.ย. 66 Accepted date: 19 ก.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.010>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม 2) สร้างกิจกรรมและผลิตสื่อ 3) ศึกษาการทำกิจกรรมและใช้สื่อเพื่อการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร กลุ่มตัวอย่างเป็น ผู้นำชุมชน จำนวน 26 คน เยาวชน จำนวน 15 คน และประชาชนที่เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test มีผลการศึกษาดังนี้

1) ผลการส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม พบว่า ผลการเปรียบเทียบความรู้ของผู้นำชุมชนในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร หลังการเรียนรู้ผู้นำชุมชนมีความรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) 2) ผลการสร้างกิจกรรมและการผลิตสื่อการเรียนรู้ พบว่า กิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่ การรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน การจัดทำแผนการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ จัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน สื่อที่ใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อโปสเตอร์ และป้ายประกาศ 3) ผลการทำกิจกรรมและใช้สื่อเพื่อการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร พบว่า การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและใช้สื่อ มีค่าเฉลี่ย 4.24 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การเรียนรู้ การมีส่วนร่วม การวางแผนและจัดการน้ำ ชุมชน

Abstract

The objectives of the study are: 1) to promote participatory learning; 2) to create related activities and produce relevant media; and 3) to study the activities created and the use of media for planning the water management for agriculture in the community. The sample of the study consists of 26 community leaders, 15 youths, and 30 people who participated in the activity creation. The statistic values for analyzing the study are frequency, percentage, mean, the standard deviation, and the t-test score. The results following the objectives are as followed:

1) The result of promoting participatory learning found that for the knowledge of planning the water management in the community among the community leaders, participants gained knowledge with a statistical significance ($p < 0.01$); 2) The results of activity creation and learning media production found that activities to promote participatory learning were “campaign for the preservation and conservation of community water sources”, “preparation of water management plan for agriculture at Ko Pho Subdistrict”, “organize a community forum for sustainable water management at Ko Pho Subdistrict”, and “the use of media to promote learning such as posters and billboards”; 3) The results of activities and the use of media for planning the water management in the community for agriculture found that participation in the activities and using media had an average of 4.24, correspondingly in a high level.

Keywords: learning, participation, water planning and management, community

¹ ภาควิชานวัตกรรมสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author: Email: somsak.ku@kmitl.ac.th

คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และการพัฒนาทางเศรษฐกิจ น้ำตามธรรมชาติที่ประชาชนทุกท้องถิ่นอาศัยใช้ได้แก่ น้ำในบรรยากาศ (ฝน) น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล นับเป็นผลิตผลจากธรรมชาติที่เราไม่สามารถผลิตเพิ่มขึ้นมาหรือลดปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติได้เองตามต้องการ บางปีอาจเกิดฝนแล้งเป็นเหตุให้น้ำในแม่น้ำลำธารมีน้อย หรือบางปีฝนตกชุกต่อเนื่องจนเกิดความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม (Thailand Development Research Institute, 2023) ปัญหาทรัพยากรน้ำที่เกิดขึ้นในประเทศไทยดังกล่าวมีผลกระทบโดยตรงกับการเกษตรและแหล่งน้ำในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ สิ้นเปลืองและสูญเสียผลผลิตด้านเกษตร ปศุสัตว์ ป่าไม้ การประมง เศรษฐกิจทั่วไป รวมถึงผลกระทบด้านอุทกวิทยา ทำให้ระดับและปริมาณน้ำลดลง พื้นที่ชุ่มน้ำลดลง ระดับน้ำในดินเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ด้านสังคม เกิดผลกระทบในด้านสุขภาพอนามัย เกิดความขัดแย้งในการใช้น้ำและการจัดการคุณภาพชีวิตลดลง (Meteorological Department, 2022)

จากปัญหาดังกล่าว น้ำจึงเป็นทรัพยากรธรรมชาติของคนไทยทุกคนที่ต้องมีการบริหารจัดการร่วมกันในทุกภาคส่วน ซึ่งการจัดการน้ำในปัจจุบันควรมีกลไกสำคัญ คือ การมีส่วนร่วม เพราะการมีส่วนร่วมก่อให้เกิดผลดีต่อการขับเคลื่อนชุมชน และมีผลในทางจิตวิทยาเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ ผู้ที่เข้ามามีส่วนร่วมย่อมเกิดความภาคภูมิใจที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินกิจกรรม ที่สำคัญผู้ที่มีส่วนร่วมจะมีความรู้สึกเป็นเจ้าของ ความรู้สึกเป็นเจ้าของจะเป็นพลังในการขับเคลื่อนที่ดีที่สุด ดังนั้นการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายในการจัดการน้ำจึงต้องพัฒนากลไกและกระบวนการวางแผนและจัดการเชิงบูรณาการขึ้นมา เพื่อเพิ่มศักยภาพทางสังคม สามารถร่วมกันนำพาให้การจัดการทรัพยากรน้ำทุกด้านเป็นไปอย่างมีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (ThaiPublica, 2022).

จังหวัดนครนายกสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ ทางตอนเหนือและตะวันออกเป็นภูเขาสูงชัน ส่วนหนึ่งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ฝนที่ตกส่วนใหญ่เป็นฝนที่เกิดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม สำหรับพื้นที่อำเภอปากพลีมีปริมาณฝนรวมทั้งปีประมาณ 1,500 มิลลิเมตร (Nakhon Nayok Provincial Natural Resources and Environment Office, 2020) ตำบลเกาะโพธิ์ มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม มีคลองชลประทานไหลผ่านกลางตำบล ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำการเกษตร แหล่งน้ำธรรมชาติ ประกอบด้วย ลำน้ำ ลำห้วย คลอง 5 สาย บึงหนอง 7 สาย อุทกภัยในตำบลเกิดขึ้นทุกปี เนื่องจากพื้นที่ด้านเหนือ ซึ่งเป็นช่วงต้นน้ำ ในฤดูฝนน้ำจะไหลลงมาอย่างรวดเร็ว มารวมที่ตำบลเกาะโพธิ์ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่ม ส่งผลให้ไม่สามารถระบายน้ำลงสู่พื้นปลายน้ำได้อย่างสะดวก ทำให้น้ำเข้าท่วมพื้นที่การทำเกษตรของเกษตรกรเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมากในทุกปี (Ko Pho Subdistrict Administrative Organization, 2023)

เพื่อให้การวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน สอดคล้องกับวิถีชุมชน สภาพพื้นที่ ความต้องการของคนในชุมชน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรของผู้นำชุมชน เยาวชนและประชาชนในตำบลเกาะโพธิ์ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ส่งผลให้คนในชุมชนมีส่วนร่วมในการวางแผนและจัดการน้ำร่วมกัน และมีน้ำเพื่อการเกษตรอย่างพอเพียง มีสภาพความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและมีความยั่งยืนตลอดไป

วิธีการศึกษา

ประชากรในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ผู้นำชุมชน เยาวชน และประชาชนในตำบลเกาะโพธิ์ กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้ ผู้นำชุมชนต้องเป็นผู้ที่ประชาชนเลือกหรือยกย่องให้ทำหน้าที่ผู้นำ และมีประสบการณ์และความรู้เกี่ยวกับการเกษตรและน้ำในชุมชน จำนวน 26 คน เยาวชน ต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการผลิตสื่อ และเข้าร่วมกิจกรรมค่ายการเรียนรู้ตลอดโครงการ จำนวน 15 คน ประชาชน ต้องเป็นผู้มีความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ในการทำการเกษตรมากกว่า 5 ปี มีประสบการณ์เกี่ยวกับน้ำในชุมชน และเข้าร่วมกิจกรรมได้ต่อเนื่องตลอดโครงการ จำนวน 30 คน

การทดสอบความรู้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การวิจัยแบบ One Group Pre-test Post-test Design ดัง Table 1

Table 1 Pattern of research in One Group Pre-Test Post-Test design

Group	Pre-test	test	Post-test
The experimental group	T1	X	T2

Definition:

T1 means pre-test before activities for learning

T2 means post-test after activities for learning

X means activities for learning

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย การจัดสนทนากลุ่มเพื่อการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม และแบบทดสอบความรู้ในทำกิจกรรม โดยนำไปทดสอบกับประชาชน และเยาวชนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มละ 30 ราย เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการคำนวณ KR-20 ของ Kuder-Richardson (Kuder & Richardson, 1937) โดยแบบทดสอบความรู้ของผู้นำชุมชนได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แบบทดสอบความรู้ของเยาวชนได้ค่าความเชื่อมั่น 0.84 ส่วนแบบสอบถามนำไปหาความเชื่อมั่น (reliability) ใช้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha Coefficient) ของ Cronbach (Cronbach, 1970) โดยแบบสอบถามการทำกิจกรรมและการใช้สื่อของประชาชน ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ใช้ในการอธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้ในการเปรียบเทียบความรู้ โดยใช้การทดสอบ t-test แบบ Dependent กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การมีส่วนร่วมในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนนั้นมีกระบวนการประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอน ถือเป็นหลักในการดำเนินงานด้านการวางแผนและการจัดการน้ำของชุมชนที่เน้นการมีส่วนร่วมเป็นสำคัญ โดยมีผลการศึกษาดังนี้

การมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ

1. จัดเตรียมทีมวิจัยหลัก ทีมวิจัยพื้นที่และทีมวิจัยสนับสนุน โดยมีจัดเตรียมทีมวิจัยหลัก เป็นทีมวิจัยจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทีมวิจัยในพื้นที่ เป็นทีมวิจัยที่อยู่พื้นที่ มีความรู้และเข้าใจในบริบทของชุมชน ทีมวิจัยสนับสนุน เป็นนักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2 สร้างความสัมพันธ์กับชุมชน ทีมวิจัยหลักสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน โดยการพบปะแนะนำตัวและโครงการที่จะทำการวิจัยและสร้างความคุ้นเคยกับผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะโพธิ์ ผู้นำชุมชนและประชาชนในตำบลเกาะโพธิ์ เพื่อสร้างความคุ้นเคย เชิญชวนผู้ที่สนใจเข้าร่วมกิจกรรม

3. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของชุมชนตำบลเกาะโพธิ์ ทีมวิจัยหลักร่วมกับผู้นำชุมชนศึกษาข้อมูลเบื้องต้น สรุปผลดังนี้ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มในฤดูฝนน้ำจะท่วมทุกปี ลักษณะของพื้นที่ไม่มีภูเขา ไม่มีป่าไม้ และแม่น้ำไหลผ่าน มีคลองชลประทานไหลผ่านกลางตำบล สภาพปัญหาของตำบลเกาะโพธิ์ ประกอบด้วย น้ำท่วมในพื้นที่เกษตรกรรมและน้ำล้นตลิ่งในพื้นที่ชุมชนมีระยะเวลาหลายวัน และทุกปี ปัญหาระบบการจ่ายน้ำประปาหมู่บ้าน ดินเสื่อมคุณภาพ ปัญหาประชาชนขาดความรู้ด้านการบริหารจัดการ การติดต่อสื่อสาร การกำจัดขยะมูลฝอย และการเจ็บป่วยของราษฎร

4. สสำรวจชุมชนในตำบลเกาะโพธิ์ ทีมวิจัยหลักร่วมกับผู้นำชุมชนสำรวจชุมชน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัย สรุปผลดังนี้ เกษตรกรในตำบลส่วนใหญ่ทำนาเป็นหลัก ร้อยละ 95.00 รองลงมาทำสวนผลไม้ ร้อยละ 4 เช่น มะยงชิด มะม่วง ฝรั่ง และเลี้ยงสัตว์ ร้อยละ 1 เกษตรกรทำการเกษตรโดยอาศัยแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ได้แก่ ลำน้ำ ลำห้วย คลอง 3 สาย บึง หนอง 7 สาย และจากแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น ได้แก่ สระน้ำ 12 แห่ง บ่อน้ำ 20 แห่ง ฝาย 2 แห่ง ประปาบาดาล 1 แห่ง ประปาหมู่บ้าน 3 แห่ง

5. เตรียมความพร้อม เสนอแนวคิดและสถานการณ์เบื้องต้น ทีมวิจัยหลักและผู้นำชุมชนได้ร่วมกันวางแผนในการเตรียมความพร้อม ดังนี้

5.1 เตรียมความพร้อมในการดำเนินการศึกษาวิจัย ทีมวิจัยหลักประสานกับผู้นำชุมชนในพื้นที่เพื่อคัดเลือกเป็นทีมงานวิจัยในพื้นที่ จำนวน 26 คน เตรียมสถานที่ในการประชุมแลกเปลี่ยนประสบการณ์และทำกิจกรรม โดยกำหนดให้หอประชุมของสำนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะโพธิ์ เป็นสถานที่ในการประชุมแลกเปลี่ยนประสบการณ์และทำกิจกรรม

5.2 นำเสนอแนวคิดและสถานการณ์น้ำเบื้องต้นในตำบลเกาะโพธิ์ โดยมีแนวคิดดังนี้ ในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร ต้องใช้กระบวนการมีส่วนร่วมที่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการดำเนินการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้ 1) การมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ 2) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ 3) การมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ 4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอน ถือเป็นหลักในการดำเนินงานด้านการวางแผนและการจัดการน้ำของชุมชนที่เน้นการมีส่วนร่วมเป็นสำคัญ

สถานการณ์น้ำเบื้องต้น สามารถสรุปสภาพปัญหาน้ำท่วมตามลักษณะพื้นที่ได้ดังนี้ พื้นที่เกษตรกรรมเกิดบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เป็นที่ลุ่มต่ำ มีลักษณะแบนราบทำให้การไหลระบายของน้ำผิวดินในพื้นที่เป็นไปได้ไม่เร็วนัก เมื่อ

น้ำที่ไหลมามีปริมาณมาก ส่งผลให้น้ำเข้าท่วมในพื้นที่เกษตรเป็นวงกว้าง มีระยะเวลานานหลายวัน และทุกปี พื้นที่ชุมชน เกิดบริเวณชุมชนที่อยู่ติดริมน้ำ มีสาเหตุน้ำท่วมจากน้ำไหลล้นตลิ่งและจากปริมาณฝนที่ตกหนักในพื้นที่ไม่สามารถไหลลงสู่ลำน้ำธรรมชาติได้ ส่งผลให้น้ำเข้าท่วมบ้านเรือน มีระยะเวลานานหลายวัน และทุกปี

5.3 จากการค้นหาปัญหา สาเหตุ สามารถสรุปความต้องการเบื้องต้นของชุมชนได้ดังนี้ 1) ปัญหากล้วยแล้ง ยังไม่ควรถือเป็นการเนื่องจากพื้นที่มีปัญหากล้วยแล้งในระดับต่ำ เนื่องจากมีคลองชลประทานผ่านตำบล เกษตรกรสามารถนำน้ำมาใช้ได้ตลอดฤดูแล้ง 2) ปัญหาอุทกภัย มีความจำเป็นในการแก้ปัญหาเร่งด่วน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของตำบลเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ ในฤดูฝนน้ำจะไหลมาจากด้านเหนือของตำบล ส่งผลให้เกิดอุทกภัยมีระยะเวลานานหลายวัน และซ้ำซากทุกปี 3) การแก้ปัญหาชุมชนต้องทำกิจกรรมและใช้สื่อเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน

การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

1. สร้างกลไกการจัดการระดับบริหารและระดับปฏิบัติการเพื่อเป็นทีมวิจัยในพื้นที่ โดยมีกรอบบทบาทหน้าที่ดังนี้ ทีมวิจัยหลัก มีบทบาทหน้าที่ประสานงานภายในโครงการวิจัยและรับผิดชอบในส่วนของการดำเนินการศึกษาวิจัย ทีมวิจัยในพื้นที่ มีบทบาทในการประสานงานภายในโครงการวิจัย ระหว่างผู้วิจัยและประชาชนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย รับข้อเสนอแนะของประชาชนในพื้นที่ จัดเตรียมสถานที่เพื่อใช้ในการประชุมและจัดทำกิจกรรม ทีมวิจัยสนับสนุน มีบทบาทหน้าที่ช่วยสนับสนุนทีมวิจัยหลัก และทีมวิจัยในพื้นที่ ในการประสานงานและช่วยดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้

2. ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน โดยการสนทนากลุ่มเพื่อหาความต้องการจำเป็น (Need Assessment) ทีมงานวิจัยหลักได้เน้นให้ผู้ร่วมสนทนามีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน สามารถสรุปผลการสนทนา ได้ดังนี้

ปัญหากล้วยแล้ง พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 50.00 มีปัญหากล้วยแล้งในระดับต่ำ บริเวณอำเภอบางพลี มีพื้นที่เสี่ยงกล้วยแล้งปานกลางประมาณร้อยละ 15.00 โดยบริเวณตำบลเกาะโพธิ์ ไม่เป็นพื้นที่ที่เสี่ยงกล้วยแล้งระดับสูง เนื่องจากมีคลองชลประทานไหลผ่านตำบล เกษตรกรสามารถนำน้ำมาใช้ได้ตลอดฤดูแล้ง

ปัญหาอุทกภัย พบว่า การเกิดอุทกภัยในตำบลเกาะโพธิ์ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของตำบลเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ ในฤดูฝนน้ำที่ไหลจาก 2 แหล่ง คือ ตำบลบ้านใหญ่ อำเภอมืองนครนายก เป็นพื้นที่อยู่ด้านเหนือของตำบล และตำบลเกาะหวาย อำเภอบางพลี เป็นพื้นที่ช่วงต้นน้ำที่อยู่ด้านเหนือของตำบล จากปัญหาวางต้นส่งผลให้เกิดอุทกภัยในเขตลุ่มน้ำของตำบลเกาะโพธิ์ มีระยะเวลานานหลายวัน และเกิดขึ้นซ้ำซากเป็นประจำทุกปีใน 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมเกิดบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำในหมู่ที่ 1 หมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 5 เนื่องจากพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มต่ำ มีลักษณะแบนราบทำให้การไหลระบายของน้ำผิวดินในพื้นที่เป็นไปได้ไม่เร็วนัก ทำให้น้ำเข้าท่วมพื้นที่ทำการเกษตร ส่งผลให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก และพื้นที่ชุมชน เกิดบริเวณชุมชนที่อยู่ติดริมน้ำในหมู่ที่ 1 หมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 5 มีสาเหตุมาจากน้ำไหลล้นตลิ่งและจากปริมาณฝนที่ตกหนักในพื้นที่ น้ำไม่สามารถไหลลงสู่ ตำบลวังกระโจม อำเภอมืองนครนายก ตำบลท่าเรือ และตำบลเกาะหวาย อำเภอบางพลี ซึ่งเป็นพื้นที่ปลายน้ำได้อย่างสะดวก ส่งผลให้น้ำเข้าท่วมที่อยู่อาศัยของประชาชนทำให้เกิดความเสียหายและส่งผลต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในชุมชนเป็นอย่างมาก

3. กำหนดกิจกรรมและสื่อในการเรียนรู้ร่วมกัน จากการสนทนากลุ่มสามารถสรุปได้ดังนี้

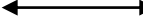
3.1 กิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ร่วมกันในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร การจัดกิจกรรมใช้ในการส่งเสริมความรู้พิจารณาจาก คุณลักษณะของกิจกรรม ความเหมาะสมของกิจกรรมกับกลุ่มเป้าหมาย และความสามารถของประชาชนที่มาร่วม สรุปกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ร่วมกันได้ 3 กิจกรรม ได้แก่ 1.การรณรงค์การรักษาน้ำและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน 2.การวางแผนและการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ 3.จัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน

3.2 สื่อเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร การเลือกสื่อในการส่งเสริมความรู้ พิจารณาจากคุณลักษณะของสื่อ ความเหมาะสมของสื่อกับกลุ่มเป้าหมาย วัตถุประสงค์ในการใช้สื่อ สื่อที่มีอยู่จริงในชุมชน และความสามารถในการผลิตสื่อของเยาวชน สามารถสรุปสื่อเพื่อการเรียนรู้ร่วมกันได้ 2 สื่อ คือ 1. โปสเตอร์เพื่อรณรงค์การรักษาน้ำและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน 2. ป้ายประกาศเพื่อรณรงค์การรักษาน้ำและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน

การมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ

1. ออกแบบและวางแผนการทำกิจกรรมและใช้สื่อร่วมกัน หลังจากได้กำหนดกิจกรรมและสื่อในการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ทีมวิจัยหลัก ทีมวิจัยในพื้นที่ และเยาวชนได้ร่วมกันออกแบบและการวางแผนการใช้สื่อและทำกิจกรรมร่วมกัน ดังนี้ Table 2

Table 2 Action plans for the activities created and the use of media to promote learning

Media/Activities	Month (2022-2023)						
	Sep t.	Oct .	Nov .	Dec .	Jan. .	Feb .	Mar .
1. Use of media to campaign for the preservation and conservation of water sources in the community							
1.1 Training camp for learning and media production							
1.2 Produce media to promote learning							
1.3 Campaign for the preservation and conservation of community water sources							
2. Plan the water management for agriculture							
2.1 Appointment of the committee on planning the water management							
2.2 Knowledge of water planning and management for agriculture							
2.3 Make a water management plan for the community's agriculture							
2.4 Summary of the water management plan for agriculture							
3. Organize a community forum for sustainable water management at Ko Pho Subdistrict							
3.1 Plan a community forum for water management at Ko Pho Subdistrict							
3.2 Organize a community forum for water management at Koh Pho Subdistrict							

2. อบรมค่ายการเรียนรู้และผลิตสื่อ

ทีมวิจัยหลักดำเนินการจัดค่ายการเรียนรู้และผลิตสื่อในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม โดยกำหนดคุณสมบัติของเยาวชนต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการผลิตสื่อ และเข้าร่วมกิจกรรมค่ายการเรียนรู้ตลอดโครงการ เพื่อเข้าค่ายการเรียนรู้และผลิตสื่อ จำนวน 15 คน มีผลการประเมินความรู้ของเยาวชนที่เข้าร่วมค่ายการเรียนรู้และผลิตสื่อดังนี้

ผลการทดสอบความรู้รายบุคคลของเยาวชนที่เข้าร่วมค่ายการเรียนรู้ พบว่า ก่อนการเรียนรู้ เยาวชนได้คะแนนสูงสุด 15.00 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 10.00 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 12.27 คะแนน และหลังการเรียนรู้ เยาวชนได้สูงสุด 19.00 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 15.00 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 17.20 คะแนน โดยเยาวชนมีความรู้หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ 4.93 คะแนน

ผลการเปรียบเทียบความรู้ t-test พบว่า หลังการเรียนรู้เยาวชนมีความรู้แตกต่างก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เนื่องจากค่ายการเรียนรู้มีการจัดหลักสูตรอย่างเป็นระบบและเหมาะสม ตรงกับความต้องการและความสนใจที่เน้นให้เยาวชนมีความรู้ในการผลิตสื่อเพื่อการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะจึงทำให้เยาวชนมีความรู้เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Knowlew (1978) ที่อธิบายไว้ว่า ความต้องการและความสนใจ (Need and Interests) ของผู้เรียนจะถูกชักจูงให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี ถ้าหากว่าความรู้นั้นตรงกับความต้องการและความสนใจในประสบการณ์ที่ผ่านมาและจะเกิดความพึงพอใจ เพราะฉะนั้นควรเริ่มต้นในสิ่งเหล่านี้เหมาะสม โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ดัง Table 3

Table 3 Comparison between pre-test and post-test in the learning promotion of youth

Program	n	Mean	S.D.	t-test	df	p-value
Pre-test	15	12.27	1.27	13.291	14	0.00*
Post-test	15	17.20	1.58			

* = $p < 0.01$

3. การผลิตสื่อเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้

หลังจากเยาวชนได้ผ่านการเรียนรู้จากค่ายการเรียนรู้และผลิตสื่อ เยาวชนได้ทำการผลิตสื่อเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ประกอบด้วยสื่อ ดังนี้

3.1 สื่อโปสเตอร์เพื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน เพื่อบอกกล่าว เชิญชวน โน้มน้าว และให้ความรู้ในสาระอันเป็นประโยชน์แก่คนในชุมชนได้ใช้เป็นแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน ดัง Figure 2

3.2 ป้ายประกาศเพื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน เพื่อเป็นการแจ้ง บอกกล่าว และสร้างพฤติกรรมที่ดีและใช้เป็นแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชนในชุมชน ดัง Figure 1



Figure 1 Sample media posters and billboards to campaign for the preservation and conservation of water sources

4. ดำเนินการทำกิจกรรมและใช้สื่อการเรียนรู้ร่วมกันตามที่กำหนด ทีมวิจัยหลักทำการสนทนากลุ่มเพื่อหาความต้องการจำเป็น (Need Assessment) และสรุปผลการสนทนากลุ่มโดยมีการดำเนินการดังนี้

4.1 การใช้สื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน โดยการใช้สื่อโปสเตอร์ และป้ายประกาศเพื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำ เพื่อบอกกล่าว เชิญชวน โน้มน้าว ให้ความรู้ และตระหนักถึงการรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำ เพื่อสร้างพฤติกรรมที่ดีและใช้เป็นแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชนให้ยั่งยืน

4.2 การจัดทำแผนการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ ประกอบด้วย ทีมงานวิจัย และผู้นำในพื้นที่เพื่อคัดเลือกเป็นทีมงานวิจัยในพื้นที่ โดยการแต่งตั้งคณะกรรมการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชน คัดเลือกจากทีมงานวิจัยในพื้นที่เป็นผู้นำชุมชน จำนวน 26 คน ผลการประเมินความรู้การจัดการน้ำของผู้นำชุมชน มีผลการศึกษาดังนี้

ผลการทดสอบความรู้รายบุคคลของผู้นำชุมชนในการเข้าร่วมการจัดการน้ำ พบว่า ก่อนการเรียนรู้ ผู้นำชุมชนได้คะแนนสูงสุด 11.00 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 7.00 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 8.88 คะแนน และหลังการเรียนรู้ ผู้นำชุมชนได้คะแนนและสูงสุด 14.00 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 11.00 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 12.77 คะแนน โดยผู้นำชุมชนมีความรู้หลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนรู้ 3.89 คะแนน

ผลการเปรียบเทียบความรู้ t-test พบว่า หลังการเรียนรู้ ผู้นำชุมชนมีความรู้แตกต่างก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เนื่องจากการเรียนรู้ยึดกระบวนการเรียนรู้แบบวิธีการเชิงระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการถ่ายทอดที่เน้นให้ผู้ชุมชนได้เรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้มีความรู้เพิ่มมากขึ้น เกิดความเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ ส่งผลให้ผู้นำชุมชนมีคะแนนหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ Knowles (1980) ที่กล่าวว่า ผู้ใหญ่จะเรียนรู้ได้ดีเมื่อมีส่วนร่วมในกิจกรรมได้ปฏิบัติจริง ซึ่งก่อให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ การเรียนรู้ของผู้ใหญ่สามารถเพิ่มพูนขึ้นจากความรู้ความคิดใหม่ ๆ ความหลากหลาย ความท้าทายและการมีโอกาสดูแลตนเอง ผู้ใหญ่จึงเป็นแหล่งสะสมประสบการณ์ที่อุดมสมบูรณ์ นอกจากนี้ Beach (1980) กล่าวว่า สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ผู้เข้ารับการศึกษาอบรมมีคะแนนดีขึ้น อาจเนื่องมาจากเนื้อหาสาระหรือกิจกรรมของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นเน้นให้ผู้เข้ารับการศึกษาอบรมเกิดการเรียนรู้เฉพาะอย่าง เฉพาะด้าน ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้แล้วอย่างจำเพาะเจาะจง จึงทำให้โอกาสที่ผู้เข้ารับการศึกษาอบรมจะบรรลุตามจุดมุ่งหมายจึงเป็นไปได้สูง ดัง Table 4

Table 4 Comparison between pre-test and post-test in the learning promotion of community leaders

Program	n	Mean	S.D.	t-test	df	p-value
Pre-test	26	8.88	0.95	15.533	25	0.00*
Post-test	26	12.77	1.07			

* = p<0.01

ในการจัดทำแผนการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร ตำบลเกาะโพธิ์ หลังการดำเนินการพัฒนาความรู้ให้กับผู้นำชุมชนที่เป็นคณะกรรมการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชน ได้ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ให้คณะกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และนำเสนอประเด็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการน้ำของตำบล สามารถสรุปการวางแผนและการจัดการน้ำของตำบลเกาะโพธิ์ ได้ 11 โครงการ งบประมาณรวมทั้งสิ้น 32,340,000 บาท ขั้นตอนที่ 2 ให้คณะกรรมการ ลงมติในการกำหนดแผนการจัดการน้ำที่มีความจำเป็นและเหมาะสมกับบริบทของตำบลเกาะโพธิ์ สรุปแผนการจ้ดน้ำของตำบลเกาะโพธิ์ ได้ 4 โครงการ งบประมาณรวมทั้งสิ้น 30,150,000 บาท ดัง Figure 2

**Figure 2** Creation of activities to plan the water management for agriculture in the community

การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล

1. จัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน เพื่อร่วมทำกิจกรรม ติดตามและประเมินผลในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร โดยผู้เข้าร่วมกิจกรรม ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน 26 คน ประชาชนในตำบลเกาะโพธิ์ จำนวน 30 คน รวมทั้งสิ้น 56 คน

2. เสนอผลการดำเนินงานต่อชุมชน ในการจัดเวทีการวางแผนและการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร ได้มีการเสนอผลการดำเนินงานให้ชุมชนได้ทราบ ในการรณรงค์การรักษาส่งน้ำของชุมชน การวางแผนและการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ จัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน หลังจากนั้นให้ประชาชนร่วมกันแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและรับทราบแนวทางในการจัดการน้ำที่เหมาะสมกับตำบลเกาะโพธิ์

3. สรุปบทเรียนร่วมกัน หลังจากได้มีการเสนอผลการดำเนินงานให้ชุมชนได้ทราบถึงการดำเนินการในกิจกรรมต่าง ๆ ได้ร่วมกันสรุปบทเรียนในการดำเนินงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ต่อไป

4. ประเมินผลร่วมกัน จากจัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน โดยได้มีการเสนอผลการดำเนินงานต่อชุมชน และร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อสรุปบทเรียนในการดำเนินการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร หลังจากนั้นได้มีการประเมินการจัดกิจกรรมและใช้สื่อในการเรียนรู้การวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรร่วมกัน

5. ผลการจัดกิจกรรมและใช้สื่อในการเรียนรู้การวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนร่วมกัน มีผลการศึกษา ดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรม เป็นเพศชาย ร้อยละ 48.20 เพศหญิง ร้อยละ 51.80 มีอายุ 56-60 ปี มากที่สุด ร้อยละ 26.80 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 41.10 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรมากที่สุด ร้อยละ 69.60

สื่อบุคคลที่รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการน้ำในชุมชนมากที่สุด คือ เจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล ร้อยละ 22.60 สื่อสิ่งพิมพ์ที่รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการน้ำในชุมชนมากที่สุด คือ ป้ายประกาศ ร้อยละ 34.00 สื่อมวลชนที่รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการน้ำในชุมชนมากที่สุด คือ โทรทัศน์ ร้อยละ 28.20

การใช้น้ำเพื่อการเกษตร พบว่า แหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรมมากที่สุด คือ คลอง ร้อยละ 35.50 การได้รับน้ำของพื้นที่ทำการเกษตรกรรมเพียงพอ ร้อยละ 69.60 ไม่เพียงพอ ร้อยละ 30.40 การจัดส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ทำการเกษตรกรรมมากที่สุด คือ คลองส่งน้ำ ร้อยละ 45.20 การใช้น้ำเพื่อการเกษตรมากที่สุด คือ ทำนา ร้อยละ 44.40

ผลการประเมินการทำการกิจกรรมและใช้สื่อในวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อมีความคิดเห็นในการทำการกิจกรรมและใช้สื่อโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.22 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การเข้าร่วมโครงการนี้เสริมสร้างเจตคติและพฤติกรรมในทางที่ดีในการวางแผนและจัดการน้ำ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา โครงการเปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมในการทำการกิจกรรมการวางแผนและจัดการน้ำ มีค่าเฉลี่ย 4.55 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนน้อยที่สุด คือ วิธีการดำเนินการของโครงการมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับโครงการวางแผนและจัดการน้ำ มีค่าเฉลี่ย 4.07 อยู่ในระดับมาก เนื่องมาจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อเห็นว่าการเข้าร่วมกิจกรรมสามารถแก้ปัญหาของชุมชนได้และเป็นสิ่งที่ดีมีประโยชน์ต่อชุมชนทำให้มีเจตคติและความรู้สึกที่ดี นอกจากนี้การร่วมในกิจกรรมยังได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแสดงความคิดเห็นและทำการกิจกรรมร่วมกันอีกด้วย สอดคล้องกับ Zimbardo & Ebbesen (1970) กล่าวว่า การที่บุคคลจะมีเจตคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะต้องมีความรู้ในสิ่งใดมาแล้ว และความรู้นั้นมีมากพอที่จะรู้ว่าสิ่งนั้นดีมีประโยชน์ บุคคลก็จะเกิดความรู้สึก (Affective) ชอบสิ่งนั้น แต่ถ้ารู้ว่าสิ่งนั้นไม่ดี บุคคลก็จะเกิดความรู้สึกไม่ชอบ นอกจากนี้ Noisommit & Kantiya (2019) ที่กล่าวว่า การสร้างกระบวนการเปิดโอกาสให้ประชาชนได้เข้าไปมีบทบาทในกิจกรรมที่ประชาชนสนใจร่วมกันเข้ามาร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมตัดสินใจ ร่วมรับผิดชอบร่วมแสดงความคิดเห็น รวมทั้งการติดตามประเมินผลเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ รวมไปถึงเกิดการประสานงานซึ่งกันและกัน การทำงานในระยะเริ่มต้นอาจอาศัยผู้นำในการทำการกิจกรรม และค่อยคลี่คลายไปสู่การร่วมมือและผลัดเปลี่ยนกันในการเข้ามามีบทบาทในกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการร่วมมือทั้งในการทำการกิจกรรมและเรียนรู้การบริหารจัดการอย่างทั่วถึง อันเป็นประโยชน์ต่อชุมชน เพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางสู่ความยั่งยืน ทั้งนี้การเข้าไปมีส่วนร่วมจะต้องเกิดจากความสมัครใจของประชาชนเอง

ผลการประเมินประโยชน์ที่ได้รับจากการทำการกิจกรรมและใช้สื่อในวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร พบว่า ผู้ร่วมกิจกรรมและใช้สื่อมีความคิดเห็นต่อประโยชน์ที่ได้รับจากการทำการกิจกรรมและใช้สื่อโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.30 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.52 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ทำให้เห็นคุณค่าของทรัพยากรน้ำ มีค่าเฉลี่ย 4.34 อยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ มีค่าเฉลี่ย 4.18 อยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อ ส่งผลให้เห็นถึงคุณค่า และคุณค่าของวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน สอดคล้องกับ Intarapraphai (2023) ในการศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำลุ่มน้ำป่าสัก พบว่า ปัจจัยด้านการให้คุณค่าทางสังคมของสมาชิก ส่งผลให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการเห็นคุณค่าภูมิปัญญาท้องถิ่น และปัจจัยด้านความตระหนักของสมาชิก ส่งผลให้ประชาชนมีส่วนร่วมมีจิตสำนึกรักท้องถิ่น ภาคภูมิใจในท้องถิ่น สำนึกถึงความเป็นเจ้าของทรัพยากรน้ำ ตระหนักถึงปัญหาหรือการได้รับผลกระทบร่วมกัน และต้องการให้ชุมชนมีสภาพแวดล้อมที่ดี

ผลการประเมินการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จากการทำการกิจกรรมและใช้สื่อในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชน พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อมีความคิดเห็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จากการทำการกิจกรรมและใช้สื่อโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความรู้การวางแผนและจัดการน้ำที่ได้รับสามารถนำมาแก้ปัญหาในการทำเกษตรได้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.52 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ความรู้การวางแผนและจัดการน้ำที่ได้รับสามารถรักษาสังแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรในชุมชนได้ มีค่าเฉลี่ย 4.16 อยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ ความรู้การวางแผนและจัดการน้ำที่ได้รับสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ ถ่ายทอดแก่บุคคลอื่นได้ มีค่าเฉลี่ย 4.05 อยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อมีความรู้ ความเข้าใจในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชน และสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในการวางแผนและจัดการน้ำที่เกิดขึ้นในชุมชนได้จริง สอดคล้องกับ Bloom (1959) กล่าวว่า การที่บุคคลได้เกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านความคิด ความเข้าใจ ความรู้สึกนึกคิด ค่านิยม ความสนใจและได้นำเอาสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปฏิบัติ จึงทำให้เกิดความชำนาญมากขึ้น นอกจากนี้ Tisana (2007) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ความเป็นจริงเพื่อให้ผู้เรียนนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย เพราะสามารถนำไปใช้ได้ จึงเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้อยากเรียนรู่มากขึ้น อันช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตมากขึ้น

ผลการประเมินการมีส่วนร่วมในการทำการกิจกรรมและใช้สื่อในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรในตำบลเกาะโพธิ์

ด้านการมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมและใช้สื่อ มีความคิดเห็นโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.09 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหาในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.13 อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการหาสาเหตุในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.11 อยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการหาความต้องการในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.04 อยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้เข้าร่วมได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการร่วมกิจกรรม และเกิด

ความเข้าใจในปัญหาและสาเหตุที่จะแก้ของชุมชนทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุได้อย่างแท้จริง และแก้ปัญหาได้ตรงกับความต้องการของชุมชน สอดคล้องกับ Noisommit & Kantiya (2019) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมต้องสร้างความตระหนักถึงปัญหาที่จะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาสังคมจะทำให้มีความรู้สึกร่วมเป็นเจ้าของ ทำให้ได้เรียนรู้การดำเนินงานอย่างใกล้ชิด ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลประโยชน์ที่ได้คือความสำเร็จ

ด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความคิดเห็นโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.42 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การมีส่วนร่วมในตัดสินใจถึงปัญหาในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในตัดสินใจนำกิจกรรมมาใช้ในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.55 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนน้อยที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในตัดสินใจถึงวิธีการแก้ปัญหาในการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับมาก เนื่องจากการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะเป็นขั้นตอนที่มาจากความคิดเห็นในการมีส่วนร่วมว่าจะทำหรือไม่ทำซึ่งเป็นการตัดสินใจของคนในชุมชนเอง สอดคล้องกับ Arnstein (1969) ที่สรุปว่า การมีส่วนร่วมที่มีคุณภาพผู้เข้าไปร่วมจะต้องมีอำนาจและการควบคุมอย่างแท้จริง ในอันที่จะกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งให้บังเกิดผลขึ้นมา มิใช่เพียงแต่เข้าไปมีส่วนร่วมเฉย ๆ นอกจากนี้ Noisommit & Kantiya (2019) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในแต่ละขั้นตอนได้แก่ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์และการมีส่วนร่วมในการประเมินผลทุกขั้นตอนมีความสัมพันธ์กัน โดยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในขั้นตอนการตัดสินใจเป็นประการสำคัญ ซึ่งในแนวทางการมีส่วนร่วมนั้นมุ่งให้ ประชาชนเป็นผู้คิดค้นปัญหา เป็นผู้ที่มีบทบาทในทุก ๆ เรื่องไม่ใช่ที่กำหนดให้ประชาชนปฏิบัติตามในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ทุกอย่างต้องเป็นเรื่องของประชาชนที่จะคิดขึ้นมาและตัดสินใจได้เอง

ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความคิดเห็นโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.30 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การมีส่วนร่วมในการดำเนินการในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.52 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการวางแผนในการนำสื่อมาใช้ในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน การมีส่วนร่วมในการประชาสัมพันธ์โครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับมากเท่ากัน เนื่องจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งเป็นการแสดงถึงความต้องการร่วมกันในการในการวางแผนและการดำเนินการและทำกิจกรรมในการแก้ปัญหาร่วมกันและเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน สอดคล้องกับ Creighton (2005) การมีส่วนร่วมของทุกคนเป็นกระบวนการมีส่วนร่วมที่แสดงถึงความตระหนัก ความต้องการของประชาชนที่เป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนและดำเนินการภายใต้การมีเป้าหมายเดียวกัน โดยใช้กระบวนการสื่อสารแบบสองทางเพื่อให้มีวางแผนและดำเนินการที่เหมาะสม และได้รับการสนับสนุนจากประชาชน

ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล พบว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความคิดเห็นโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.15 อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การมีส่วนร่วมในดูแลและรับผิดชอบในการทำกิจกรรมและใช้สื่อในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.21 อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.18 อยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลในโครงการวางแผนและจัดการน้ำของชุมชน มีค่าเฉลี่ย 4.09 อยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้มีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล และช่วยแก้ปัญหาโครงการทำให้ลดความขัดแย้งและเกิดความเข้าใจในชุมชนและได้เห็นผลจากการดำเนินการร่วมกัน สอดคล้องกับ Soponpats (2022) อธิบายว่า การใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการประเมินผลตั้งแต่กระบวนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการจะช่วยป้องกันและลดความขัดแย้งได้ ซึ่งจะนำไปสู่การอยู่ร่วมกันระหว่างโครงการกับประชาชนอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะและปัญหาการวิจัย

จากการจัดกิจกรรมและใช้สื่อในการเรียนรู้การวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนร่วมกัน มีข้อเสนอแนะดังนี้ ควรจัดสรรงบประมาณสนับสนุนและมีการดำเนินโครงการอย่างต่อเนื่อง ในการจัดกิจกรรมแต่ละครั้งไม่ควรใช้เวลานานเกินไป

สรุปผลการศึกษา

การมีส่วนร่วมในการวางแผนและการจัดการน้ำในชุมชนนั้นมีกระบวนการที่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการดำเนินการประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ ขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอน ถือเป็นหลักในการดำเนินงานด้านการวางแผนและการจัดการน้ำของชุมชนที่เน้นการมีส่วนร่วมเป็นสำคัญ โดยการพัฒนา

สื่อเพื่อการส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ประกอบ สื่อโปสเตอร์ และป้ายประกาศเพื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน ส่วนกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ประกอบด้วย กิจกรรมการใช้สื่อรณรงค์การรักษาและอนุรักษ์แหล่งน้ำของชุมชน กิจกรรมการจัดทำแผนจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของตำบลเกาะโพธิ์ และการจัดเวทีชุมชนเพื่อการจัดการน้ำตำบลเกาะโพธิ์อย่างยั่งยืน สามารถสรุปผลการดำเนินการวิจัย ดัง Figure 3 และมีผลการศึกษาดังนี้

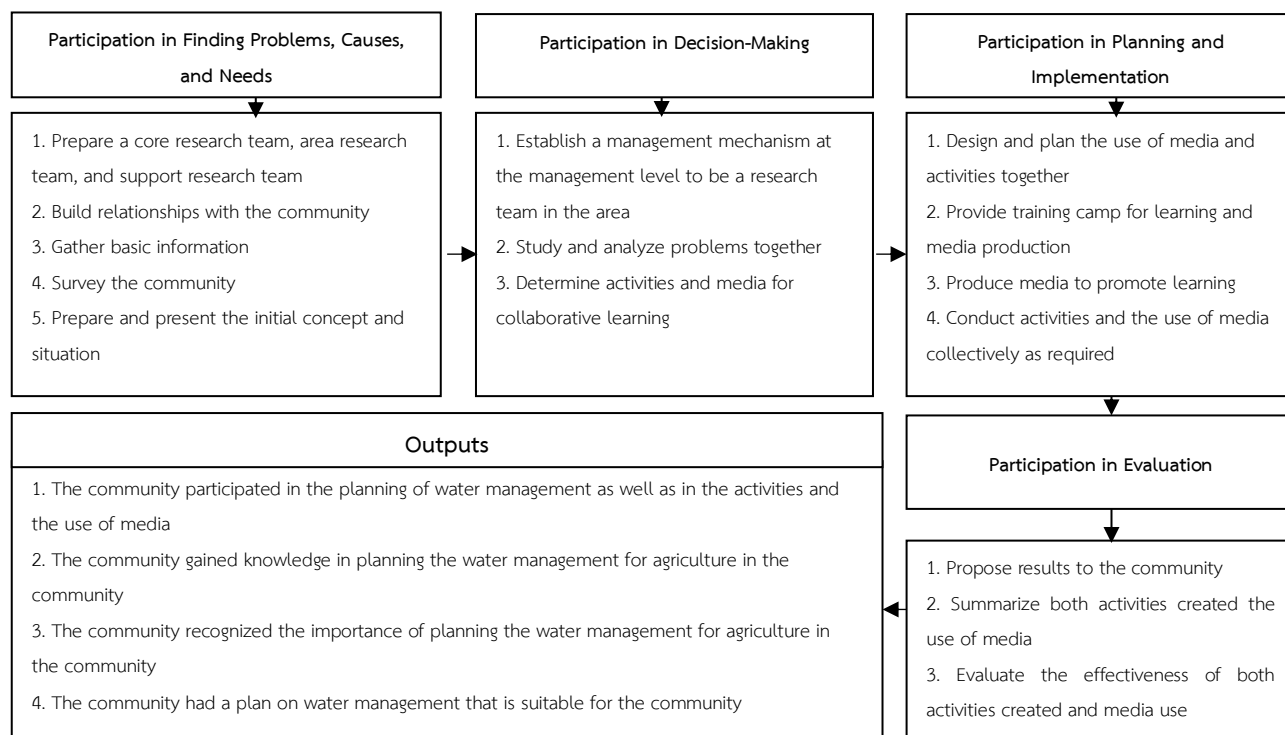


Figure 3 Participatory research on planning the water management for agriculture at Koh Pho Subdistrict.

ผลการเปรียบเทียบความรู้ของเยาวชนที่เข้าร่วมค่ายการเรียนรู้ ก่อนและหลังการเรียนรู้ พบว่า หลังการเรียนรู้เยาวชนมีความรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ผลการเปรียบเทียบความรู้ของผู้นำชุมชนที่เข้าร่วมการจัดทำแผนการจัดการน้ำ ก่อนและหลังการเรียนรู้ พบว่า หลังการเรียนรู้ผู้นำมีความรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ผลการทำกิจกรรมและการใช้สื่อในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร มีผลดังนี้ ข้อมูลทั่วไปของผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรม เป็นเพศชาย มีอายุ 56-60 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพเกษตรกร สื่อบุคคลที่รับข้อมูลข่าวสาร คือ เจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล สื่อสิ่งพิมพ์ที่รับข้อมูลข่าวสาร คือ ป้ายประกาศ สื่อมวลชนที่รับข้อมูลข่าวสาร คือ โทรทัศน์ แหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรม คือ คลอง การได้รับน้ำของพื้นที่ทำการเกษตรกรรมเพียงพอ การจัดส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ทำการเกษตรกรรม คือ คลองส่งน้ำ การใช้น้ำเพื่อการเกษตร คือ ทำนา ผลการประเมินการทำกิจกรรมและการใช้สื่อพบว่า การทำกิจกรรมและใช้สื่อ ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมและใช้สื่อ การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จากการทำกิจกรรมและใช้สื่อ อยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและใช้สื่อในการวางแผนและจัดการน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตรในตำบลเกาะโพธิ์ มีความคิดเห็นโดยรวม อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ส่วนน้อยที่สุด คือ ด้านการมีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุ และความต้องการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และทำให้บทความวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ร่วมวิจัย ผู้นำชุมชน เยาวชน และประชาชนในตำบลเกาะโพธิ์ จังหวัดนครนายก ที่ร่วมในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Arnstein, S. R. (1969). Ladder of citizen participation. *Journal of American Institute of Planners*, 35, 216-224.
- Beach, D. S. (1980). *Personal: The Management of People at Work*. 3rd ed. Macmillan Publish.
- Bloom, B. S. (1959). *Toxonomy of educational objectives handbook 1: Cognitive*. David Mckay.
- Creighton, J. L. (2005). *The Public Participation Handbook: Making Better Decisions through Citizen Involvement*. Jossey Bass.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of Psychological Testing*. 3rd ed. Harper and Row.
- Intarapraphai, S. (2023). *People's Participation in the Water Resource Management in the Pasak River Basin*. Retrieved from: <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/AJPU/article/view/42198>. (in Thai).
- Knowles, M. S. (1978). *Self-Directed Learning: A Guide for Learners and Teachers*. Follett Publishing Company.
- Knowles, M. S. (1980). *The Modern Practice of Adult Education: from Pedagogy to Andragogy*. Prentice Hall/Cambridge.
- Ko Pho Subdistrict Administrative Organization. (2023). *Local Development Plan (2023 - 2027)*. Retrieved from: https://www.kopho.go.th/project_detail.php?hd=7&dolP=1&checkIP=chkiP&id=1917&checkAdd=chkAd&dum=43169_ypk. (in Thai).
- Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). *The theory of estimation of test reliability*. *Psychometrika*, 2, 151-160.
- Meteorological Department. (2022). *"Drought" Meteorology Books Meteorological Department*. Retrieved from: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>. (in Thai).
- Nakhon Nayok Provincial Natural Resources and Environment Office. (2020). *Government Action Plan for 5 Years (2022 – 2026)*. Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai).
- Noisommit, S., & Kantiya, C. (2019). Public participation in public policy. *The Journal of Research and Academics*, 2(1), 101-116. (in Thai).
- Thailand Development Research Institute. (2023). *Solution for Water Management in Thailand*. Retrieved from: <https://tdri.or.th/water/thaipublica20140309/>. (in Thai).
- ThaiPublica. (2022). *Solution for Water Management in Thailand*. Retrieved from: <https://thaipublica.org/2014/03/water-management-solutions/>. (in Thai).
- Tisana, K. (2007). *Science of Teaching Pedagogy: Knowledge for Organising Effective Learning Process*. Chulalongkorn University Printing House. (in Thai).
- Soponpats, P. (2022). *An Evaluation of Public Participation in Environmental Impact Assessment: A Study of the Khao Hin Son Coal-Fired Power Plant Project, Chachoengsao*. Retrieved from: <http://libdcms.nida.ac.th/thesis6/2555/b180540.pdf>. (in Thai).
- Zimbardo, P. G., & Ebbesen, E. (1970). *Influence Attitude and Changing Behavior Massachusetts*. Addison- Wesly Publishing.

ผลของระดับโปรตีนและพลังงานต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก ของไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ

Effect of Crude protein and Metabolizable energy Levels on Growth Performance and carcass Quality of Crossbred Native Chicken (Pradu Hangdum) Capons

วิภาสิริ ไชยพูน^{1*}, กัญญารัตน์ พวกเจริญ¹, ทศพล มุลมณี¹, งามอาจ ส่องศรี¹,
มนตรี ปัญญาทอง¹ และสุชน ตั้งทวีวิวัฒน์¹

Wipasiri Chaiphun^{1*}, Kanyarat Pouckchareon¹, Tossapol Moonmanee¹,
Ongart Songsee¹, Montri Punyatong¹ and Suchon Tangtaweewipat¹

Received date: 23 มิ.ย. 65 Revised date: 8 ก.ย. 66 Accepted date: 20 ก.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.011>

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่แตกต่างกันของโปรตีน (CP) และพลังงาน (ME) ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อในไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ แผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD ใช้ไก่ลูกผสมประดู่หางดำ ทำการตอนที่ อายุ 4-5 สัปดาห์ (ส.) ช่วงแรกเกิดถึง 5 ส. ใช้อาหารทางการค้า และช่วงอายุ 5-12 ส. ให้ได้รับอาหาร 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 CP 19% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 2 CP 19% และ 3.3 kcal ME/g สูตรที่ 3 CP 21% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 4 CP 21% และ 3.3 kcal ME/g ช่วงอายุ 13-20 ส. ต่างกัน 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 CP 17% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 2 CP 17% และ 3.3 kcal ME/g สูตรที่ 3 CP 19% และ 3.0 kcal ME/g และ สูตรที่ 4 CP 19% และ 3.3 kcal ME/g บันทึกการเจริญเติบโตและทำการชำแหละที่อายุ 12 16 และ 20 ส. เพื่อหาความนุ่มและปริมาณไขมัน จากผลการวิจัยพบว่าอายุ 5-12 ส. และ 13-16 ส. ไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำที่ได้รับอาหาร CP และ ME ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต แต่ที่ช่วงอายุ 17-20 ส. พบว่า ไก่ตอนที่ได้รับ ME 3.3 kcal ME/g ส่งผลทำให้มีน้ำหนักตัวเพิ่ม (273.02 vs. 471.17 กรัม; $P<0.05$) และอัตราการเจริญเติบโต (9.75 vs. 14.89 กรัม; $P<0.05$) มากกว่า เมื่อเทียบกับเมื่อได้รับ ME 3.0 kcal ME/g ด้านการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (7.63 vs. 4.70 ; $P<0.05$) และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (110.70 vs. 71.59 บาท/กิโลกรัม; $P<0.05$) มีค่าที่ต่ำในไก่ตอนที่ได้รับ ME 3.3 kcal ME/g เทียบกับ 3.0 kcal ME/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับคุณภาพเนื้อของไก่ตอน พบว่าที่อายุ 16 ส. ไก่ตอนที่ได้รับอาหาร CP 21% ช่วง 5-12 ส. และ CP 19% ช่วง 13-16 ส. ร่วมกับ ME 3.0 Kcal/g มีค่าแรงตดเคียนส่วนเนื้ออกต่ำที่สุด (4,018.69 N) ที่อายุชำแหละที่ 20 ส. ไก่ตอนที่ได้รับ ME ต่ำมีค่าแรงตดเคียนส่วนเนื้อสะโพกน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับ ME สูงอย่างมีนัยสำคัญ (1,539.28 vs. 1,725.77 N; $P<0.05$) ผลการศึกษาด้านปริมาณไขมันในเนื้อไก่ตอน พบว่า ที่อายุ 20 ส. ช่วง 5-12 ส. ไก่ตอนกลุ่มที่ได้รับอาหาร CP 19% และช่วง 13-20 ส. ที่ได้รับอาหาร CP 17% ME 3.3 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้ออก (5.06%; $P<0.05$) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และที่อายุชำแหละ 12 และ 20 ส. พบว่า ไก่ตอนกลุ่มที่ได้รับอาหาร CP 19% ช่วง 5-12 ส. และ CP 17% ช่วง 13-20 ส. ร่วมกับ ME 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพก มากที่สุด (17.32% และ 19.99%; $P<0.05$) จากการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองที่อายุ 5-12 ส. มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักต่ำ แนะนำสูตรที่ 4 (CP 21% ME 3.30 kcal ME/g) อายุ 13-20 ส. สูตรที่ 4 (CP 17% ME 3.0 kcal ME/g) รวมทั้งแนะนำให้เชือดที่อายุ 20 ส. เนื่องจากมีปริมาณไขมันสะสมในเนื้อไก่ตอนมากที่สุด

คำสำคัญ: ไก่ตอน ไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ คุณภาพเนื้อ

Abstract

The objective of the present research is to evaluate the effect of different levels of crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) on the growth performance and meat quality of Crossbred Native Chicken (Pradu Hangdum). A total of 360 capons with 4 weeks of age were used in 2 x 2 factorial design arrangements. This experiment was divided into 3 age periods: during 5-12, 13-16, and 17-20 weeks of age. During 5-12 weeks of age, there are two main factors: 2 CP levels (19 and 21%) and 2 ME levels (3.0 and 3.3 Kcal/g). During 13-16 and 17-20 weeks of age, there are two main factors: 2 CP levels (17 and 19%) and 2 ME levels (3.0 and 3.3 Kcal/g). A results, during 5-12 and 13-16 weeks of age, there was no interaction between CP and ME levels on

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

*Corresponding author: clochea@hotmail.com

growth performance. However, during 17-20 weeks of age, body weight gain (273.02 vs. 471.17 g; $P < 0.05$) and average daily gain (9.75 vs. 14.89 g; $P < 0.05$) were greater and feed conversion ratio (7.63 vs. 4.70; $P < 0.05$) and feed cost per gain (110.70 vs. 71.59 Baht/Kg; $P < 0.05$) were lower in capons receiving diet with 3.3 Kcal ME/g than diet with 3.0 Kcal ME/g. Meat quality of capons 16 weeks, CP 21%, (5-12 weeks) and CP 19%, (13-16 weeks), and with ME 3.0 Kcal/g had the lowest shear force of breast meat (4,018.69 N) and thigh meat of 20 weeks, the low ME group had shear force lower than significantly the high ME group (1,539.28 vs. 1,725.77 N; $P < 0.05$). Ether extract of capons 20 weeks of age, 5-12 weeks of CP 19%, and 13-20 weeks of CP 17% ME 3.3 Kcal/g had breast meat fat to excellent (5.06%; $P < 0.05$). Capons slaughtered 12 and 20 weeks of age, CP19% (5-12 weeks) and CP 17% (13-20 weeks) and with ME 3.0 Kcal/g had the highest amount of thigh meat fat (17.32% and 19.99%; $P < 0.05$). Experimental study recommended nutrients of native hybrid capons age of 5-12 weeks, CP 21% and 3.30 kcal ME/g, at the age of 13-20 weeks, CP 17% and ME 3.0 kcal ME/g. Recommended to slaughter at the age of 20 weeks because of the highest fat in meat.

Key words: native hybrids capon, Thai native crossbred chicken Pradu-hangdum, meat quality

คำนำ

ไก่พื้นเมืองลูกผสม เป็นแหล่งอาหารที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี รสชาติอร่อย ทั้งนี้ยังมีการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าไก่พื้นเมือง ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าแต่ยังคงรสชาติใกล้เคียงกับเนื้อไก่พื้นเมือง (Maliwan et al., 2017) การผลิตไก่พื้นเมืองลูกผสมแบบตอนเพื่อให้มีประสิทธิภาพประกอบด้วยปัจจัยหลายด้าน เช่น ด้านการจัดการระบบการเลี้ยงที่ดี ด้านโภชนาการ ด้านการใช้เทคนิคการตอน ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย เป็นต้น ซึ่งการตอนไก่ คือการตัดอัณฑะออกทำให้การผลิตฮอร์โมนเพศลดลง ซึ่งมีผลทำให้ลดการพัฒนาของหงอน เหนียงและลดพฤติกรรมก้าวร้าวลงด้วย เกิดการสะสมไขมันใต้ผิวหนัง ช่องท้องและแทรกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้ได้เนื้อไก่ที่นุ่มและไม่เหนียว (Fenneli et al., 1996) ไก่ตอนเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้ไก่ตอนมีราคาที่สูงขึ้น เช่น กลุ่มร้านข้าวมันไก่ เป็นต้น ปัจจุบันสูตรอาหารด้านระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสม รวมถึงข้อมูลการศึกษาวิจัยด้านสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองยังมีไม่เพียงพอ และการเลี้ยงไก่ตอนพื้นเมืองลูกผสมบนกรงเชิงพาณิชย์ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก ทั้งนี้ข้อดีของการเลี้ยงไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อการเกิดโรค แข็งแรงและมีการเจริญเติบโตที่ดี ปัจจุบันฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ผลิตไก่ลูกผสมระหว่างพ่อพันธุ์ประดู่หางดำกับแม่พันธุ์ฮับบาร์ด เจเจ 57 เคไอ (Hubbard JA 57 Ki) ซึ่งแม่ไก่พันธุ์นี้เป็นไก่ที่ปรับปรุงโดยบริษัทฮับบาร์ด (Hubbard, 2019) มีลักษณะเป็นยีนด้อย (recessive gene) ทำให้ลูกไก่ที่เกิดจากแผนการผสมพันธุ์ข้างต้นมีคุณลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับพ่อ คือ ไก่ประดู่หางดำสูงมาก (Niyamcom, 2019) ซึ่งจัดเป็นคุณลักษณะที่ดีเด่น เป็นอัตลักษณ์ของไก่ลูกผสมสายพันธุ์นี้ โดยผลิตได้จำนวนประมาณ 40,000 ตัวต่อเดือน เกษตรกรนำไปเลี้ยงเป็นไก่ขุนเพื่อจำหน่ายในภาคเหนือทั่วไป (สุชน ตั้งทวีพัฒน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; ไม่ได้ตีพิมพ์) การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารสำหรับเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อไก่ตอนให้มีคุณภาพสูง เพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตเนื้อไก่ตอนคุณภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมือง สายพันธุ์ประดู่หางดำแท้ ลักษณะ มีสีหน้าแดง/ดำ สร้อยคอและสร้อยหลังมีสีแดงเข้ม ขนลำตัวขนหาง แข็ง ปากมีสีดำ ผิวสีขาวอมเหลือง ตาสีเหลืองอมน้ำตาล และหงอนเป็นหงอนถั่ว สายแม่พันธุ์ทั้งเนื้อกึ่งไข่ (recessive parent females) ใช้ลูกไก่ลูกผสมพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 360 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 90 ตัวเลี้ยงบนกรง ยกสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร จำนวนกลุ่มละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว ตอนที่อายุ 4 สัปดาห์ ด้วยเทคนิค Laparoscopic and vacuum testectomy technique (Songsee et al., 2018)

สูตรอาหารและการเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโต

อายุ 1-4 สัปดาห์ ให้อาหารทาง การค้าสำหรับลูกไก่อนุบาล ที่ระดับโปรตีน 21% ไขมันไม่น้อยกว่า 3% หากไม่มากกว่า 5% เมื่ออายุ 5-12 สัปดาห์ ทดลองให้อาหาร 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 CP 19% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 2 CP 19% และ 3.3 kcal ME/g สูตรที่ 3 CP 21% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 4 CP 21% และ 3.3 kcal ME/g ช่วงอายุ 13-20 สัปดาห์ ต่างกัน 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 CP 17% และ 3.0 kcal ME/g สูตรที่ 2 CP 17% และ 3.3 kcal ME/g สูตรที่ 3 CP 19% และ 3.0 kcal ME/g และ สูตรที่ 4 CP 19% และ 3.3 kcal ME/g (Table 1) ไก่ลูกผสมพื้นเมืองตอน ที่เลี้ยงทุกกลุ่มได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ (ad

libitum) ตลอดช่วงการทดลอง บันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์ สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) และอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างทำงานวิจัย

Table 1 Ingredients of feed at 5-12 weeks and 13-20 weeks (Calculation method)

	Age 5-12 weeks				Age 13-20 weeks			
	19.00		21.00		17.00		19.00	
Crude proteins (%)								
Metabolizable energy (kcal ME/g)	3.00	3.30	3.00	3.30	3.00	3.30	3.00	3.30
Ingredient								
Ground corn	54.9	59.9	57.6	59.4	56.2	67.2	54.9	59.9
	2	1	6	1	7	0	2	1
bran oil	0.20	2.00	0	1.77	0.59	1.99	0.20	2.00
Rice bran	14.9	2.00	5.01	0	17.2	0	14.9	2.00
	8				8		8	
Soybean meal44%	14.9	3.49	22.5	21.2	13.8	3.98	14.9	3.49
	8		6	4	2		8	
Full fat soybean	4.99	24.9	5.01	7.58	4.94	19.9	4.99	24.9
		6				1		6
DL-methionine	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20
Calcium carbonate	0.80	0.70	0.50	0.51	0.99	0.80	0.80	0.70
Salt	0.25	0.25	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25
MAP VITA MIX (PREMIX)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Meat Meal 50%	3.99	2.50	2.51	2.53	2.47	1.99	3.99	2.50
Nuvo ban; Mycotoxin binder	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ground oyster shell	0.20	0.20	0.50	0.05	0.20	0.20	0.20	0.20
Muti proteins plus68%	2.99	2.50	4.01	4.50	1.48	1.99	3.00	2.50
P22	1.20	1.00	1.53	1.60	1.28	1.20	1.20	1.00
Phytase	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0
Liposorb	0	0	0.03	0.15	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrient composition								
ME (kcal ME/g)	3.00	3.30	3.00	3.30	3.00	3.30	3.00	3.30
Crude Protein (%)	19.1	19.0	21.0	21.0	17.0	17.1	19.1	19.0
	0	7	7	1	1	2		7
EE (%)	6.40	9.56	4.54	6.03	6.81	8.48	6.40	9.56
CF (%)	4.47	3.41	3.97	3.55	4.52	3.13	4.47	3.41
Ca (%)	1.15	0.94	1.04	1.05	1.03	0.93	1.15	0.94
P, available (%)	0.59	0.47	0.50	0.50	0.51	0.46	0.59	0.47
Lys (%)	1.10	1.06	1.21	1.21	0.91	0.92	1.10	1.06
Met (%)	0.53	0.53	0.49	0.49	0.69	0.77	0.81	0.53
Price (Bath/kg)	13.8	14.3	15.2	15.8	12.5	12.6	13.0	13.5
	5	5	1	9	6	7	5	

การเก็บข้อมูลด้านคุณภาพ

บันทึกข้อมูลองค์ประกอบซาก ด้วยการชำแหละที่อายุ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบซาก และวัดคุณภาพเนื้อส่วนนอก น่องและสะโพก ด้วยการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear Force) ด้วยเครื่อง Texture analysis วัดข้อมูลปริมาณไขมันเนื้อส่วนนอก น่องและสะโพก ด้วยวิธีสกัดไขมันแบบซอกซ์เลต (Soxhlet Extraction)

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

วิเคราะห์ด้วยแผน 2x2 Factorial arrangement in CRD โดยมีระดับโปรตีน และระดับพลังงานเป็นปัจจัยหลัก แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R studio Ver. R. 2.13.0 for Windows

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโต

อายุ 5-12 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P>0.05$) ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ ที่ช่วงอายุ 5-12 สัปดาห์ (Table 2) เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ระดับโปรตีน (CP 19 และ 21%) และระดับพลังงาน (3.0 และ 3.3 Kcal/g) ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Ouisongnoen (2006) ไก่ตอนช่วงระยะแรกจะมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เนื่องจากในระยะแรกของการตอนไก่จะได้รับบาดเจ็บและเกิดภาวะเครียดจากการผ่าตัด และในช่วงท้ายการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่า ดังนั้นการเลี้ยงไก่ตอนจึงต้องใช้เวลาในการเลี้ยงนาน แนะนำให้เลี้ยงอย่างน้อย 10 สัปดาห์ขึ้นไป ช่วงอายุ 13-16 สัปดาห์ผลการทดลอง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P>0.05$) (Table 2) เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ไก่ที่ได้รับโปรตีนระดับ CP 19% มีน้ำหนักตัว (BW) มากกว่า ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับไก่ที่ได้รับโปรตีนระดับ CP 17% ช่วงอายุ 17-20 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P>0.05$) ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ ที่ช่วงอายุ 17-20 สัปดาห์ ได้แก่ น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหาร เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ไก่ที่ได้รับพลังงานระดับ 3.3 kcal/g มีน้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันมากกว่า ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับไก่ที่ได้รับพลังงานระดับ 3.0 kcal/g และไก่ที่ได้รับพลังงานระดับ 3.3 kcal/g มีอัตราอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่า ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับไก่ที่ได้รับพลังงานระดับ 3.0 kcal/g

ผลการศึกษาด้านองค์ประกอบซาก

อายุชำแหละที่ 12 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P>0.05$) ต่อองค์ประกอบซากไก่ ที่อายุชำแหละที่ 12 สัปดาห์ (Table 3) เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลักพบว่า ระดับโปรตีน (CP 19 และ 21%) และระดับพลังงาน (3.0 และ 3.3 Kcal/g) ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบซากไก่ ($P>0.05$)

อายุชำแหละที่ 16 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อองค์ประกอบซากไก่ ส่วนน่องระดับโปรตีน (CP 17 และ 19%) และระดับพลังงาน (3.0 และ 3.3 Kcal/g) ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบซากไก่ ($P>0.05$) โดยการรายงานของ cason และคณะ (1987) ทำการศึกษาเกี่ยวกับไขมันช่องท้องของไก่ที่ตอนและไก่ไม่ตอน พบว่า ไก่ที่ตอนมีไขมันช่องท้องสูงกว่าไก่ไม่ตอน เมื่อพิจารณาระดับพลังงานอาหารในไก่ตอนที่ได้รับแตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มไก่ตอนที่ได้รับพลังงานสูงจะมีไขมันช่องท้องที่สูงด้วย Rattanawaraha (1993) กล่าวว่า การเลี้ยงไก่ตอนเพื่อการค้าโดยทั่วไป ใช้เวลาในการเลี้ยง 17-18 สัปดาห์ โดยจะมีน้ำหนักประมาณ 2.7-3.6 กิโลกรัม (กก.) (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์)

อายุชำแหละที่ 20 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อองค์ประกอบซากไก่ ส่วนสะโพก โดยไก่ตอนที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (CP 19% และ ME 3.3 Kcal/g) มีองค์ประกอบซากส่วนสะโพก มากที่สุด (Table 3)

ผลการศึกษาด้านคุณภาพเนื้อไก่

ค่าแรงตัดเนื้อ (Shear Force) ส่วนเนื้ออก ผลการทดลอง พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อค่าแรงตัดเนื้อส่วนเนื้ออกที่อายุชำแหละที่ 16 และ 20 สัปดาห์ โดยที่อายุชำแหละที่ 16 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 21% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 13-16 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีค่าแรงตัดเนื้อส่วนเนื้ออกต่ำที่สุด ($P<0.05$) รวมทั้งพบว่า ที่อายุชำแหละที่ 20 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 17% ที่อายุการเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.3 Kcal/g มีค่าแรง

ตัดเดือนส่วนนี้ออกต่ำที่สุด ($P<0.05$) เช่นเดียวกับ Mast et al., (1981) และ Muriel Duran (2004) พบว่า เนื้อส่วนอกไก่ตอนมีความนุ่ม และค่าแรงตัดเดือนน้อยกว่าไก่เพศผู้ที่ไม่ตอน อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ระดับโปรตีน (CP 19 หรือ 17% และ 21 หรือ 19%) และระดับพลังงาน (3.0 และ 3.3 Kcal/g) ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าแรงตัดเดือนส่วนนี้ออก ($P>0.05$) ที่อายุชำแหละที่ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ (Table 4) ค่าแรงตัดเดือน ส่วนเนื้ออ่อน ผลการทดลอง พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 17% ที่อายุการเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ ร่วมกับ ระดับพลังงาน 3.0 มีค่าแรงตัดเดือนส่วนเนื้ออ่อนน้อยที่สุด ($P<0.05$)

ปริมาณไขมัน (Ether Extract) ส่วนนี้ออก พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อปริมาณไขมันส่วนนี้ออกที่อายุชำแหละ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 17% ที่อายุการเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.3 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนนี้ออกมากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยหลัก พบว่าอายุชำแหละ 12 และ 16 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 21% อายุ 5-12 สัปดาห์ และ CP 19% อายุ 13-16 สัปดาห์ มีปริมาณไขมันส่วนนี้ออกมากที่สุด ($P<0.05$) ในขณะที่อายุชำแหละ 20 สัปดาห์ พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% และ 17% ตามลำดับ ช่วงอายุ 13-20 สัปดาห์ มีปริมาณไขมันส่วนนี้ออกมากที่สุด ($P<0.05$) (Table 4) อายุชำแหละ 12 และ 16 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนนี้ออกมากที่สุด ($P<0.05$) ปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพก (Table 4) ผลการทดลอง พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อปริมาณไขมัน ส่วนเนื้อสะโพก ที่อายุชำแหละที่ 12, 16, และ 20 สัปดาห์ โดยที่อายุชำแหละ 12 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% และ 17% ตามลำดับ ช่วงอายุ 13-20 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพก มากที่สุด ($P<0.05$) สอดคล้องกับ (Cason et al., 1987) กล่าวว่า การผลิตไก่ตอน อายุการชำแหละเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อ และเมื่อชำแหละที่อายุ 16 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 17% ที่เลี้ยง 13-16 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพกมากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ที่อายุชำแหละ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% และ 17% ตามลำดับ การเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ มีปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพกมากที่สุด ($P<0.05$) เมื่อชำแหละที่ 12 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้อสะโพกมากที่สุด ($P<0.05$) ปริมาณไขมันส่วนเนื้ออ่อน อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย CP และ ME ($P<0.05$) ต่อปริมาณไขมัน ส่วนเนื้ออ่อนที่อายุชำแหละที่ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% และ 17% ตามลำดับ ที่อายุการเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ ร่วมกับ พลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้ออ่อนมากที่สุด ($P<0.05$) (Table 4) สอดคล้องกับ (Snapir et al., 1983) พบว่า ไก่ตอนที่มีการเชือดที่อายุ 24 สัปดาห์ จะมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของระดับฮอร์โมน Testosterones เมื่อวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยหลักพบว่า ที่อายุชำแหละ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ CP 19% ที่อายุการเลี้ยง 5-12 สัปดาห์ และ CP 17% ที่อายุการเลี้ยง 13-20 สัปดาห์ มีปริมาณไขมันส่วนเนื้ออ่อนมากที่สุด ($P<0.05$) รวมทั้ง ที่อายุชำแหละ 12, 16 และ 20 สัปดาห์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานระดับ 3.0 Kcal/g มีปริมาณไขมันส่วนเนื้ออ่อนมากที่สุด ($P<0.05$) (Table 4)

จากการศึกษาไก่ตอนอายุ 5-12 สัปดาห์ กลุ่ม CP 21% และ 3.30 kcal ME/g มี FCR ADG และสมรรถภาพการเจริญเติบโตมีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับ CP และ ME ต่ำ แต่ทั้งนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ของเนื้อสะโพก กลุ่มที่ได้รับ ME สูง ให้ค่าแรงตัดเดือนน้อยกว่ากลุ่มที่ได้ ME ต่ำ และการวัดค่าไขมันส่วนอก น่อง และสะโพกมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับโปรตีนสูง เนื้อส่วนอก มีค่าไขมันที่มากกว่า จึงพิจารณาจากปัจจัยแนวโน้มการเจริญเติบโต ร่วมกับคุณภาพเนื้อที่ได้จากการวิเคราะห์ อีกทั้งพิจารณาพร้อมกับต้นทุนการผลิตที่ต่ำ จึงแนะนำสูตรอาหารที่มี CP สูงและ ME สูง (สูตรที่ 4 CP 21% ME 3.30 kcal ME/g) สำหรับไก่ตอนช่วง 13-16 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่ช่วง 16-20 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับ ME สูง CP ต่ำ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและ ต้นทุนอาหารดีกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวิเคราะห์ด้านคุณภาพเนื้อตามสูตรอาหาร พบว่า ที่ 20 สัปดาห์ สัดส่วนของเนื้อสะโพก ค่าแรงตัดเดือนและค่าไขมันในส่วนเนื้อสะโพก เนื้ออก และเนื้ออ่อน กลุ่มไก่ตอนที่ได้รับ CP และ ME ต่ำมีค่าดีกว่าสูตรอาหารอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสูตรอาหารไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองสายพันธุ์ประดู่หางดำ ที่อายุ 5-12 สัปดาห์ กลุ่ม CP 21% และ 3.30 kcal ME/g มี FCR ADG และสมรรถภาพการเจริญเติบโตมีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับ CP และ ME ต่ำ และคุณภาพเนื้อและค่าต้นทุนการผลิตต่ำ จึงแนะนำ สูตรที่ 4 CP 21% ME 3.30 kcal ME/g ไก่ตอนช่วงอายุ 13-20 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่ช่วง 16-20 สัปดาห์ ไก่ที่ได้รับ ME สูง CP ต่ำ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและ ต้นทุนอาหารดีกว่ากลุ่มอื่น ที่ 20 สัปดาห์ สัดส่วนของเนื้อสะโพก ค่าแรงตัดเนื้อและค่าไขมันในส่วนเนื้อสะโพก เนื้ออกและเนื้อน่องดีกว่า สูตรที่แนะนำอายุ 13-20 สัปดาห์ คือสูตรที่ 4 โดยระดับโปรตีนที่ 17% และ ME 3.0 kcal ME/g สำหรับอายุไก่ตอนลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำที่เหมาะสมในการเลี้ยงและเชือดคือที่อายุ 20 สัปดาห์

Table 2 Effects of dietary protein and metabolized energy levels on growth performance at 5-12, 13-16 and 17-20 weeks

Item	ME	CP (%; age 5-12 wk)			p-value			CP (%; age 13-16 wk)			p-value			CP (%; age 17-20 wk)			P-value		
	(kcal/g)	19	21	Mean*	CP	ME	CP x ME	17	19	Mean*	CP	ME	CP x ME	17	19	Mean*	CP	ME	CP x ME
IBW (g)	3	303.7	302.3	303															
	3.3	303.63	291.3	297.46	0.1130	0.1900	0.1950												
	Mean*	303.66	296.8																
FBW (g)	3	867.66	952.33	910				1,196.00	1,406.83	1,301.41				1,433.33	1,715.55	1,574.44			
	3.3	940.66	965	952.83	0.1371	0.2301	0.3870	1,390.41	1,326.39	1,358.40	0.0450	0.5504	0.1750	1,836.16	1,681.66	1,758.91	0.5203	0.9002	0.5202
	Mean*	904.16	958.66					1,293.20 ^y	1,366.61 ^x					1,634.75	1,698.61				
BWG (g)	3	563.96	650.03	607				328.33	454.5	391.41				237.33	308.72	273.02 ^f			
	3.3	637.03	673.73	655.36	0.0990	0.1790	0.4740	449.75	361.39	405.57	0.8103	0.8571	0.1970	445.75	388.6	417.17 ^e	0.8850	0.0161*	0.2162
	Mean*	600.5	661.86					389.04	407.94					341.54	348.66				
ADG (g)	3	10.07	11.6	10.84				11.72	16.23	13.97				8.47	11.02	9.75			
	3.3	11.37	12.03	11.7	0.0990	0.1790	0.4740	16.06	12.9	14.48	0.8102	0.8571	0.1970	15.99	13.87	14.89	0.8852	0.0162*	0.2161
	Mean*	10.72	11.81					13.89	14.56					12.19	12.45				
FI (g/d)	3	45.64	46.13	45.89				69.14	72.88	71.01				67.24	76.07	71.66			
	3.3	46.92	45.79	46.35	0.7350	0.6250	0.4050	70.73	71.04	70.88	0.6800	0.9790	0.7271	66.33	68.66	67.5	0.3170	0.4490	0.5522
	Mean*	46.28	45.96					69.93	71.96					66.79	72.37				
FCR	3	4.54	3.97	4.26				6.63	4.67	5.64				7.98	7.28	7.63 ^f			
	3.3	4.17	3.82	3.99	0.0680	0.2642	0.6420	4.65	5.72	5.19	0.6330	0.6203	0.1282	4.2	5.21	4.70 ^e	0.8633	0.0100*	0.3552
	Mean*	4.36	3.89					5.63	5.19					6.09	6.24				
FCG (Baht/kg)	3	70.77	68.77	69.77				91.74	71.05	81.39				110.61	110.78	110.70 ^f			
	3.3	65.9	69.28	67.59	0.8161	0.4703	0.3771	66.78	90.93	78.85	0.8973	0.8492	0.1222	60.31	82.88a	71.59 ^e	0.4131	0.0180*	0.4200
	Mean*	68.33	69.02					79.26	80.99					85.46	96.83				

ME=metabolizable energy; CP=crude protein

*Mean of main effects

^{a-d,e-f,x-y} Values with no common superscript differ significant ($P<0.05$) when tested with Duncan's new multiple range test following analysis of variance.

Table 3 Effects of dietary protein and energy metabolism levels on carcass at 12, 16, 20 weeks of age

Item	ME (kcal/g)	CP (%; age 12 wk)			p-value			CP (%; age 16 wk)			p-value			CP (%; age 20 wk)			p-value		
		19	21	Mean*	CP	ME	C x M	17	19	Mean*	CP	ME	C x M	17	19	Mean*	CP	ME	C x M
Carcass (%)	3	67.05	67.46	67.26				68.27	69.32	68.8				70.09	70.75	70.42			
	3.3	68.75	68.81	68.78	0.838	0.2173	0.8831	69.49	70.35	69.92	0.6321	0.5704	0.9635	72.21	70.03	71.12	0.5581	0.5881	0.2862
	Mean*	67.9	68.14					68.88	69.84					71.15	70.39				
Carcass composition (% on hot carcass)																			
Abdominal fat	3	0.17	0.21	0.19				0.21	0.16	0.19 ^f				0.18	0.16	0.17			
	3.3	0.63	0.53	0.58	0.8702	0.5402	0.7252	0.36	0.35	0.36 ^e	0.7281	0.0462*	0.7672	0.15	0.18	0.17	0.8713	0.9930	0.5280
	Mean*	0.4	0.37					0.28	0.26					0.16	0.17				
Liver	3	4.54	3.57	4.05				3.73	3.25	3.49				3.25	3.26	3.25			
	3.3	3.82	4.22	4.03	0.5130	0.9470	0.1394	2.91	3.65	3.28	0.6413	0.4623	0.0550	2.74	2.89	2.81	0.6950	0.0552	0.7181
	Mean*	4.18	3.89					3.32	3.45					2.99	3.07				
Gizzard	3	4	4.13	4.07				2.66	2.77	2.71				2.77	2.61	2.69			
	3.3	3.9	3.95	3.93	0.7741	0.6581	0.8870	2.8	2.95	2.87	0.4740	0.3614	0.9172	2.43	2.56	2.49	0.9340	0.3854	0.5154
	Mean*	3.95	4.04					2.73	2.86					2.6	2.58				
Heart	3	0.89 ^a	0.81 ^{ab}	0.85				0.7	0.68	0.69				0.58	0.77	0.67			
	3.3	0.87 ^a	0.76 ^b	0.81	0.0121*	0.2232	0.6904	0.71	0.72	0.72	0.8920	0.7523	0.8530	0.63	0.61	0.62	0.2421	0.4164	0.1421
	Mean*	0.88 ^x	0.79 ^b					0.71	0.7					0.61	0.69				
Breast**	3	11.28	11.15	11.21				12.26	12.03	12.15				11.88	12.92	12.4			
	3.3	10.91	10.51	10.71	0.6070	0.3350	0.7891	12.64	11.12	11.88	0.2030	0.6821	0.3422	13.16	13.1	13.13	0.6005	0.4391	0.5600
	Mean*	11.09	10.83					12.45	11.57					12.52	13.04				
Thigh**	3	18.21	16.57	17.39				15.73	16.31	16.02				15.85 ^{bc}	15.14 ^c	15.50 ^f			
	3.3	16.38	16.52	16.45	0.2941	0.1902	0.2161	16.77	16.96	16.87	0.5730	0.2322	0.7744	16.54 ^b	18.02 ^a	17.28 ^e	0.3410	0.0010*	0.0191
	Mean*	17.28	16.54					16.25	16.64					16.2	16.58				
Drumstick**	3	16	14.56	15.64				14.94	15.95	15.45				16.04	15.2	15.62			
	3.3	14.56	16.22	15.39	0.4002	0.6522	0.0550	16.274	14.95	15.61	0.7703	0.7540	0.0492*	16.71	16.76	16.73	0.5010	0.0841	0.4573
	Mean*	15.28	15.75					15.61	15.45					16.38	15.98				
Wing**	3	14.32	13.78	14.05				14.29	14.08	14.19				14.77	13.49	14.13			
	3.3	13.32	14.08	13.7	0.7103	0.2721	0.5903	13.95	13.18	13.57	0.4481	0.3424	0.6621	13.07	14.7	13.88	0.7411	0.6392	0.0220
	Mean*	13.82	13.93					14.12	13.63					13.92	14.09				

ME=metabolizable energy; CP=crude protein.

^{a-d,e-f,x-y} Values with no common superscript differ significant ($P<0.05$) when tested with Duncan's new multiple range test following analysis of variance.

*Mean of main effects.

**Both side of meat skin and bone.

Table 4 Effects of dietary protein and energy metabolism levels on meat quality at 12, 16, 20 weeks of age

Item	ME	CP (12 wk [19% and 21%] and 16, 20 wk [17% and 19%])						CP (12 wk [19% and 21%] and 16, 20 wk [17% and 19%])						CP (12 wk [19% and 21%] and 16, 20 wk [17% and 19%])					
		<i>p</i> -value						<i>p</i> -value						<i>p</i> -value					
Age (week)		19/17	21/19	Mean*	CP	ME	CxM	19/17	21/19	Mean*	CP	ME	CxM	19/17	21/19	Mean*	CP	ME	CxM
12	3	4,903.42	4,736.90	4820.16	0.7	0.5	0.4	1,736.85	1,707.33	1,722.09	0.7	0.9	0.8	2,194.19	2,238.04	2,216.12		0.9	0.9
	3.3	4,860.10	5,454.46	5107.28	01	04	42	1,756.96	1,668.35	1,712.65	42	58	69	2,193.20	2,247.45	2,220.32	0.6	62	63
	Mean*	4,881.76	5,045.68		3	1	1	1,746.90	1,687.84		2	0	0	2,193.69	2,242.74		571	4	1
	3	5,302.45 ^b	4,018.69 ^a	4660.57	0.1	0.8	0.0	1,835.32	1,763.55	1,799.44 ^e	0.6	0.0	0.6	2,195.07	2,183.79	2,302.93		0.3	0.6
16	3.3	4,473.07 ^{ab}	4,760.95 ^{ab}	4617.01	39	80	32	1,993.72	1,989.13	1,991.43 ^f	01	25	45	2,358.41	2,247.45	2,191.43	0.6	66	67
	Mean*	4,887.76	4,389.82		0	4	0	1,914.52	1,876.34		1	4*	2	2,276.74	2,217.62		250	4	2
	3	4,778.60 ^b	3,701.93 ^{ab}	4240.26	0.8	0.6	0.0	1,539.05	1,539.52	1,539.28 ^e	0.6	0.0	0.6	1,964.8 ^a	3,250.31 ^c	2,607.55	0.0	0.0	0.0
	3.3	3,411.24 ^a	4,671.98 ^b	4041.61	07	01	12	1,703.30	1,748.25	1,725.77 ^f	82	08	88	2,265.38 ^{ab}	2,485.68 ^b	2,375.53	013	55	01
20	Mean*	4,094.92	4,186.95		2	0	2	1,621.17	1,643.88		1	1*	2	2,115.09 ^x	2,867.99 ^y		*	1	2
	3	2.09	2.76	2.42 ^e	>0.	0.0	0.1	17.32 ^a	15.35 ^b	16.34 ^e	>0.	>0.	>0.	9.93 ^a	9.19 ^b	9.56 ^e	>0.	>0.	0.0
	3.3	2.01	2.57	2.29 ^f	00	03	63	14.14 ^c	13.59 ^d	13.87 ^f	00	00	00	8.83 ^c	7.88 ^d	8.36 ^f	001	00	49
	Mean*	2.05 ^y	2.67 ^x		12*	0*	0	15.73 ^x	14.47 ^y		10*	10*	10	9.38 ^x	8.54 ^y		0*	10*	2
16	3	3.31	3.52	3.42 ^e	0.0	>0.	0.1	13.13 ^d	13.78 ^c	13.45 ^f	>0.	>0.	>0.	12.31 ^a	9.95 ^b	11.13 ^e	>0.	>0.	>0.
	3.3	1.26	1.82	1.56 ^f	03	00	02	17.70 ^a	14.12 ^b	15.91 ^e	00	00	00	7.77 ^d	9.13 ^c	8.45 ^f	001	00	00
	Mean*	2.30 ^y	2.67 ^x		0*	10*	0	15.41 ^x	13.95 ^y		10*	10*	12	10.04 ^x	9.54 ^y		0*	10*	11
	3	2.15 ^d	3.89 ^b	3.02 ^f	>0.	>0.	>0.	19.99 ^a	16.34 ^c	18.16 ^e	>0.	>0.	>0.	13.78 ^a	10.29 ^c	12.04 ^e	>0.	>0.	>0.
20	3.3	5.06 ^a	2.43 ^c	3.74 ^e	00	00	01	14.04 ^d	16.94 ^b	15.49 ^f	00	00	00	11.24 ^b	9.27 ^d	10.25 ^f	001	00	00
	Mean*	3.61 ^x	3.16 ^y		11*	11*	02	17.01 ^x	16.64 ^y		12*	13*	14	12.51 ^x	9.78 ^y		3*	12*	10

ME=metabolizable energy; CP=crude protein

a-d,e-f,x-y Values with no common superscript differ significant ($P<0.05$) when tested with Duncan's new multiple range test following analysis of variance.

*Mean of main effects

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2564 จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้ต้นนวัตกรรมและการพัฒนากระบวนการผลิตไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) เพื่อการยกระดับสู่สัตว์เศรษฐกิจและการกระจายรายได้สู่เกษตรกรอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- Cason, J. A., Fletcher, D. L., & Burke, W. H. (1987). Effects of caponization on broiler growth. *Poultry Science Journal*, 67, 979–981.
- Fenneli, M. J., Radecki, S. V., Proudman, J. A., & Scanes, C. G. (1996). The suppressive effects of testosterone on growth in young chickens appears to be mediated via a peripheral androgen receptor; studies of the anti-androgen ICI 176,334. *Poultry Science Journal*, 7(6), 763–766.
- Hubbard. (2019). **Parent Stock: Guide and Nutrient Specifications**. Retrieved from: https://www.hubbardbreeders.com/media/premium_guide_and_nutrient_specifications.pdf
- Maliwan, P., Khempaka, S., & Molee, V. (2017). Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred chickens. *S. Afr. Journal of Animal Science*, 47, 16–25.
- Mast, M. G., Jordan, H. C., & Macneil, J. H. (1981). The effect of partial and complete caponization on growth rate, yield and selected physical and sensory attributes of cockerels. *Poultry Science Journal*, 60, 1827–1833.
- Muriel Duran, A. (2004). The effect of caponization on production indices and carcass and meat characteristics in free-range Extremena Azul chickens. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2, 211–216.
- Ouisongnoen, C., (2006). Comparison of hormone implanted chicken and caponization lateral. *Journal of Animal Science*, 17, 10–13. (in Thai).
- Rattanawaraha, A. (1993). **Native Chicken**. 5th ed. Thai Agriculture Publisher. (in Thai).
- Snipir, N., Robinson, B., & Shalita, B. (1983). The involvement of gonads and gonadal steroids in the regulation of food intake, body weight and adiposity in the White Leghorn cock. *Pharmacology Biochemistry Behavior Journal*, 19, 617–624.
- Songsee, O., Tangtaweewipat, S., Cheva-Isarakuland, B., & Moonmanee, T. (2018). “Laparoscopic vacuum testectomy technique for castration Royal Project Bresse chickens on highland of Thailand,”. *Songklanakarin Journal of Science and Technology SJST*, 2018-0221, 6–23.

พฤติกรรมและความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภค ในจังหวัดพัทลุง

Behavior and Demand of Marketing Factors of Consumers' Purchasing of Native Chicken Meat in Phatthalung Province

เสาวณีย์ เล็กบางพอง^{1*}, วิศาล อดทน², ศรัณยูภัส รักษ์ศิลป์¹, ธิดารัตน์ จูทอง³ และรสนันท์ อินทรศิริสวัสดิ์³
Saowanee Lekbangpong^{1*}, Wisan Odton², Saranyaphat Rakseen¹, Thidarat Juthong³ and Rossawan Intarasirisawat³

Received date: 19 เม.ย. 65 Revised date: 30 ต.ค. 66 Accepted date: 8 พ.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.012>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรม ความต้องการปัจจัยทางการตลาด และปัจจัยที่ส่งผลต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (convenience sampling) และวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (multiple regression analysis) ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองเป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 41.40 ปี ระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น อาชีพเกษตรกร และมีรายได้ 15,620.38 บาท ผู้บริโภคมีการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองบ้าน ความถี่เดือนละครั้ง โดยเป็นไก่เทศเมีย ทั้งตัวสีเหลือง น้ำหนัก 2 กิโลกรัม ซื้อในตลาดสดและนำมาประกอบอาหารเมนู แกงไก่บ้าน ต้มข้าวไก่บ้าน โดยความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากที่สุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ การส่งเสริมการตลาด ช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านราคาอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.95, 3.83, 3.79 และ 3.67) ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เพศ และระดับการศึกษา มีผลเชิงบวกกับความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และรายได้มีผลเชิงลบกับความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ดังนั้นเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ที่เกี่ยวข้องทางการตลาด ควรให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค รวมไปถึงการวางแผนการส่งเสริมการตลาดไก่พันธุ์พื้นเมืองให้เป็นที่รู้จัก และเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคมากขึ้น

คำสำคัญ: พฤติกรรมการซื้อ ความต้องการ ส่วนประสมการตลาด ผู้บริโภค ไก่พันธุ์พื้นเมือง

Abstract

The primary objective of this study is to investigate consumer behavior related to the demand for marketing factors and their influence on the frequency of purchasing native chicken meat among consumers in Phatthalung Province. The questionnaire data was collected from a sample of 400 people using convenience sampling and the data were analyzed using descriptive statistics such as frequency, mean, and percentage, standard deviation and multiple regression analysis. The research findings indicate that consumers who preferred to purchase native chicken meat tended to be female, with an average age of 41.40 years. They typically had an education level lower than middle school, were engaged in farming occupations, and had an income of 15,620.38 baht. Consumers opted to purchase domestic chicken breeds, typically about once a month. These chickens are predominantly female, whole, yellow in color, and weigh approximately 2 kg. Consumers commonly acquired them from local fresh markets and prepared homemade dishes like chicken curry and chicken Tom Kha. The most desired market factor in purchasing local chicken meat is the product factor while marketing promotion, distribution channels, and price factors are in high level (average values 3.95, 3.83, 3.79, and 3.67, respectively). The results of the hypothesis testing reveal that gender and educational level

¹ สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมและการศึกษาชีวนภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Agricultural Extension and Community Development, Faculty of Technology Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

² Animal Science, Faculty of Technology Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

³ Food Science and Technology, Faculty of Agro and Bio Industry, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding author: Email: Lekbangpong04@gmail.com

positively impact the frequency of purchasing native chicken meat, with a statistically significant level of 0.05. However, income was found to negatively affect the frequency of purchasing native chicken meat, with a higher statistical significance level of 0.01. Therefore, farmers, producers, and marketing professionals must focus on aligning their product offerings with consumer preferences. This should entail developing strategies to promote local chicken breeds, enhancing their visibility, and extending their reach to a wider consumer base.

Keywords: purchasing behavior, demand, marketing mix, consumer, native chicken meat

คำนำ

ในประเทศไทยมีการบริโภคเนื้อไก่มาเป็นเวลานาน ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์ที่ครอบครัวของเกษตรกรในชนบทเลี้ยงมาเป็นเวลาช้านาน ซึ่งการเลี้ยงไก่พื้นเมืองนิยมเลี้ยงแบบปล่อย (free-range chicken) กลายเป็นอาชีพทางเลือกของเกษตรกรรายย่อย เพราะใช้ต้นทุนน้อย ดูแลจัดการง่าย ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และทนต่อการเป็นโรคได้ดี (Detthamrong et al., 2023) ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการบริโภคไก่พื้นเมืองในตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีลักษณะของเนื้อที่มีเอกลักษณ์ คือ ไขมันน้อย เนื้อแน่น คอเลสเตอรอลต่ำ มีรสชาติอร่อยถูกปาก ปลอดภัยจากฮอร์โมน และสารปฏิชีวนะ จึงทำให้เกษตรกรนิยมเลี้ยงไก่พื้นเมืองเพื่อทางการค้าเพิ่มมากขึ้น (Sunanta et al., 2023)

ปัจจุบันกระแสสุขภาพและใส่ใจสิ่งแวดล้อมมีเพิ่มมากขึ้น ผู้บริโภคต่างตื่นตัวและหันมาใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น ทำให้แนวโน้มการผลิตและการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรหรือผู้ผลิตใส่ใจและเน้นเรื่องความปลอดภัยในการผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยเกษตรกรที่ผลิตอาหารปลอดภัยให้ความสำคัญในคุณค่าของเกษตรกรอินทรีย์ด้านคุณค่าทางนิเวศน์และสิ่งแวดล้อม คุณค่าของเกษตรกรอินทรีย์ต่อความปลอดภัยทางอาหารและสุขภาพ แต่ในปัจจุบันมีผู้บริโภคบางกลุ่มไม่นิยมบริโภคเนื้อไก่ เป็นเพราะผู้บริโภคมีความเชื่อว่าการบริโภคเนื้อไก่อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการปวดข้อ ปวดกระดูก รวมถึงการเกิดโรคเกาต์ หรืออาจจะมีฮอร์โมนและสารเคมีตกค้างที่มีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ จึงส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อเนื้อไก่เพื่อการบริโภค (Chankong et al., 2021) อีกทั้งผู้บริโภคบางกลุ่มจะมีความอ่อนไหวต่อรายได้และส่งผลต่อปริมาณการบริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ถึงแม้ว่าเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ดังนั้นเพื่อกระตุ้นการบริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคให้เพิ่มสูงขึ้น จึงควรศึกษาพฤติกรรม ความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภค โดยศึกษาในพื้นที่จังหวัดพัทลุง เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการพัฒนาระบบการเลี้ยงให้ได้มาตรฐานฟาร์มปลอดภัย ได้รับการรับรองจากหน่วยงานภาครัฐเพื่อสร้างความเชื่อมั่น และการวางแผนการตลาดเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการกระตุ้นให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองเพิ่มขึ้น และขยายตลาดไก่พันธุ์พื้นเมืองในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ประชากรในการศึกษา คือ ผู้บริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดพัทลุง เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงได้ทำการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากประชากรตามสูตรของ Cochran (1963) โดยกำหนดค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 385 คน แต่ผู้ศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 400 คน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผล จึงทำการการสุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (convenience sampling) คือ การสอบถามเฉพาะผู้บริโภคที่เคยบริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง และมีอายุ 18 ปีขึ้นไป ณ ตลาดสด ตลาดนัดชุมชน และซูเปอร์มาร์เก็ต ในพื้นที่จังหวัดพัทลุง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (interview questionnaire) ซึ่งประกอบด้วยทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้บริโภค พฤติกรรมการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภค ความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยส่วนที่หนึ่ง และสองเป็นแบบสอบถามปลายปิด มีตัวเลือกให้เลือกตอบ และในส่วนที่สามนั้นเป็นคำถามเป็นมาตรวัดแบบลิเคิร์ท (likert rating scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ความต้องการมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5 ความต้องการมาก มีคะแนนเท่ากับ 4 ความต้องการปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 3 ความต้องการน้อย มีคะแนนเท่ากับ 2 และความต้องการน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1 และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ส่วนข้อมูลความต้องการปัจจัยทางการตลาด วิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยแล้วแปลความหมาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึงความต้องการในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง ความต้องการในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง ความต้องการในระดับปานกลาง และค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง ความต้องการในระดับน้อย และการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผล

ต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน (multiple regression analysis) กำหนดให้ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังสมการถดถอย ดังนี้

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

กำหนดให้

Y: ความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง ในรูปคะแนนดิบหรือค่าจริง (ครั้ง/เดือน)

a: ค่าคงที่ของสมการพหุการถดถอย

$b_1...b_n$: ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบหรือค่าจริง

$X_1...X_n$: ปัจจัยที่ส่งผลต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยที่

X_1 : เพศ; หญิง = 1 ชาย = 0

X_2 : อายุ; (ปี)

X_3 : ระดับการศึกษา (จำนวนปีที่ศึกษา)

X_4 : รายได้ (บาท)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้บริโภค

กลุ่มตัวอย่างของผู้บริโภค จำนวน 400 คน พบว่า ผู้บริโภคที่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่เพศหญิง ร้อยละ 64.25 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 96.50 อายุเฉลี่ย 41.40 ปี จบการศึกษามากกว่าระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นมากที่สุด ร้อยละ 49.75 รองลงมา คือ มัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 27.00 และปริญญาตรีขึ้นไปน้อยที่สุด ร้อยละ 23.25 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.99 คน ผู้บริโภคประกอบอาชีพเกษตรกรรมมากที่สุด ร้อยละ 40.50 รองลงมา คือ พนักงานราชการ ร้อยละ 17.50 และค้าขาย ร้อยละ 11.50 โดยมีรายได้เฉลี่ย 15,620.38 บาท

พฤติกรรมในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

พฤติกรรมในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง พบว่า ผู้บริโภคมีการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์ไก่บ้านมากที่สุด ร้อยละ 42.25 รองลงมา คือ ไก่คอล่อน ร้อยละ 20.00 และไก่ประดู่หางดำ น้อยที่สุด ร้อยละ 2.50 ส่วนใหญ่ความถี่ของผู้บริโภคในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองเดือนละครั้งมากที่สุด ร้อยละ 59.00 ซึ่งสอดคล้องกับการการศึกษาของ Meeprom & Pungprasert (2021) ทำการศึกษาการรับรู้จากประสบการณ์การบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและการสร้างความผูกพันในมุมมองทางด้านพฤติกรรมของผู้บริโภค พบว่า ความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อไก่สุขภาพมากที่สุด คือ 1-2 ครั้งต่อเดือน ร้อยละ 66.70 ผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุงมีความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง รองลงมา คือ สัปดาห์ละครั้ง ร้อยละ 26.75 และซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองทุกวันน้อยที่สุด ร้อยละ 0.75 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการเลือกซื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองเพศเมีย ร้อยละ 76.25 และเพศผู้ ร้อยละ 23.75 เหตุผลส่วนใหญ่ที่ผู้บริโภคเลือกซื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง คือ เนื้อแน่น รสชาติดี และมีเกณฑ์ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ส่วนใหญ่พิจารณาจากขนาดตัว สีของหนังไก่ และไม่มีกลิ่นเป็นหลัก ลักษณะชิ้นส่วนไก่พันธุ์พื้นเมืองที่ผู้บริโภคเลือกซื้อทั้งตัวมากที่สุด ร้อยละ 61.25 รองลงมา คือ ครึ่งตัว ร้อยละ 38.75 และส่วนใหญ่เลือกสีของหนังไก่พันธุ์พื้นเมืองสีเหลือง ร้อยละ 79.50 รองลงมา คือ สีขาว ร้อยละ 20.50 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Nualhnuplong et al. (2019) กล่าวว่า เกษตรกรบางรายมีการนำข้าวโพดต้มมาผสมในช่วงท้ายของการเลี้ยง ช่วงอายุ 16 - 24 สัปดาห์ ในสัดส่วน 1:0.5 - 1:0.5-1 เพื่อต้องการให้ผิวหนังของไก่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุงจะเลือกซื้อขนาดน้ำหนักไก่พันธุ์พื้นเมือง น้ำหนัก 2 กิโลกรัมมากที่สุด ร้อยละ 36.25 รองลงมา คือ น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ร้อยละ 35.25 และน้อยกว่า 1 กิโลกรัมน้อยที่สุด ร้อยละ 4.50 สถานที่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองในตลาดสดมากที่สุด ร้อยละ 52.50 รองลงมา คือ ร้านค้าทั่วไปในชุมชน ร้อยละ 20.50 และซูเปอร์มาร์เก็ตน้อยที่สุด ร้อยละ 2.75 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Chankong et al. (2021) ที่ทำการศึกษาพฤติกรรมในการเลือกซื้อเนื้อไก่ของผู้บริโภคในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า สถานที่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองในตลาดสดมากที่สุด ร้อยละ 59.50 ห้างสรรพสินค้า ร้อยละ 22.50 ร้านแฟรนไชส์ ร้อยละ 12.00 และฟาร์มเลี้ยงไก่ ร้อยละ 5.70 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากอยู่ใกล้บ้าน เป็นแหล่งผลิตที่น่าเชื่อถือ สะดวกรวดเร็ว ผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุงส่วนใหญ่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองนำไปปรุงรสเมนูแกงไก่บ้าน ร้อยละ 60.50 รองลงมา คือ ต้มข้าวไก่บ้าน ร้อยละ 16.75 และไก่อบน้อยที่สุด ร้อยละ 1.00 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Rueangsri et al. (2018) พบว่า เมนูอาหารที่อาสาสมัครเลือกมากที่สุด คือ ต้มข้าวไก่ และความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของเมนูต้มข้าวไก่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างสูตรควบคุมและสูตรดัดแปลง (Table 1)

Table 1 Behavior consumers' purchase of native chicken meat in Phatthalung province

Items	Frequency	Percentage
Type of native chicken meat that consumer regularly buy		
- Native chicken	169	42.25
- Kolon chicken	88	22.00
- Cross bred native chicken	50	12.50
- Black chicken	22	5.50
- Red chicken	17	4.25
- Chee chicken	15	3.75
- White Tail-yellow Cock	15	3.75
- Betong Chicken	14	3.50
- Pradu Hang Dam chicken	10	2.50
Purchase frequency of native chicken meat		
- Once a month	236	59.00
- Once a week	107	26.75
- 2-3 times/week	45	11.25
Purchase frequency of native chicken meat		
- Once a month	236	59.00
- Once a week	107	26.75
- 2-3 times/week	45	11.25
- 4-5 times/week	9	2.25
- Every day	3	0.75
Gender		
- Female	305	76.25
- Male	95	23.8
Chicken type		
- Whole body	245	61.25
- One half of body	155	38.75
Chicken skin color		
- Yellow color	318	79.50
- White color	82	20.50
Weight		
- 2 kg.	145	36.25
- 1.5 kg.	141	35.25
- 1 kg.	96	24.00
- Less than 1 kg.	18	4.50
Place to purchase		
- Market	210	52.50
- Community shop	82	20.50
- Farm	58	14.50
- Wholesaler	39	9.75
- Supermarket	11	2.75

Table 1 (continued)

Items	Frequency	Percentage
Frequently prepared food menu		
- Chicken curry soup (Tom Gai Baan)	242	60.50
- Chicken coconut soup (Tom Kha Gai Baan)	67	16.75
- Chicken rice	27	6.75
- Fried stir chicken with ginger	14	3.50
- Grilled chicken	13	3.25
- Turmeric chicken wings	12	3.00
- Basil chicken	10	2.50
- Chicken stew with turmeric (Kai Tom Ka-min)	11	2.75
- Clay pot roasted chicken (Kai Op Ong)	4	1.00

ความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

จากการศึกษาความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง โดยมีส่วนประสมทางการตลาด (marketing mix) ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาดของการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดพัทลุง พบว่า

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคที่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมีความต้องการภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.95) ให้ค่าเฉลี่ยความต้องการ 3 ประเด็นแรกมากที่สุด คือ ไก่พื้นเมืองมีคุณค่าทางสารอาหาร อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.15) ไก่พื้นเมืองมีความสดใหม่เป็นเอกลักษณ์ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.04) และความสะอาดของไก่พื้นเมือง อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.02) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Orahuntgulbodee & Suriya (2020) ทำการศึกษาพฤติกรรมในการเลือกซื้อเนื้อไก่ของผู้บริโภคในจังหวัดขอนแก่น พบว่า ผู้บริโภคเนื้อไก่พันธุ์เนื้อให้ระดับความสำคัญกับปัจจัยการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์มากที่สุด ส่วนด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ราคา และการส่งเสริมการตลาดอยู่ในระดับมาก ส่วนผู้บริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์ ช่องทางการจำหน่าย ราคา อยู่ในระดับมาก และด้านการส่งเสริมการตลาดอยู่ในระดับปานกลาง และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sukcham & Kessuvan (2023) ทำการศึกษาแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์จากไก่ที่ใช้บรรจุภัณฑ์แบบยั่งยืน พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปคาดหวังผลิตภัณฑ์ที่สด สะอาด และปลอดภัยเป็นหลัก แต่กลุ่มผู้บริโภคที่มีภูมิหลังด้านบรรจุภัณฑ์มีปัจจัยกระตุ้นการตัดสินใจเรื่องบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน

ปัจจัยด้านราคา ผู้บริโภคที่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมีความต้องการภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) ให้ค่าเฉลี่ยความต้องการ 3 ประเด็นแรกมากที่สุด คือ ราคาเหมาะสมกับคุณภาพของไก่พื้นเมืองแต่ละชนิด และมีการตั้งราคาตามราคาตลาด/ราคาเท่ากับคู่แข่ง อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.69) การตั้งราคาตามต้นทุนของไก่พื้นเมืองในการเลี้ยง อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) และมีการให้ส่วนลดการค้าแก่ผู้ค้าส่ง/ปลีก อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.66)

ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ผู้บริโภคที่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมีความต้องการภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.79) ให้ค่าเฉลี่ยความต้องการ 3 ประเด็นแรกมากที่สุด คือ ความสะดวกอยู่ใกล้บ้านอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.00) การเพิ่มสถานที่การจัดจำหน่ายไก่พื้นเมือง อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.88) และเป็นสถานที่มีไก่พื้นเมืองที่ต้องการครบถ้วน การเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายไปยังต่างอำเภอ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.80)

ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ผู้บริโภคที่เลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมีความต้องการภาพรวม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.83) ให้ค่าเฉลี่ยความต้องการ 3 ประเด็นแรกมากที่สุด คือ การจัดรณรงค์การบริโภคไก่พื้นเมืองตามสถานที่ชุมชนต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.00) ต้องการให้มีการส่งเสริมการขาย อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.97) และผู้ขายมีมนุษยสัมพันธ์ดี อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.93) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sonsawat (2021) พบว่า แนวทางการพัฒนากลยุทธ์ส่วนประสมการตลาดเพื่อสร้างความภักดีในตราสินค้าของธุรกิจจำหน่ายชิ้นส่วนไก่ในภูมิภาคตะวันตก คือ เน้นการใช้ส่งเสริมการขายมาช่วยทั้งการให้ชมผลิตภัณฑ์ใหม่ การลดราคาสินค้าชนิดใหม่เพื่อกระตุ้นให้เกิดการซื้อ การให้ส่วนลดเมื่อซื้อครั้งต่อไป (Table 2)

Table 2 Demand of marketing factors consumers' purchasing of native chicken meat in Phatthalung province

Demand for marketing factors	Mean	SD	Demand level
Product	3.95	0.71	High
1. Diversity of local chicken	3.72	0.77	High
2. Taste	4.01	0.63	High
3. The smell	3.75	0.79	High
4. Cleanliness	4.02	0.74	High
5. Nutritious	4.15	0.63	High
6. Quality according to nutrition principles	4.01	0.69	High
7. The rearing was standardized	3.84	0.72	High
8. Freshness is unique	4.04	0.73	High
9. Easy to buy	4.01	0.69	High
Price	3.67	0.58	High
1. The price is suitable for the quality	3.69	0.70	High
2. On sale	3.65	0.84	High
3. Market price setting	3.69	0.77	High
4. Trade discounts for wholesalers/retailers	3.66	0.79	High
5. Pricing based on the cost of local chicken for raising	3.67	0.73	High
Promotion	3.79	0.65	High
1. Adding a distribution location	3.88	0.81	High
2. Increasing distribution channels to different districts	3.80	0.88	High
3. Adding distribution channels to other provinces	3.81	0.90	High
4. Placement beautiful storefront	3.57	0.90	High
5. Distribution in convenience stores	3.67	0.86	High
6. It's a place that has all the local chickens that you want	3.80	0.81	High
7. Convenience close to home or workplace	4.00	0.78	High
Promotion	3.83	0.53	High
1. Known from word of mouth	3.59	0.82	High
2. Public relations	3.64	0.85	High
3. Want to have a promotion	3.97	0.74	High
4. The seller has good human relations	3.93	0.72	High
5. Organizing campaigns for the consumption of native chicken in various community places	4.00	0.79	High

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) พบว่ามี 3 ตัวแปรที่ส่งผลต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง ได้แก่ เพศ (X_1) ระดับการศึกษา (X_3) มีผลเชิงบวกกับตัวแปรตาม และรายได้ (X_4) มีผลเชิงลบกับตัวแปรตาม คือ ความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เชิงพหุแบบขั้นตอน (multiple coefficient of determination, R^2) พบว่าสามารถพยากรณ์ความถี่ในการซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง (R^2) ได้ร้อยละ 23.30 (Table 3)

Table 3 Factors Affecting the frequency of consumers' purchasing of native chicken meat in Phatthalung province

Variables	Coefficient (b)	Beta	t	p-value
(Constant)	2.079		6.001	
Gender (X_1)	0.266	0.27	2.392	0.02*
Age (X_2)	0.026	0.02	0.288	0.84
Education (X_3)	0.099	0.16	2.655	0.02*
Income (X_4)	-0.301	-0.29	-2.733	0.01**

SEest=0.966, Durbin-Watson= 1.697, R=0.054, R²=0.233, F= 6.413**Source:** from questionnaires and calculations; *significant (p<0.05), **significant (p<0.01)

สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1) เพศ (X_1) มีผลเชิงบวกกับความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง (Y_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคเพศหญิงจะมีความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากกว่าเพศชาย เนื่องจากเพศหญิงเป็นเพศที่ทำหน้าที่เป็นแม่ศรีเรือนในการประกอบอาหาร และมีความละเอียดละอในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากกว่าเพศชาย

2) ระดับการศึกษา (X_3) มีผลเชิงบวกกับความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง (Y_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาสูงจะมีความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากกว่าผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาน้อย เนื่องจากผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาสูงมีความรู้ความต้องการในเรื่องคุณค่าโภชนาการ และความปลอดภัยของการเลี้ยงไก่พันธุ์พื้นเมือง และเลือกบริโภคเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากกว่าแม้จะมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kongsuban et al. (2021) ที่ทำการศึกษารื่องการตัดสินใจซื้อเนื้อไก่ประดู่หางดำที่ปลอดภัยของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ พบว่า ระดับการศึกษามีอิทธิพลต่อโอกาสในการตัดสินใจซื้อเนื้อไก่ประดู่หางดำที่ปลอดภัยของผู้บริโภคในจังหวัดแพร่ มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 การมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้นช่วยให้มีความตระหนักในการเห็นคุณค่าของไก่ประดู่หางดำที่มีการผลิตที่ปลอดภัย เนื่องจากการศึกษาทำให้เกิดการรับรู้เรื่องการผลิตเนื้อไก่ที่ปลอดภัยของเกษตรกรที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อไก่ปลอดภัยที่ผู้บริโภคจะได้รับในการนำไปประกอบอาหาร ทำให้มีความยินดีจ่ายสูงกว่าเนื้อไก่ทั่วไปที่เลี้ยงด้วยอาหารทั่วไป แต่แตกต่างกับการศึกษาของ Chankong et.al. (2023) พบว่า ระดับการศึกษามีผลเชิงลบต่อความถี่ในการซื้อไก่พื้นเมืองของผู้บริโภคจังหวัดนครศรีธรรมราช

3) รายได้ (X_4) มีผลเชิงลบกับความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง (Y_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคที่มีรายได้สูงจะมีความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากกว่าผู้บริโภคที่มีรายได้น้อย เนื่องจากผู้บริโภคที่มีรายได้น้อยมีกำลังในการเลือกการซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองแต่ละครั้งน้อย มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมาก และมีการนำเนื้อไก่ไปปรุงอาหารบ่อยและหลากหลายเมนู จึงทำให้มีความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองน้อย

สรุปผลการศึกษา

พฤติกรรมในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองของผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุง พบว่า ผู้บริโภคมีการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์ไก่บ้านมากที่สุด ความถี่เดือนละครั้ง มีการเลือกซื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองเพศเมีย เหตุผลส่วนใหญ่ที่ผู้บริโภคเลือกซื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง คือ เนื้อแน่น รสชาติดี ลักษณะชิ้นส่วนไก่พันธุ์พื้นเมือง ผู้บริโภคจะเลือกซื้อทั้งตัว สีสเหลือง ขนาดน้ำหนัก 2 กิโลกรัม สถานที่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองในตลาดสด เพื่อนำไปปรุงรสเมนูแกงไก่บ้าน และต้มข้าวไก่บ้าน โดยความต้องการปัจจัยทางการตลาดในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมืองมากที่สุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านราคา ดังนั้นหากต้องการขยายโอกาสของตลาดไก่พันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดพัทลุง ควรส่งเสริมให้ผู้บริโภคในจังหวัดพัทลุงมีความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของไก่พันธุ์พื้นเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประโยชน์ทางด้านโภชนาการที่ได้รับจากการบริโภคไก่พันธุ์พื้นเมืองที่ปลอดภัย ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเต็มใจที่จะจ่ายในราคาที่สูงกว่าเนื้อไก่ทั่วไป อีกทั้งปัจจัยที่มีผลเชิงบวกต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง คือ เพศ ระดับการศึกษา ส่วนรายได้มีผลเชิงลบต่อความถี่ในการเลือกซื้อเนื้อไก่พันธุ์พื้นเมือง ดังนั้นผู้ผลิตควรมีการวางแผนการผลิตไก่พันธุ์พื้นเมืองเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และขยายตลาดไก่พันธุ์พื้นเมืองในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการปรับปรุงสายพันธุ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยมีสายพันธุ์ที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด ดังนั้นภาครัฐควรสนับสนุนการผลิตสายพันธุ์พื้นเมืองมีสีหนังไก่สีเหลือง เพื่อตรงกับความต้องการของผู้บริโภค และเหมาะสมกับที่ผู้บริโภคนำไปบริโภคเป็นเมนูแกงไก่บ้าน

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณผู้บริโภคทุกท่านที่สละเวลาในการทำแบบสอบถามในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณทุนพัฒนาชุดโครงการวิจัย กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีงบประมาณ 2563 ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Cochran, W. G. (1963). **Sampling Techniques**. 2nd Edition. John Wiley and Sons.
- Chankong, C., Khwunsakun, C., Chuaychu-noo, N., & Rakseen, S. (2021). Purchasing Behaviors for Chicken Meat of Consumers in Nakhon Si Thammarat Province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, (Suppl.1), 630-635. (in Thai).
- Chankong, C., Chuaychu-noo, N., Maliwan, P., & Kakulpim, P. (2023). Factors Affecting the Frequency of Consumer's Purchase of Thai Native Chicken in Nakhon Sri Thammarat Province. **Journal of Agricultural Research and Extension**, 4(10), 139-149. (in Thai).
- Detthamrong, U., Suthamdee, C., & Suthamdee, D. (2023). Cost and Benefit Analysis of Mai Model Native Chicken Community Enterprise. **Journal of Innovation and Management**, 8(1), 22-34. (in Thai).
- Kongsuban, N., Malaithong, W., & Junkaew, A. (2021). Factors Influencing Consumer Purchasing Decision of Safety Pradu-Hangdum Chicken in Phrae Province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 46(4), 675-686. (in Thai).
- Meeprom, S., & Pungprasert, B. (2021). Consumer Perception of Healthy Food Experience and Its Influences on Consumer Satisfaction and Engagement Behavior. **NIDA Business Journal**, 28, 6-25. (in Thai).
- Nualhnuplong, P., Wattanachant, C., Wattanasit, S., & Somboonsuke, B. (2019). Commercial Production System of Betong Chicken in Three Southern Border Provinces (Pattani, Yala and Narathiwat). **Journal of Agricultural Research and Extension**, 36(1), 11-20. (in Thai).
- Orahuntgulbodee, N., & Suriya, P. (2020). Purchasing Behaviors for Chicken Meat of Consumers in Khon Kaen Province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 48(1 Suppl.), 705-712. (in Thai).
- Rueangsri, N., Booranasuksakul, U., & Singhato, A. (2018). Acceptance and Satisfaction of Reduced Sugar, Fat, and Sodium Food Recipes. **Burapha Journal of Medicine**, 5(2), 38-49. (in Thai).
- Sonsawat, S. (2021). Guidelines for Developing Marketing Mix Strategies to Build Brand Loyalty Among Chicken Part Consumers in Western Region. **Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University**, 8 (1) , 136-150. (in Thai).
- Sukcham, W., & Kessuvan, A. (2023). Circular Economy Concept and The Purchasing Decision of Chicken Product with Sustainable Packaging. **Procedia of Multidisciplinary Research**, 1(3), 1-10. (in Thai).
- Sunanta, Y., Chompupun, K., Panyasak, A., & Khumput, S. (2023). Growth Performance of Thai Native Chicken Fed Diet Supplemented with Mulato Grass. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 41(2), 135-139. (in Thai).

การเพิ่มคุณค่าโภชนาของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดโดยเสริมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์ จากโรงงานผลิตเบียร์เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

Improving the Nutritional Value of *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham Pellet by Supplemented Soymilk Residue and Brewer's Yeast for Animal Feed

พรภิมล จันทร์เจริญ¹, วรพิชชา มาลัย¹, ณัฐปภัสร ธนพิมพ์วงศ์^{1*},

ดร.ณิ ศรีชนะ¹, นิภารัตน์ ศรีธเรศ¹ และวิชัย สุทธิธรรม¹

Pornpimol Chancharoen¹, Vorapitcha Malai¹, Natpaphat Thanapimpawong^{1*},

Darunee Srichana¹, Niparat Sritharet¹ and Wichai Suttiham¹

Received date: 5 ต.ค. 65 Revised date: 20 พ.ย. 66 Accepted date: 27 พ.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.013>

บทคัดย่อ

การทำหญ้าอัดเม็ด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ไว้ในฤดูที่ขาดแคลน และ การใช้สารเสริมจากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ และกากนมถั่วเหลือง ยังเป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาให้กับหญ้าอาหารสัตว์อัดเม็ดอีกด้วย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ด และ 2) ความเป็นป่วนและความคงทนของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดหลังจากการเก็บรักษาของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่เสริมยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ระดับ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และกากนมถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า การเสริมกากนมถั่วเหลืองที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดมีโปรตีนรวมเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 19.99 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และพบว่าหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่เสริมกากนมถั่วเหลืองอย่างเดียว 10 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมกากนมถั่วเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเสริมยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้วัตถุแห้งในกระเพาะ รูเมนในระดับห้องปฏิบัติการสูงสุด คือ 58.86 และ 60.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าความเป็นป่วน ($P>0.05$) ของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ด การเสริมยีสต์ การเสริมกากนมถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ ส่งผลให้หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ด มีค่าความคงทนเท่ากับ 98.09-99.87 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ซึ่งสูงกว่าหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่ไม่เสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลือง ซึ่งมีค่าความคงทนเท่ากับ 93.22-96.77 เปอร์เซ็นต์ต่อการเสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองยังส่งผลให้หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดมีความเป็นป่วนน้อยกว่า (0.25-1.39 เปอร์เซ็นต์, $P<0.05$) หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่ไม่เสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลือง (2.46-4.08 เปอร์เซ็นต์)

คำสำคัญ: หญ้าอัดเม็ด ยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ กากนมถั่วเหลือง การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน

Abstract

Grass pellet is an alternative method for forage preservation for the dry season. Using industrial residues such as brewer's yeast and soymilk residue as additives also helps gain more nutritional value for grass pellets. This research aims to study 1) pellet quality (fines particle and Pellet Durability Index, PDI), and 2) nutritional value and dry matter ruminal digestibility (*in vitro*) of *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham grass pellets supplemented with brewer's yeast (0, 5%) and soymilk residue (0%, 5%, and 10%). The resulting data concerning nutritional values shows that the grass pellet supplemented with 10% soymilk residue and 5% brewer's yeast had the highest ($P<0.05$) crude protein (19.99%) and the grass pellets supplemented with 10% soymilk residue only and the grass pellets supplemented with 10% soymilk residue and 5% brewer's yeast had the highest ruminal dry matter digestibility (*in vitro*) which were 58.86 and 60.92% ($P<0.05$), respectively. In addition, the

¹ สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมและการเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Agricultural Extension and Community Development, Faculty of Technology Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

² Animal Science, Faculty of Technology Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210

³ Food Science and Technology, Faculty of Agro and Bio Industry, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding author: Email: Lekbangpong04@gmail.com

results show that the storage period did not affect fine particles ($P>0.05$). Brewer's yeast and soymilk residue supplementation at different levels can improve the PDI of grass pellets to 98.09-99.87% ($P<0.05$) which is higher than the grass pellets without brewer's yeast and soymilk, of which residue is equal to 93.22-96.77%. Moreover, grass pellets were supplemented with brewer's yeast and soymilk residue at different levels had a percentage of fine particles in the range of 0.25% to 1.39% which is lower than grass pellets without brewer's yeast and soymilk residue (2.46-4.08%, $P<0.05$).

Keywords: pellet grass, brewer's yeast, grass, soymilk residue, ruminal digestibility

คำนำ

หญ้าเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความสำคัญต่อการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากพืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง หญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคาม (Dwarf Elephant grass cv. Mahasarakham) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham เป็นหญ้าอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาปลูกเป็นอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี โตเร็วและให้ผลผลิตสูง โดยสันนิษฐานว่า มีแหล่งกำเนิดจากประเทศปากีสถานและอิสราเอล (Mapato and Wanapat, 2017) ในประเทศไทยนิยมปลูกหญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามกันมากโดยเฉพาะเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งหญ้าดังกล่าวให้ผลผลิตมากในช่วงฤดูฝน โดยให้ผลผลิต 2.7-6.3 ตัน/ไร่ ในช่วงอายุ 4-10 สัปดาห์ นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามมีลักษณะพิเศษ คือ มีรสชาติหวานและมีโปรตีน 10-12 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงอายุเก็บเกี่ยว 45-60 วัน (Paisantham et al, 2020)

เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งมักพบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงจำเป็นต้องมีการถนอมพืชอาหารสัตว์เพื่อให้สัตว์กินในฤดูแล้ง ซึ่งการทำหญ้าอัดเม็ดเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ถนอมพืชอาหารสัตว์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหญ้าได้ อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียอาหาร และช่วยเพิ่มปริมาณการกินในสัตว์ (Behnke, 1994) ซึ่งการนำหญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามมาพัฒนา เป็นหญ้าอัดเม็ดน่าจะเป็นอีกทางเลือกที่ดี ในกรณีที่มีผลผลิตหญ้า เนเปียร์แคว้นมหาสารคามมากในช่วงฤดูฝน

ยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ และกากนมถั่วเหลือง เป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมที่จัดเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง และมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย โดยกากนมถั่วเหลือง เมื่อนำมาอบแห้งจะมีโปรตีนสูงถึง 31.5% และมีกรดอะมิโนใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง (O'Toole, 1999) ส่วนยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพ สามารถย่อยสลายได้ทันที เมื่อนำยีสต์ไปอบแห้ง จะมีโปรตีนสูงถึง 48.3% (Kamphayae et al, 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าโภชนาของหญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามอัดเม็ดที่ไม่เสริมและเสริมด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์และกากนมถั่วเหลือง เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาและยืดอายุการเก็บรักษาหญ้าอาหารสัตว์

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 5 กลุ่มทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ฤกษ์ และจัดตั้งทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือ การเสริมยีสต์อบแห้งจากโรงงานผลิตเบียร์ 2 ระดับ ได้แก่ 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ 2 คือ การเสริมกากนมถั่วเหลืองอบแห้ง 3 ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์อบแห้งจากโรงงานผลิตเบียร์

อบกากนมถั่วเหลืองและยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจนแห้ง นำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นบรรจุใส่ถุงซิปล็อก เก็บไว้ในตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้เสริมในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมหญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามและการอัดเม็ด

ตัดต้นหญ้าเนเปียร์แคว้นมหาสารคามที่อายุ 45 วัน โดยตัดสูงจากพื้น 10 เซนติเมตร สับให้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ผึ่งลมด้านในอาคารโดยใช้พัดลมเป่าให้ความชื้นลดลง โดยใช้เวลา 6 ชั่วโมง (10.00- 16.00 น.) แล้วนำกากนมถั่วเหลืองและยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์อบแห้งผสมลงตามปริมาณที่ระบุไว้ในข้อ 1 ใช้น้ำเป็นตัวประสาน โดยเติมน้ำให้แต่ละทริทเมนต์มีความชื้นอยู่ที่ 50-60% จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบเกลียวอัด เพื่อให้ได้หญ้าอัดเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร โดยการบีบอัดของเครื่อง ที่ใช้มอเตอร์กำลัง 1 แรงม้า จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นระหว่างการอัดเม็ด จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บรรจุใส่ถุงเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาและค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการ

นำหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดเสริมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์มาประเมินคุณค่าทางโภชนา ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม พลังงานรวม ตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์ NDF และ ADF ตามวิธีของ Goering & Van Soest (1970) และประเมินการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบแบชคัลเจอร์ (Batch Culture) ตามวิธีของ Srichana et al. (2014)

ประเมินค่าความเป็นฝืนและความคงทนของเม็ดอาหารต่อระยะเวลาการเก็บรักษา (ASAE, 1983)

ซึ่งตัวอย่างหญ้าอัดเม็ดแต่ละทรีทเมนต์ 100 กรัม ใส่ถุงซิปลงในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จากนั้นร่อนแยกฝืนในอาหารออกด้วยตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร เขย่าด้วยความเร็ว 90 รอบ/นาที นาน 10 นาที จดบันทึกน้ำหนักของฝืนในอาหาร จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฝืน และความคงทนของเม็ดอาหาร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความฝืน} = \frac{\text{น้ำหนักฝืนของหญ้าอัดเม็ดที่ผ่านรูตะแกรง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักหญ้าเม็ดเริ่มต้น (กรัม)}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคงทน} = \frac{\text{น้ำหนักของหญ้าอัดเม็ดที่เหลือตะแกรง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักหญ้าเม็ดเริ่มต้น (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SAS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนาของหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ด

จากการทดลองพบว่า ระดับของยีสต์มีอิทธิพลต่อค่าโปรตีนและการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน ในระดับห้องปฏิบัติการ ขณะที่ระดับกากนมถั่วเหลืองไม่มีอิทธิพลต่อดังกล่าว และพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์และกากนมถั่วเหลืองต่อค่าโปรตีนรวม ADF และการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการเสริมยีสต์ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากนมถั่วเหลืองที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าโปรตีนรวมเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เท่ากับ 19.96 เปอร์เซ็นต์ ค่า ADF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อยู่ที่ 24.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดที่ไม่ได้เสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองซึ่งมีค่าโปรตีน และ ADF เท่ากับ 9.72 และ 31.99 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) จากการรายงานของ Nawinya, 2019 พบว่ากากนมถั่วเหลืองอบแห้งมีปริมาณโปรตีน 29.63 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Wanida, 2018 พบว่ายีสต์จากโรงงานผลิตเปียร์มีปริมาณโปรตีน 47.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดมีโปรตีนเฉลี่ย 9.72 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากระดับของกากนมถั่วเหลืองและยีสต์ต่อแห้งที่เพิ่มขึ้นในการทำหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichana et al. (2022) ที่ศึกษาการเสริมกากนมถั่วเหลืองในหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ด โดยพบว่า เมื่อเสริมกากนมถั่วเหลืองที่ระดับ 10-15% ส่งผลให้หญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดมีโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) อยู่ระหว่าง 16-17% ขณะที่หญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดที่ไม่เสริมกากนมถั่วเหลืองมีค่าโปรตีนเท่ากับ 11% และยังพบว่าหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดและเสริมกากนมถั่วเหลืองมีค่า ADF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (28%, $P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากนมถั่วเหลือง (38%)

ค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดลองพบว่า ระดับการเสริมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์จากโรงงานผลิตเปียร์มีอิทธิพลต่อค่าการย่อยได้วัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมของการเสริมกากนมถั่วเหลืองและยีสต์จากโรงงานผลิตเปียร์ต่อดังกล่าว โดยหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดที่เสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้วัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จาก 46.18 เป็น 60.92 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งเป็นผลมาจากระดับของกากนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากนมถั่วเหลืองเท่ากับ 80.36 เปอร์เซ็นต์ (Department of Livestock Development, 2004) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Srichana et al. (2022) ที่พบว่า เมื่อเสริมกากนมถั่วเหลืองลงในหญ้าเนเปียร์และแคว้นอาหารอัดเม็ดและนำไปหมัก ส่งผลให้ค่าการย่อยได้วัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับหญ้าหมักที่ไม่เสริมกากนมถั่วเหลือง และเป็นผลจากการ

ลดลงของ ADF ซึ่งพบว่าลดลงสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับ ADF ของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่เสริมด้วยยีสต์อย่างเดียวยุทธที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$; ดังแสดงใน Table 1)

การประเมินเปอร์เซ็นต์ฝุ่น และความคงทนของหญ้าอัดเม็ด

จากการทดลองพบว่า การเสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองในหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ด มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นฝุ่น ($P<0.05$) ขณะที่ระยะเวลาเก็บไม่มีอิทธิพลต่อความเป็นฝุ่น ($P>0.05$) และยังไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับการเสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองต่อระยะเวลาเก็บรักษาหญ้าอัดเม็ด โดยหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดเสริมยีสต์ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ และ/หรือกากนมถั่วเหลืองที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นฝุ่นอยู่ในช่วง 0.25-1.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่า หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่ไม่มีการเสริมสารเสริมใดๆ (2.46-4.08 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 2 นอกจากนี้พบว่า หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าความคงทน และยังไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับการเสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองของหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดต่อระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่า หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่เสริมยีสต์และ/หรือกากนมถั่วเหลืองมีค่าความคงทน (98.33-99.87 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับหญ้าอัดเม็ดที่ไม่มีการเสริมใดๆ (95.22-97.05 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงใน Table 2 เนื่องจากในกากนมถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตอยู่ด้วย (Van der Riet et al, 1989) และอาหารผสมที่ถูกอัดด้วยเกลียวผ่านรูเปิดจะเกิดความร้อนขึ้น (Nakarin et al, 2017) ทำให้เกิดกระบวนการเจลลิตไนซ์ (gelatinization) ของอนุภาคแป้งในวัตถุดิบ ส่งผลให้เม็ดอาหารเกาะตัวกัน (Behnke & Beyer, 2002)

สรุปผลการศึกษา

หญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดที่เสริมยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์และกากนมถั่วเหลืองช่วยเพิ่มค่าโปรตีนรวมได้สูงถึง 19.96% และช่วยลดค่า ADF เหลือ 24.07% อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในระดับห้องปฏิบัติการได้สูงถึง 60.92% นอกจากนี้การเสริมยีสต์และกากนมถั่วเหลืองยังช่วยลดความเป็นฝุ่น และเพิ่มความคงทนให้กับหญ้าเนเปียร์แครมมหาสารคามอัดเม็ดได้อีกด้วย

Table 1 Nutritional and dry matter digestibility in rumen (*in vitro*) values of sweet grass pellets enriched with soymilk residue and brewer's yeast

Yeast (%)	SMR (%)	DM (%)	OM (%DM)	GE (cal/g)	CP (%DM)	NDF (%DM)	ADF (%DM)	DMDG (%)
0	0	62.10	81.44	3,619.44	9.72 ^e	67.69	31.99 ^a	46.18 ^e
	5	45.65	84.72	3,818.57	13.46 ^d	63.96	26.64 ^{bc}	49.93 ^d
	10	43.92	86.92	3,868.41	15.24 ^c	59.72	27.30 ^b	58.86 ^{ab}
5	0	60.05	84.36	3,669.31	15.21 ^c	59.56	24.82 ^d	56.68 ^{bc}
	5	59.35	84.46	3,818.42	17.25 ^b	64.25	25.92 ^c	55.50 ^c
	10	47.55	89.79	3,936.46	19.96 ^a	55.19	24.07 ^d	60.92 ^a
Significance	Yeast	0.46	0.92	0.63	<0.01	0.42	0.17	<0.05
	SMR	0.48	0.65	0.23	0.50	0.74	0.78	0.52
	Yeast × SMR	0.13	0.49	0.31	<0.01	0.08	<0.05	<0.01

^{abcde}The vertically different letters were statistically different; SMR= soymilk residue, DM= dry matter, OM= organic matter, GE= gross energy, CP= crude protein, NDF= neutral detergent fiber, ADF= acid detergent fiber, DMDG= dry matter digestibility

Table 2 Dust and hardness of sweet grass pellets enriched with soymilk residue and brewer's yeast stored for 4 weeks

Pellet grass	Storage period (week)	%Fine (%)	% PDI (%)
0,0	1	2.48	95.72 ^f
	2	2.46	97.05 ^e
	3	4.08	95.43 ^f
	4	4.02	95.22 ^f
0,5	1	0.94	98.33 ^{cd}
	2	0.48	99.23 ^{abc}
	3	0.25	99.40 ^{ab}
	4	0.63	99.27 ^{abc}
0,10	1	0.59	99.87 ^{abc}
	2	0.40	99.28 ^{abc}
	3	0.37	99.59 ^a
	4	0.68	99.30 ^{abc}
5,0	1	1.39	97.57 ^{de}
	2	0.87	98.74 ^{abc}
	3	0.81	99.15 ^{abc}
	4	1.05	98.84 ^{abc}
5,5	1	0.77	99.06 ^{abc}
	2	0.76	99.02 ^{abc}
	3	0.74	98.40 ^{cd}
	4	0.88	99.05 ^{abc}
5,10	1	0.36	98.43 ^{bcd}
	2	0.46	99.55 ^a
	3	0.87	99.15 ^{abc}
	4	0.25	99.47 ^a
Significance	Pellet grass	0.14	<0.01
	Storage period	<0.01	<0.01
	Pellet grass × Storage period	0.42	<0.01

^{abcdef}The vertically different letters were statistically different.; PDI= Pellet Durability Index, SMR = Soymilk residue

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1995). **Official Method of Analysis**. 15THed. Association of Official Analytical Chemists.
- ASAE. (1983). **ASAE Standard S319 Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Material by Sieving**. American Society of Agricultural Engineers.
- Behnke, K. C. (1994). Factor affecting pelleting quality. In **Maryland Nutrition Conference**, pp. 44-54. University of Maryland.
- Behnke, K. C., & Beyer, R. S. (2002). Effect of feed processing on broiler performance. In **VIII International Seminar on Poultry Production and Pathology**, pp. 1-28. Chile.
- Department of Livestock Development. (2004). **Table of Nutritional Value of Feed Ingredients**. Department of Livestock Development.
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). **Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Application)**. Government Printing Office.
- Kamphayae, S., Kumagai, H., Anghong, W., Narmseelee, R., & Bureenok, S. (2017). Effects of different ratios and storage periods of liquid brewer's yeast mixed with cassava pulp on chemical composition, fermentation quality and in vitro ruminal fermentation. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, 30, 470-478.
- Mapato, C., & Wanapat, M. (2017). Sweet grass (*Pennisetumpurpureumcv. Mahasarakham*), a new alternative grass for ruminant. **Dairy Journal**, 34(2), 57-63.
- Nakarin, P., Choosit, C., Thanat, B., & Chutiwalanch, S. (2017). **Effects of Pellet Die Thickness and Main Shaft Revolution on Pelleted Feed Quality**. Academic Articles ChiangMai Rajabhat University Intellectual Repository.
- Nawinya, P. (2019). **Prebiotic Property of β -mannanase Fermented from Soy-milk Residue with *Aspergillus niger* for Feed Supplement**. Master's thesis. Thammasat University.
- O'Toole, D. K. (1999). Characteristics and Use of Okara, the Soybean Residue from Soymilk Production - A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47(2), 363-371.
- Paisantham, C., Plobthong, B., Jantrakul, P., Tamraungit, J., & Maksiri, W. (2020). Effects of Cutting Intervals on Growth, Yield and Chemical Composition of Second Cutting Sweet Grass (*Pennisetum purpureum cv. Mahasarakham*) in Phetchaburi Soil Series. In **Proceedings of the 13th NPRU National Academic Conference**, pp. 150-156. Nakhon Pathom Rajabhat University.
- Srichana, D., Suttitham, W., Thongsunthiah, P., Panja, P., & Jariyapamornkoon, N. (2014). Nutrients and ruminal digestibility of baby corn by-product silages under different harvesting methods. **Thammasat International Journal of Science and Technology**, 19(2), 30-36.
- Srichana, D., Pimpa, N., Sritharet, N., & Suttitham, W. (2022). Nutritional Value and Ruminal Digestibility of Mahasarakham Dwarf Elephant Grass (*Pennisetum purpureum cv. Mahasarakham*) Silage Supplemented with Soymilk. **Thai Science and Technology Journal**, 30(1), 31-37.
- Van der Riet, W. B., Wight, A. W., Cilliers, J. J. L., & Datel, J. M. (1989). Food chemical investigation of tofu and its by-product okara. **Food Chemistry**, 34, 193-202.
- Wanida, B. (2018). **Development of Nutritional Value of Rice Bran and Defatted Rice Bran for Animal Feed Using Brewer's Yeast**. Master's thesis. Thammasat University.

ความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น

Opinions on Factors Affecting Contiguously Operation under Organic Rice Production Promotion Project in Khon Kaen Province

ภาณุทัต โล่ห์สีทอง¹ และสุกัลยา เชิญขวัญ^{1*}Panutat Losithong¹ and Sukanlaya Choenwkan^{1*}

Received date: 30 มี.ค. 66 Revised date: 28 พ.ย. 66 Accepted date: 21 ธ.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.014>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น 2) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรภายใต้โครงการอย่างต่อเนื่องที่มีผลต่อการปลูกข้าวอินทรีย์อย่างต่อเนื่องของเกษตรกร เก็บรวบรวมข้อมูล จากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น ในจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึงปัจจุบัน จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 123 ราย และกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์จำนวน 6 กลุ่ม โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและประเด็นคำถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ผลการศึกษา พบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ได้แก่ แหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าวอินทรีย์ และปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชในนาข้าว ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ได้แก่ ความต้องการปลูกข้าวอินทรีย์เพื่อบริโภคในครัวเรือน ต้นทุนการปลูกข้าวลดลง สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น และการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ ข้อเสนอแนะ ได้แก่ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาช่วยเหลือและพัฒนาแหล่งน้ำ สำหรับการปลูกข้าวอินทรีย์ และควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์ ทั้งการแปรรูป การบรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ การตัดสินใจ ข้าวอินทรีย์ โครงการส่งเสริมการเกษตร กรมการข้าว

Abstract

The purpose of this research is to study 1) The basic social and economic data of farmers under Organic Rice Production Promotion Project in Khon Kaen Province, 2) Problems and obstacles in growing organic rice, and 3) farmers' opinions on factors affecting the continuous operation of agriculture. Data were collected from farmers participating in the project of Khon Kaen Rice Seed Center in Khon Kaen from 2017 to the present from 123 samples and 6 groups of organic farmers by using structured interview schedule and general context interviews of farmer groups. Statistics used in data analysis were frequency, percentage, standard deviation, mean, maximum and minimum. The results show that the problems and obstacles in growing organic rice of farmers were insufficient water sources for organic rice cultivation and problems with weeds in rice fields. Factors affecting the continuous implementation of Organic Rice Production Promotion Project of farmers were the demand for organic rice planting for household consumption, the decrease of cost of rice cultivation, the increase of fertility of the soil and receiving support from government agencies. For recommendation, it is suggested that related agencies should come help develop water resources for growing organic rice and should focus on the development of organic rice products in both processing packaging.

Key words: organic agriculture, decision making, organic rice, agricultural extension project, rice department

¹ สาขาวิชาการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

¹ Department of Agricultural Extension and Development, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

*Corresponding author, Email: Sukanl@kku.ac.th

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญของประเทศไทย เกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศปลูกข้าวเป็นพืชอาหารหลัก ในปี 2564/65 มีเนื้อที่เพาะปลูก 63.01 ล้านไร่ ผลผลิต 26.81 ล้านตันข้าวเปลือก มีการส่งออก 6.30 ล้านตันข้าวสาร มูลค่า 109,771 ล้านบาท (Bureau of Agricultural Economic Research, 2023) ในสถานการณ์ปัจจุบันการผลิตข้าวมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานสินค้า ดังนั้นการผลิตข้าวอินทรีย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานข้าวอินทรีย์และการได้รับการรับรองมาตรฐาน จึงเป็นเรื่องจำเป็น ซึ่งนอกจากสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคแล้ว การผลิตข้าวอินทรีย์ยังเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม และลดการถูกกีดกันทางการค้าจากประเทศต่างๆที่ใส่ใจสภาพแวดล้อม สุขภาพได้อีกด้วย ซึ่งสามารถทำให้ประเทศไทยส่งออกข้าวไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้มากขึ้น (Rice Department, 2020)

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์เพิ่มขยายมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูล ปี พ.ศ. 2563 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ อยู่ที่ 655,874.60 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.93 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด (Rice Department, 2020) อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดยังคงเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก เนื่องจากการปลูกข้าวอินทรีย์ใช้ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยนก่อนชำนานก่อนที่จะได้รับใบรับรองมาตรฐาน เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการปลูกข้าวอินทรีย์ และขาดการส่งเสริมจูงใจให้กับเกษตรกรหันมาปลูกข้าวอินทรีย์ อีกทั้งยังมีอุปสรรคที่เกิดจากธรรมชาติ สภาพภูมิอากาศ ภัยพิบัติต่างๆ จึงส่งผลให้เกษตรกรยังคงตัดสินใจปลูกข้าวแบบทั่วไป (Rice Department, 2020) ในปี พ.ศ. 2563 จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ปลูกข้าว 2,402,994 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.02 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ 7,163 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของจังหวัด การปลูกข้าวส่วนใหญ่ในจังหวัดขอนแก่นอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ที่ภาครัฐให้การส่งเสริม เช่น ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 6 เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวแบบทั่วไป อย่างไรก็ตามมีกลุ่มเกษตรกรจำนวนหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ดำเนินการโดยกรมการข้าว ระยะเวลาการดูแลเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ 3 ปี โดยสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าว การช่วยเหลือให้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่รัฐ และส่งเสริมสนับสนุนให้ได้รับการรับรองมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยในปี 2560 มีเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่นเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์จำนวน 775 ราย จนครบระยะเวลา 3 ปี มีเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการผลิตข้าวอินทรีย์ต่อเนื่องจำนวน 445 ราย คิดเป็นร้อยละ 57.4 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น (Khon Kaen Rice Seed Center, 2020) Rice Department (2018) ระบุว่าเกษตรกรสนใจปลูกข้าวอินทรีย์มีจำนวนน้อย แม้จะรู้ว่าการผลิตข้าวอินทรีย์จะมีราคาที่สูงกว่าข้าวทั่วไป เป็นที่ต้องการของตลาดแต่เกษตรกรไม่ได้ให้ความสนใจที่จะปลูกข้าวอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเท่าที่ควร ซึ่งอาจทำให้จำนวนผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ลดลงในอนาคต ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีเป้าหมายในการศึกษาความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรภายใต้โครงการฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาปรับใช้ในการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตข้าวอินทรีย์ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อสร้างแนวทางที่ทำให้เกษตรกรเห็นถึงความสำคัญและตัดสินใจปลูกข้าวอินทรีย์เพิ่มขึ้น สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เป็นการยกระดับการครองชีพของเกษตรกรให้ดีขึ้นและยั่งยืนในอนาคต โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น 2) ศึกษาบริบทกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น 3) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์ และ 4) ศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรต่อปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกข้าวอินทรีย์อย่างต่อเนื่องของเกษตรกร

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ครั้วเรือนเกษตรกร ที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ปี 2560 และยังคงดำเนินการอยู่จนถึงปัจจุบันของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น จำนวนทั้งหมด 306 ราย (Khon Kaen Rice Seed Center, 2020) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Taro Yamane (1967 cited in Chantarasuwan & Buatuan, 2004) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 93 % ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 123 ราย

2) ประธานและคณะกรรมการกลุ่ม (รองประธานและเลขานุการ) ที่ครัวเรือนเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้เป็นสมาชิก กลุ่มละ 3 รายจำนวนทั้งหมด 18 ราย จากทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ปลูกข้าวอินทรีย์หมู่ 5 ตำบลโคกสง่า อำเภอฟล จังหวัดขอนแก่น 2) กลุ่มข้าวอินทรีย์บ้านโคกเจริญ หมู่ 15 ตำบลศรีสุข อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดขอนแก่น 3) กลุ่มข้าวอินทรีย์ชุมชนบ้านถลุงเหล็ก ตำบลใหม่นาเพียง อำเภอน้ำโสม จังหวัดขอนแก่น 4) กลุ่มข้าวอินทรีย์บ้านดอนหัน ตำบลใหม่

เพียง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดขอนแก่น 5) กลุ่มส่งเสริมข้าวพันธุ์ดีด้วยปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ตำบลโนนทอง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดขอนแก่น และ 6) กลุ่มข้าวอินทรีย์ตำบลบ้านฝาง ตำบลบ้านฝาง อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น

เครื่องมือและการทดสอบเครื่องมือ

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ครีวรีออนเกษตรกร เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ชนิดมีโครงสร้าง (Structed interview) ที่มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามสูตรของ Cronbach (1970 cited in Chantarasuwan & Buatuan, 2004) ได้เท่ากับ 0.932 มีลักษณะคำถามที่กำหนดคำตอบให้เลือกตอบ (Closed question) และคำถามที่ให้แสดงความคิดเห็น (Open-ended question) ประเด็นคำถาม ประกอบด้วย สภาพพื้นฐานทั่วไปของเกษตรกร ปัญหาในการปลูกข้าวอินทรีย์ และความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น

2) ประธานและคณะกรรมการกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ประเด็นคำถาม (Sub-topic) โดยมีประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ประวัติความเป็นมา ที่ตั้ง สถานที่ทำการกลุ่ม โครงสร้างและหน้าที่ของกลุ่ม กิจกรรมกลุ่ม การจัดพื้นที่ทำกิจกรรม ผลผลิตและการตลาดของกลุ่ม การจัดการบริหารการเงินและการแบ่งปันผลประโยชน์ การได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และปัญหาและอุปสรรคที่พบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ครีวรีออนเกษตรกร โดยเป็นการสัมภาษณ์แบบรายเดี่ยวแบบเผชิญหน้า (Face-to-face) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยการจับสลากรายชื่อเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ตามที่ได้กำหนดสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างไว้ โดยไม่นำสลากหมายเลขรายชื่อเกษตรกรที่จับแล้วใส่กลับคืน เพื่อให้ได้จำนวนครบเป้าหมายตามจำนวนตัวอย่าง 123 ราย

2) ประธานและคณะกรรมการกลุ่ม โดยเป็นการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) ดำเนินการที่ละกลุ่ม

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for window (Statistical Package for the Social Science for Windows) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจ โดยใช้สถิติพรรณนา ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : SD)

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาในการปลูกข้าวอินทรีย์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละประเด็นมาพิจารณาระดับของปัญหา ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณา (Kanlaya, 1997) ดังนี้

$$\text{จากสูตร} \quad = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{(3 - 1)} = \frac{(3 - 1)}{2} = 0.66$$

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.33-3.00 หมายถึง	มีปัญหาหนัก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.67-2.32 หมายถึง	มีปัญหาปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.66 หมายถึง	มีปัญหาน้อย

(3) การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น โดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละประเด็นมาพิจารณาระดับของความคิดเห็น ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณา (Kanlaya, 1997) ดังนี้

$$\text{จากสูตร} \quad = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{(3 - 1)} = \frac{(3 - 1)}{2} = 0.66$$

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.33-3.00 หมายถึง	เห็นด้วยมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.67-2.32 หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.66 หมายถึง	เห็นด้วยน้อย

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลบริบททั่วไปของกลุ่มเกษตรกร โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) การจัดบันทึกมาแยกแยะเนื้อหาสาระเป็นกลุ่มตามโครงสร้างที่ได้กำหนดไว้และนำมาบรรยายสรุปเป็นระบบเรียงเพื่อตอบตามลำดับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65.90 อายุเฉลี่ย 59.38 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 72.40 มีพื้นที่ทำนาเฉลี่ย 17.61 ไร่ รายได้รวมทั้งหมดในปี 2563 เฉลี่ย 51,041.46 บาท แบ่งเป็นรายได้ภาคเกษตรในปี 2563 เฉลี่ย 37,040.65 บาทและรายได้นอกภาคเกษตรในปี 2563 เฉลี่ย 14,000.81 บาท เกษตรกรมีการกู้ยืมเป็นหนี้สิน คิดเป็นร้อยละ 87.80 แหล่งกู้ยืมเงินส่วนใหญ่มาจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ คิดเป็นร้อยละ 70.60

ปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์

จาก Table 1 การศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์ พบว่า ปัญหาหลัก มีเพียง 1 ประเด็น คือ แหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าวอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 2.56) และ ปัญหาปานกลาง 1 ประเด็น คือ เกี่ยวกับวัชพืชในนาข้าว (ค่าเฉลี่ย 1.70) ที่เหลือ จำนวน 11 ประเด็น มีปัญหาน้อย เช่น ชนิดของดินไม่เหมาะสมกับการปลูกข้าวอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 1.04)

Table 1 Problems and obstacles of organic rice production

problems and obstacles	Mean	S.D.	Interpretation
There are not enough rice varieties to grow	1.23	.49	Low
The soil condition is not suitable for growing organic rice	1.04	.20	Low
The water source is insufficient for growing organic rice	2.56	.74	High
There is no machinery to help save labor such as tractors, harvesters	1.32	.59	Low
Insufficient organic fertilizers produced by themselves	1.11	.36	Low
Organic fertilizers have a higher price	1.08	.38	Low
There is a problem with weeds in rice fields	1.70	.82	Moderate
No organic pest control agents	1.10	.37	Low
There are few harvesters that only harvest organic rice	1.24	.48	Low
Rice production decreased	1.63	.69	Low
The yield of organic rice cultivation is low	1.15	.44	Low
Income from growing organic rice is less	1.28	.59	Low
There is no market for selling organic rice products	1.10	.37	Low

บริบทกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกของกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดขอนแก่น จำนวนทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ปลูกข้าวอินทรีย์หมู่ 5 2) กลุ่มข้าวอินทรีย์บ้านโคกเจริญ หมู่ 15 3) กลุ่มข้าวอินทรีย์ชุมชนบ้านถลุงเหล็ก 4) กลุ่มข้าวอินทรีย์ชุมชนบ้านดอนหัน 5) กลุ่มส่งเสริมข้าวพันธุ์ดีด้วยปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ และ 6) กลุ่มผลิตข้าวอินทรีย์ตำบลบ้านฝาง จากการศึกษา พบว่า ทุกกลุ่มมีวัตถุประสงค์ในการก่อตั้งเพื่อผลิตข้าวอินทรีย์ขายและเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น กรมการข้าว และเพื่อผลิตข้าวอินทรีย์ให้กับกลุ่ม ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเก็บไว้บริโภคเองภายในครัวเรือน ส่วนที่เหลือจะนำมาแปรรูปจำหน่ายตามร้านค้า ซูเปอร์มาร์เกต และตลาดอินทรีย์ประจำจังหวัด โดยได้รับการสนับสนุนจากหลายหน่วยงาน ได้แก่ 1) ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น สนับสนุนการรวมกลุ่มผลิตข้าวอินทรีย์ จัดอบรมการผลิตข้าวอินทรีย์ ระบบควบคุมภายใน ICS การใช้เทคโนโลยีการผลิต การตลาดและการบริหารจัดการกลุ่ม และ สนับสนุนงบประมาณและปัจจัยการผลิต ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวอินทรีย์ 2) สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จังหวัดขอนแก่น สนับสนุน การจัดอบรมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ และ 3) สำนักงานเกษตรอำเภอในแต่ละอำเภอ ทุกกลุ่มจะประสบปัญหาที่เหมือนกัน ได้แก่ 1) ขาดแคลน

แหล่งน้ำ และ 2) ภัยธรรมชาติต่างๆ ได้แก่ น้ำท่วมและฝนแล้ง ทำให้การผลิตข้าวอินทรีย์ได้ผลผลิตน้อย หรือบางปีไม่ได้ผลผลิตเลย ทำให้กลุ่มเกษตรกรประสบปัญหาอย่างหนัก ได้ผลผลิตไม่ตรงตามความต้องการ

ปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรดำเนินการอย่างต่อเนื่องภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าว ได้แก่ 1) การผลิตข้าวอินทรีย์ช่วยให้เกิดการลดต้นทุน ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น 2) เพื่อบริโภคเองภายในครัวเรือน ทำให้สุขภาพดีขึ้น 3) มีหน่วยงานต่างๆ เข้ามาให้การสนับสนุน 4) กลุ่มมีความก้าวหน้าเนื่องจากสหกรณ์มีการสนับสนุนให้กับกลุ่มและหาตลาดให้ ข้อมูลเบื้องต้นแต่ละกลุ่มแสดงใน Table 2

Table 2 Basic information of farmer groups under Organic Rice Production Promotion Project

Farmer group's name*	No. of members (Person)	Rice planting area (rai)	Reasons why the group continues to operate**							
			A	B	C	D	E	F.	G	H
1.	18	145	✓	✓				✓		
2.	25	324	✓		✓	✓	✓			
3.	30	560	✓		✓	✓			✓	
4.	8	101	✓	✓	✓	✓				
5.	54	340	✓	✓	✓					
6.	25	195	✓	✓	✓					✓

* 1. Organic Rice Growers Group Village No. 5 2. Ban Khok Charoen Organic Rice Group, Village No. 15 3. Ban Thalung Lek

Community Organic Rice Group 4. Ban Don Han Community Organic Rice Group 5. Group promoting good rice varieties with bio-organic fertilizers 6. Ban Fang Subdistrict Organic Rice Production Group

** A. Home consumption B. Reduce production costs C. Improved health and environment D. want to create a market Expand the organic rice network in the future E. produce organic rice seeds for sale in the community F. There is hope that the state will support it again in the future G. There is a market to support H. have a support agency

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์

จากค่าเฉลี่ยความคิดเห็น ใน Table 3 แบ่งออกเป็น 4 ด้าน พบว่า

1) ด้านสังคม มี 2 ประเด็น ที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุดเท่ากัน คือ ปลูกข้าวอินทรีย์เพื่อบริโภคในครัวเรือน เพราะมีความปลอดภัยไร้สารเคมี (ค่าเฉลี่ย 2.98) และ ปลูกข้าวอินทรีย์เพื่อการมีสุขภาพที่ดีขึ้น เพราะไม่ได้ใช้สารเคมีต่างๆ (ค่าเฉลี่ย 2.98) และมีประเด็นที่น้อยที่สุด คือ เกิดการช่วยเหลือเกื้อกูลกันในกลุ่มสมาชิก (ค่าเฉลี่ย 2.69)

2) ด้านเศรษฐกิจ มีประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด คือ ต้นทุนในการปลูกข้าวอินทรีย์ลดลง (ค่าเฉลี่ย 2.79) รองลงมา คือ มีแรงงานเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 2.24) และ และมีประเด็นที่น้อยที่สุด คือ ได้ผลผลิตมากขึ้น (ค่าเฉลี่ย 2.18)

3) ด้านสภาพการผลิตข้าวอินทรีย์ ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด คือ สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นเหมาะกับการปลูกข้าวอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย 2.93) รองลงมา คือ การปลูก ดูแล เก็บเกี่ยวข้าวอินทรีย์ไม่ยุ่งยาก (ค่าเฉลี่ย 2.86) และมีประเด็นที่น้อยที่สุด คือ การมีเครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์ที่ช่วยทุ่นแรงได้ (ค่าเฉลี่ย 2.28)

4) ด้านการได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐ/เอกชน โดย ประเด็นย่อยที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมากที่สุด ได้แก่ ได้รับข้อมูล ความรู้ ข่าวสาร จากเจ้าหน้าที่รัฐอยู่เสมอ (ค่าเฉลี่ย 2.63) และรองลงมา คือ ได้รับปัจจัยการผลิตในการปลูกข้าวอินทรีย์ เช่น เงินสนับสนุน การทำปุ๋ยหมัก/ปุ๋ยชีวภาพ เมล็ดพันธุ์ (ค่าเฉลี่ย 2.59)

Table 3 Farmer's Opinion on Factors Affecting Contiguously Operation under Organic Rice Production Promotion Project

Opinions	Mean	S.D.	Interpretation
Social reasons			
Family members support and help each other	2.77	.53	Very agree
It is for household consumption because it is safe without chemicals	2.98	.18	Very agree
Help and support each other within the group members	2.69	.59	Very agree
Farmers are healthier because no chemicals are used	2.98	.20	Very agree
Economic reasons			
The cost of growing organic rice is reduced.	2.79	.50	Very agree
There is enough labor for growing organic rice.	2.24	.85	somewhat agree
be more productive	2.18	.75	somewhat agree
has a high selling price	2.20	.86	somewhat agree
Conditions of organic rice production reasons			
The soil condition is more fertile which is suitable for growing organic rice	2.93	.34	Very agree
There are tools/materials/equipment that can help save energy.	2.28	.75	somewhat agree
Growing, caring, and harvesting organic rice is not difficult	2.86	.37	Very agree
No problems with rice diseases and insect pests	2.82	.46	Very agree
Receiving promotion from government/private agencies reasons			
Get information, knowledge, news from government officials regularly.	2.63	.66	Very agree
The integration and product processing are promoted	2.55	.78	Very agree
Receive inputs for growing organic rice, such as subsidies for making compost/bio-fertilizers, seeds	2.59	.70	Very agree
There is marketing promotion and support	2.55	.78	Very agree

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีพื้นที่ทำนาเฉลี่ย 17.61 ไร่ ปัญหาและอุปสรรคในการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ซึ่งได้แก่ แหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าวอินทรีย์ และปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชในนาข้าว ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร ได้แก่ ความต้องการปลูกข้าวอินทรีย์เพื่อบริโภคในครัวเรือน ต้นทุนการปลูกข้าวลดลง สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น และการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saengsanga & Rattana (2018) พบว่า สภาพปัญหาส่วนใหญ่ของการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ปัญหาเรื่องการบริหารจัดการน้ำ แหล่งน้ำไม่เพียงพอ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และต้นทุนการผลิตสูง ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจัยด้านแหล่งน้ำ มีความสำคัญอย่างมากต่อการผลิตข้าวอินทรีย์ของประเทศไทย จากการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกร และบริบทของกลุ่มเกษตรกร สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการอย่างต่อเนื่องภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ดังนี้

1) ด้านสุขภาพ เกษตรกรต้องการปลูกข้าวอินทรีย์เพื่อบริโภคในครัวเรือน เนื่องจากข้าวอินทรีย์มีความปลอดภัยไม่มีสารเคมี ทำให้มีสุขภาพที่ดีขึ้น เพราะไม่ได้ใช้สารเคมีต่างๆ ร่างกายแข็งแรงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Chaibon,

Wiseansat & Pensuk (2020) และ Pestonji (2015) พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกข้าวแบบอินทรีย์ของเกษตรกร ได้แก่ ความกังวลเรื่องสุขภาพ ความต้องการมีสุขภาพที่ดีทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค และความกลัวการใช้สารเคมีและสารปราบศัตรูพืช Pipitkun (2020) กล่าวว่า การทำเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) การทำเกษตรอินทรีย์แบบพึ่งพาตนเอง ผลผลิตที่ได้มีจำนวนไม่มาก สำหรับใช้บริโภคในครัวเรือนหรือแบ่งปันภายในชุมชนหรือกลุ่มญาติพี่น้อง และ 2) เกษตรอินทรีย์ที่ได้รับรองมาตรฐานจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ

2) ด้านเศรษฐกิจ ต้นทุนการปลูกข้าวอินทรีย์ลดลง เนื่องจากไม่ได้มีการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีต่างๆ ซึ่งมีราคาที่สูงปรับเปลี่ยนมาใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยหมักที่ทำเอง จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่อง (Songmuang et al, 2008; Pestonji, 2015; Suwannakit & Prempre, 2016) พบว่า การปลูกข้าวอินทรีย์มีต้นทุนต่ำกว่าและมีผลตอบแทนที่มากกว่าข้าวที่ใช้สารเคมี เนื่องจากชาวนาให้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งราคาปุ๋ยอินทรีย์มีราคาที่ต่ำกว่าปุ๋ยเคมี

3) ด้านสิ่งแวดล้อม สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น โดยเกษตรกรอินทรีย์ช่วยฟื้นฟูปะบบนิเวศให้กลับคืนสู่สภาพสมดุล (Benchasri, 2010) ทำให้การปลูกข้าวอินทรีย์ง่ายขึ้น รวมทั้งการปลูก ดูแล เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ยุ่งยาก Tawintueng (2009) ระบุว่า การทำนาในระบบเกษตรอินทรีย์แบบประณีตมีการดูแลเอาใจใส่และปรับปรุงบำรุงดินเป็นอย่างดี จะให้ผลผลิตที่ยั่งยืนและสูงกว่าในระบบเกษตรเคมี

4) การได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตข้าวอินทรีย์ และได้รับข้อมูลข่าวสาร จากเจ้าหน้าที่รัฐอยู่เสมอ ทำให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตข้าวอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น สร้างความตระหนักให้เกษตรกรหันมาผลิตข้าวอินทรีย์และกระตุ้นให้เกิดการรวมกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเกษตรกรถึงการผลิตข้าวอินทรีย์ เกิดความร่วมมือของคนในชุมชน นอกจากนั้น เกษตรกรมีความคาดหวังในอนาคตว่าจะมีภาครัฐและเอกชนเข้ามาสนับสนุนช่วยเหลือให้กับกลุ่มที่ผลิตข้าวอินทรีย์ ขยายเครือข่ายในการผลิตข้าวอินทรีย์ สร้างตลาดเกษตรอินทรีย์ให้มากยิ่งขึ้น พัฒนาข้าวอินทรีย์สู่ตลาดระดับสากลได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันเกษตรกรผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อบริโภคเอง ขายผลผลิตกันในชุมชน ไม่ได้มีตลาดข้าวอินทรีย์ที่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kabbua (2009) ได้กล่าวว่า การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรของผู้ให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร ในด้านการตลาด ผลตอบแทน ด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wachirawongsakorn & Jamnongkarn (2022) ที่ระบุว่า การได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ เป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดที่มีผลต่อการตัดสินใจผลิตข้าวอินทรีย์ของชาวนาในจังหวัดพิษณุโลก

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษา มีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ สำหรับหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ยค่อนข้างมากอยู่ที่ 59.38 ปี ดังนั้น หน่วยงานรัฐควรมีกิจกรรมหรือนโยบายที่จะต้องมาพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ในภูมิสำเนา มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและในการพัฒนาผลผลิต การเข้าถึงเทคโนโลยีใหม่ๆ

2) เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาเกี่ยวกับแหล่งน้ำ ในการปลูกข้าวอินทรีย์ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการเข้ามาช่วยเหลือและพัฒนาแหล่งน้ำที่จะเก็บไว้ใช้ในการปลูกข้าวเวลาเกิดภัยแล้งในอนาคต

3) เกษตรกรส่วนใหญ่สามารถปลูกข้าวอินทรีย์ได้ด้วยตนเอง แต่ยังไม่สามารถพัฒนาได้ด้านการตลาด การนำผลผลิตไปจำหน่ายสู่ท้องตลาด ไม่มีแหล่งตลาดที่แน่นอนให้กับเกษตรกร เกษตรกรเลยเน้นที่จะผลิตเพื่อบริโภคมากกว่าการผลิตเพื่อจำหน่าย ดังนั้น หน่วยงานรัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องควรมีการเข้ามาช่วยพัฒนาหาแหล่งจำหน่ายที่แน่นอน การสนับสนุนการพัฒนาตลาดท้องถิ่น การสร้างเครือข่ายผู้ซื้อและผู้บริโภค เพื่อขยายตลาดข้าวอินทรีย์ รวมทั้งการรับประกันราคาผลผลิตข้าวอินทรีย์ให้ต่างจากข้าวทั่วไป เพื่อพัฒนาข้าวอินทรีย์ให้มีมาตรฐานมากยิ่งขึ้นทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์ ทั้งการแปรรูป การบรรจุภัณฑ์ ควรมีการดำเนินงานการพัฒนาร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมการข้าว กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน สำนักงานพาณิชย์จังหวัด มาให้ความรู้ในการพัฒนาให้ครบทุกองค์ประกอบ

เอกสารอ้างอิง

- Benchasri, S. (2010). Organic Agriculture in Thailand. *Thaksin University Journal*, 13(1), 78-88. (in Thai).
- Bureau of Agricultural Economic Research. (2022). *Situation of Important Agricultural Products and Trends in 2023*. Office of Agricultural Economics. (in Thai).
- Chaiubon, A., Wiseansat, A., & Pensuk, V. (2020). Factors influencing on decision making of organic, good agricultural practice or chemical rice cultivation for farmers in Ban Non-Sok-Dao subdistrict, Numsung district, Udon Thani Province. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, 8(2), 201-215. (in Thai).
- Chantarasuwan, S., & Buatuan, S. (2004). *Statistics for Social Science Research*. Faculty of Humanities and Social Sciences, Khon Kaen university. (in Thai).
- Kabbua, Ch. (2009). *Factors Affecting Farmers' Decision on Organic Agricultural Project Participation in Mae-Tha Sub District, Mae-on district, Chiang Mai*. Thesis of Master of Science in Agricultural Extension. Maejo University. (in Thai).
- Kanlaya Vanichbuncha. (1997). *Statistical Analysis: Statistics for Decision Making*. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Khon Kaen Rice Seed Center. (2020). *Organic Rice Production Data, Khon Kaen Province*. Khon Kaen Rice Seed Center. (in Thai).
- Pestonji, Ch. (2015). *The Study of the Concept and Comparative of Performances between Organic and Chemical Rice Farming in the Satuek District, Buriram Province*. A thesis for the degree of Master of Management Technology. Suranaree University of Technology. (in Thai).
- Pipitkun, K. (2020). Organic Agriculture, Way to Sustainable Agricultural Society: Organic Rice Development Strategy. *Neu Academic and Research Journal*, 10 (1), 116-130. (in Thai).
- Rice Department. (2018). *Implementation Manual for the Organic Farming Project, Promoting Organic Rice Production, Year 2018*. Rice Department. (in Thai).
- Rice Department. (2020). *Organic Rice Producers Group Information, Organic Rice Production Promotion Project*. Retrieved from <http://www.ricethailand.go.th/ricemarket/index.php/3-gap>. (in Thai).
- Saengsanga, T., & Rattana, T. (2018). Evaluation of organic rice production capacity of farmers: A case study of Krabuanyai sub-district, Phimai district, Nakhon Ratchasima. *Academic Journal Uttaradit Rajabhat University*, 13(2), 53-63. (in Thai).
- Songmuang, J., Chaipruet, S., & Orachunlertmaitree, S. (2008). *A Comparison of Costs and Returns of Organic and Chemical Rice Cultivation of Farmers in Lam Luk Ka District Pathum Thani Province*. Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
- Suwanakit, Ch., & Prempre, K. (2016). The comparison of cost and returns between organic rice farming and chemical rice farming. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 9(2), 519-526. (in Thai).
- Tawintueng, N. (2009). Long term effect of organic agricultural (Organic rice) on soil fertility and plant nutrients balance as compared to conventional agriculture. Research report. Thailand Research Fund. (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).

ผลของ NAA ร่วมกับ TDZ ต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล

Effect of NAA and TDZ on *In Vitro* Plantlet Induction of *Cryptocoryne Wendtii* “Brown”

วิมลมาศ บุญมี¹ อัจฉรี เรืองเดช^{2*} บุพผา จงพัฒน์² นงนุช เลหาวิชอุทธิ์² และ สมเกียรติ สีสอนง³
Wimonmat Boonmee¹, Uscharee Ruangdej^{2*}, Buppha Jongput², Nongnuch Laohavisuti² and Somkiat Seesanong³

Received date: 3 มิ.ย. 66 Revised date: 21 ธ.ค. 66 Accepted date: 4 ม.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.015>

บทคัดย่อ

ใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล เป็นพรรณไม้น้ำสวยงามสายพันธุ์ต่างประเทศที่สามารถขยายพันธุ์จนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปริมาณยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อน โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนตายอดของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล ลงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 mg/L ร่วมกับ thidiazuron (TDZ) ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 mg/L เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 2 mg/L มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล โดยสามารถชักนำให้เกิดจำนวนต้นอ่อน (67.92 ± 19.61 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น) จำนวนใบ (67.42 ± 19.46 ใบ/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น) และความสูงต้น (28.65 ± 1.55 มิลลิเมตร/ต้น) เฉลี่ยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลในอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสม จะสามารถเพิ่มปริมาณและเจริญเติบโตได้ดีภายในระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตพรรณไม้น้ำให้ได้คุณภาพและทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้

คำสำคัญ: สารไทเดียซูรอน กรด1-แนฟทาไลน์แอซิดิก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล

Abstract

The exotic aquatic plant, *Cryptocoryne wendtii* “Brown”, can develop into an economic crop with a continually increasing export value. Thailand is unable to produce to meet the demand. Therefore, this experiment aimed to study the optimum concentrations of growth regulators on plantlet induction. The sterile apical bud was cultured on semi-solid MS media (Murashige and Skoog, 1962) supplemented with 1-naphthaleneacetic acid (NAA) at 0, 0.1, 0.2, 0.3 mg/L and thidiazuron (TDZ) at 0, 1, 2, 3 mg/L. In the sixth week, the semi-solid MS medium which contains 0.1 mg/L NAA and 2 mg/L TDZ showed the maximum new plantlets (67.92 ± 19.61 plantlets/explant), leaves (67.42 ± 19.46 leaves/explant) and height (28.65 ± 1.55 mm./plantlet), had the highest average significance ($P < 0.05$). Micropropagation of *C. wendtii* “Brown” in optimum culture medium could increase the volume within a shorter period and enhances the potential for quality and value-added to aquatic plant production.

Keywords: Thidiazuron (TDZ), 1-naphthaleneacetic acid (NAA), micropropagation, *Cryptocoryne wendtii* “Brown”

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

³ สำนักบริหารหลักสูตรสหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Biology, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

² Program in Fisheries Science. Division of Animal Production Technology and Fishery, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

³ Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author, E-mail: uscharee.ru@kmitl.ac.th

คำนำ

พรรณไม้น้ำสกุลใบพาย (*Cryptocoryne*) เป็นกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ใบพายศรีลังกาหรือน้ำตาล *C. wendtii* “Brown” เป็นสายพันธุ์หนึ่งในห้าของชนิด *C. wendtii* อยู่ในวงศ์ Araceae นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยสามารถขยายพันธุ์และเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้มาก และจากการที่พรรณไม้น้ำสกุลใบพาย นี้มีจุดเด่นที่มีรูปร่างสีสันทนแปลกตา (Figure 1) มีความทนทานสามารถปลูกประดับอยู่ในตู้ได้เป็นเวลานาน จึงเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมากกว่า 30 ประเทศ เช่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย ญี่ปุ่น อังการี แคนาดา ตุรกี นอร์เวย์ การ์ตา เป็นต้น จากข้อมูลสถิติชนิด ปริมาณและมูลค่าการส่งออก ของสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร พบว่าใน พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกพรรณไม้น้ำสกุลใบพาย เป็นอันดับที่ 6 ของพรรณไม้น้ำที่ส่งออกทั้งหมด เฉพาะที่มีใบรับรองสุขอนามัยพืช (Rodloy, 2020) ประกอบกับการผลิตพรรณไม้น้ำสกุลใบพายโดยการเพาะเลี้ยงเชิงการค้ายังมีปริมาณไม่เพียงพอ จึงมีการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (micropropagation) และกลายมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการขยายพันธุ์ โดยเฉพาะอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (media) ซึ่งความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ พรรณไม้น้ำต่างชนิดกันจะมีความต้องการธาตุอาหารที่ต่างกันด้วย ดังนั้นจึงมีการค้นคิดสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับชนิดของพรรณไม้น้ำ ซึ่งสูตรอาหารนั้นมีอยู่หลายสูตรแต่ที่นิยมใช้กันนั้นเป็นสูตร Murashige and Skoog (1962) และมีการเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโต หรือวิตามินเพิ่มไปในสูตรอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชักนำให้เกิดอวัยวะต่าง ๆ ของพรรณไม้น้ำ

สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (plant growth regulators) ทำหน้าที่กระตุ้นและมีส่วนร่วมในกระบวนการต่าง ๆ ที่นำไปสู่การพัฒนาของเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ โดยการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตลงในอาหารมีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตหรือเกิดการพัฒนาของอวัยวะ (Jarassamrit, 1994) สารควบคุมการเจริญเติบโตที่สำคัญต่อการขยายพันธุ์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีหลายชนิด โดยเฉพาะ 1-naphthaleneacetic acid (NAA) อยู่ในกลุ่มออกซิน (auxins) ที่กระตุ้นให้เกิดการขยายตัวของเซลล์พืชช่วยให้เกิดราก และ thidiazuron (TDZ) เป็นสารสังเคราะห์ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนในกลุ่มไซโตไคนิน (cytokinins) มีหน้าที่ส่งเสริมการเจริญของใบ ยับยั้งการเจริญของราก เร่งขึ้นส่วนพืชให้เกิดยอด แต่ปริมาณที่ใช้สารน้อยกว่าไซโตไคนินชนิดอื่น ๆ (Barna & Wakhlu, 1995) ซึ่งสัดส่วนของฮอร์โมนแต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโตและการกำเนิดอวัยวะของเซลล์ที่เลี้ยง (Kaveeta, 2002)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำสกุลใบพาย Herath *et al.* (2008) พบว่าอาหาร MS ที่เติม NAA 0.1 mg/L ร่วมกับ 6-benzylaminopurine (BA) 5 mg/L สามารถเพิ่มต้นอ่อนของ *C. beckettii* และ *C. bogneri* ได้ 43.0 และ 51.8 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อ ตามลำดับ Pechkong *et al.* (2010) พบว่าการใช้ NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BA 3 mg/L สามารถเพิ่มต้นอ่อนของ *C. albida* มากที่สุดเท่ากับ 9.4 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อ ส่วนความเข้มข้นของ IBA 0.2 mg/L ร่วมกับ BA 0.5 mg/L ทำให้ *C. wendtii* “Green” เกิดต้นอ่อนได้ 9.4 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อ (Stanly *et al.*, 2011) ส่วนการเติม NAA 0.1 mg/L ร่วมกับ BA 5 mg/L ในอาหารสำหรับเลี้ยง *C. parva* และ *C. x willisii* พบว่าสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อน 4.3 และ 4.1 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อ (Boyasoda *et al.*, 2016) แต่ Klaocheed *et al.* (2020) พบว่า ใช้ BA 3.0 mg/L เพียงอย่างเดียว ทำให้ *C. wendtii* เกิดต้นอ่อน 16.2 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อ

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการศึกษาระดับความเข้มข้นของ NAA ร่วมกับ TDZ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้เกิดต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาหรือน้ำตาลโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ ซึ่งจะเป็นวิธีการขยายพันธุ์ให้สามารถเพิ่มจำนวนมาก และเจริญเติบโตได้ดีภายในระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตพรรณไม้น้ำให้ได้คุณภาพและทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้



Figure 1 *Cryptocoryne wendtii* “Brown”

วิธีการศึกษา

พรรณไม้น้ำที่ใช้ในการทดลอง

ต้นใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลในสภาพปลอดเชื้อ ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial experiment in CRD โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 mg/L และ TDZ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 mg/L ที่ใช้ร่วมกันในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ชุดการทดลองละ 12 ซ้ำ (replication)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

เตรียมอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ NAA และ TDZ ในลักษณะใช้ร่วมกัน ทั้งหมด 16 ชุดการทดลอง นำเนื้อเยื่อส่วนตายออกมาปลูกลงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตตามชุดการทดลองที่กำหนดไว้ ชุดการทดลองละ 12 ซ้ำ จากนั้นนำไปวางบนชั้นเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ ช่วงการให้แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 6 สัปดาห์ ได้แก่ จำนวนต้นอ่อน (นับจำนวนต้นอ่อนที่เกิดขึ้น) จำนวนราก (นับจำนวนรากที่เกิดขึ้น) จำนวนใบ (นับจำนวนใบที่เกิดขึ้น) และความสูงต้น (วัดจากใบที่สูงที่สุดจนถึงโคนต้นโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์) รวมทั้งถ่ายภาพการเปลี่ยนแปลงของชิ้นเนื้อเยื่อของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS FOR WINDOWS Version 16.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนตายอดของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS โดยการเติม NAA ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 mg/l ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 mg/l พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ TDZ มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction) ต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.0000; Table 1, Figure 2 and 3) ซึ่งชุดการทดลองที่เติม NAA 0.1 mg/l ร่วมกับ TDZ 2 mg/l สามารถทำให้เกิดจำนวนต้นอ่อนมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ($P \leq 0.05$) โดยมีจำนวนต้นอ่อนเฉลี่ยเท่ากับ 67.92 ± 19.61 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น (Figure 4)

Table 1 Effects of NAA, TDZ and interaction of NAA×TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” growth at the sixth week of culture as P value

Factor	Shoot number (number/explant)	Leaf number (number/explant)	Plant height (mm)	Root number (number/explant)
NAA	0.0295	0.0110	0.0168	0.0000
TDZ	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NAA×TDZ	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000

P values are not significantly different at $P \geq 0.05$ level

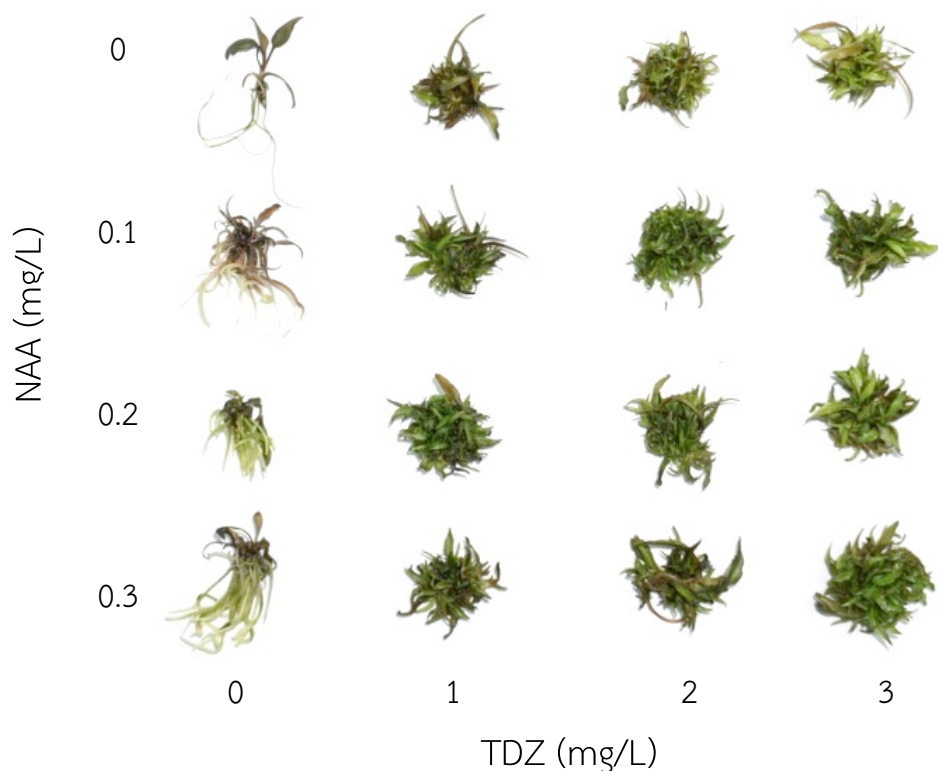


Figure 2 Effects of NAA and TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” growth at the sixth week of culture.

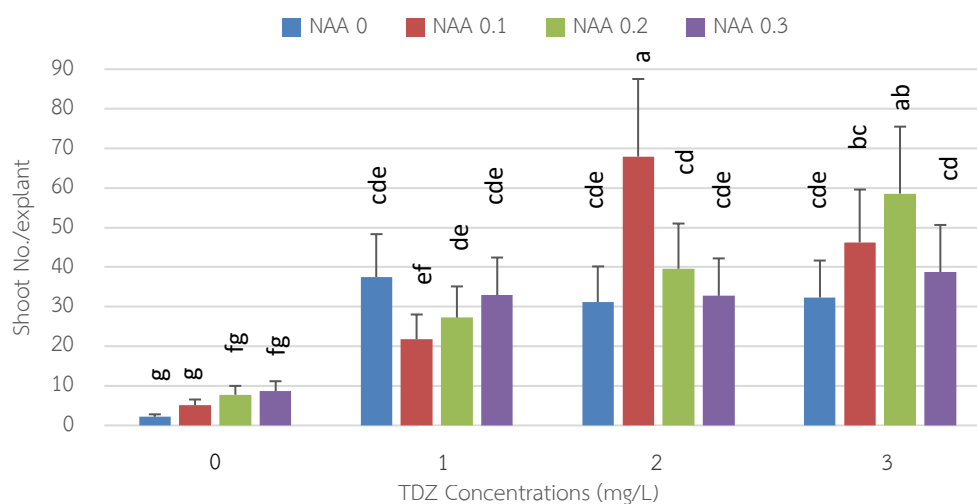


Figure 3 Effects of NAA and TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” shoot number at the sixth week of culture.

The data represent the mean $\pm$ SE indicated by same letters are not significant by DMRT ($P > 0.05$).



Figure 4 Shoot produced in apical bud of *Cryptocoryne wendtii* “Brown” on MS medium containing 0.1 mg/l NAA and 2 mg/l TDZ.

ผลของ NAA ร่วมกับ TDZ ต่อจำนวนใบของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ TDZ มีอิทธิพลร่วมกันต่อการชักนำให้เกิดใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.0006; Table 1, Figure 2 and 5) ในชุดการทดลองที่เติม NAA 0.1 mg/l ร่วมกับ TDZ 2 mg/l และ NAA 0.2 mg/l ร่วมกับ TDZ 3 mg/l สามารถทำให้เกิดการแตกใบใหม่มากที่สุด ($P \leq 0.05$) มีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 67.42 และ 70.33 ใบต่อชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น

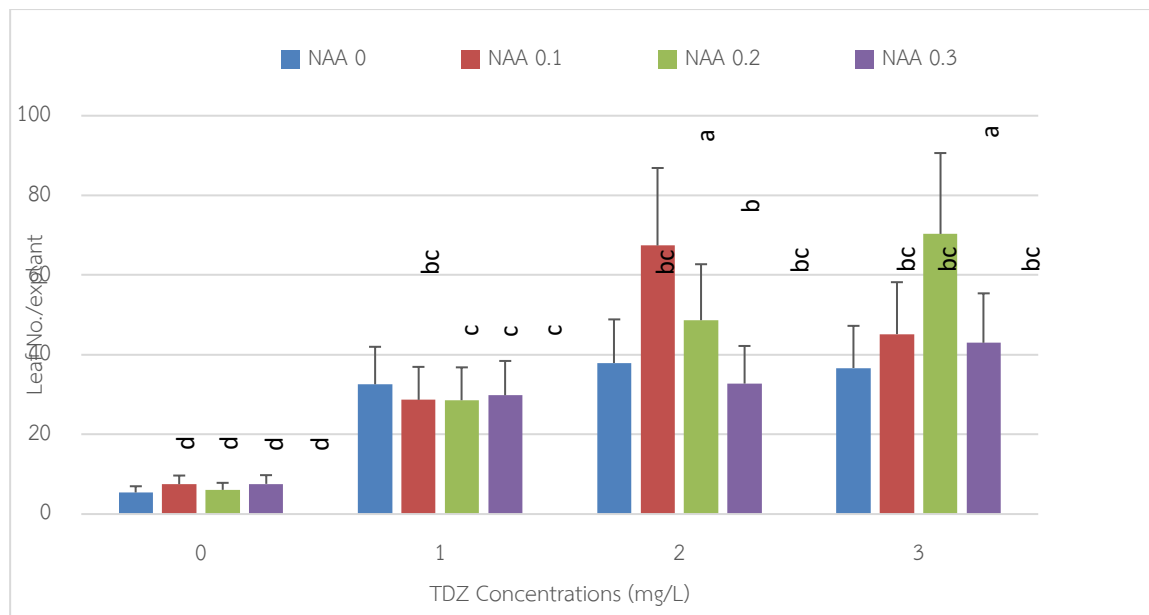


Figure 5 Effects of NAA and TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” leaf number at the sixth week of culture.

The data represent the mean $\pm$ SE indicated by same letters are not significant by DMRT ($P > 0.05$).

ผลของ NAA ร่วมกับ TDZ ต่อความสูงต้นของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ TDZ มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสูงต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.0000; Table 1, Figure 2 and 6) ซึ่งชุดการทดลองที่เติม NAA 0.1 mg/l ร่วมกับ TDZ 2 mg/l และ NAA 0.2 mg/l ร่วมกับ TDZ 3 mg/l ทำให้ความสูงต้นมากที่สุด ($P \leq 0.05$) โดยมีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 28.65 และ 26.75 มิลลิเมตร/ต้น

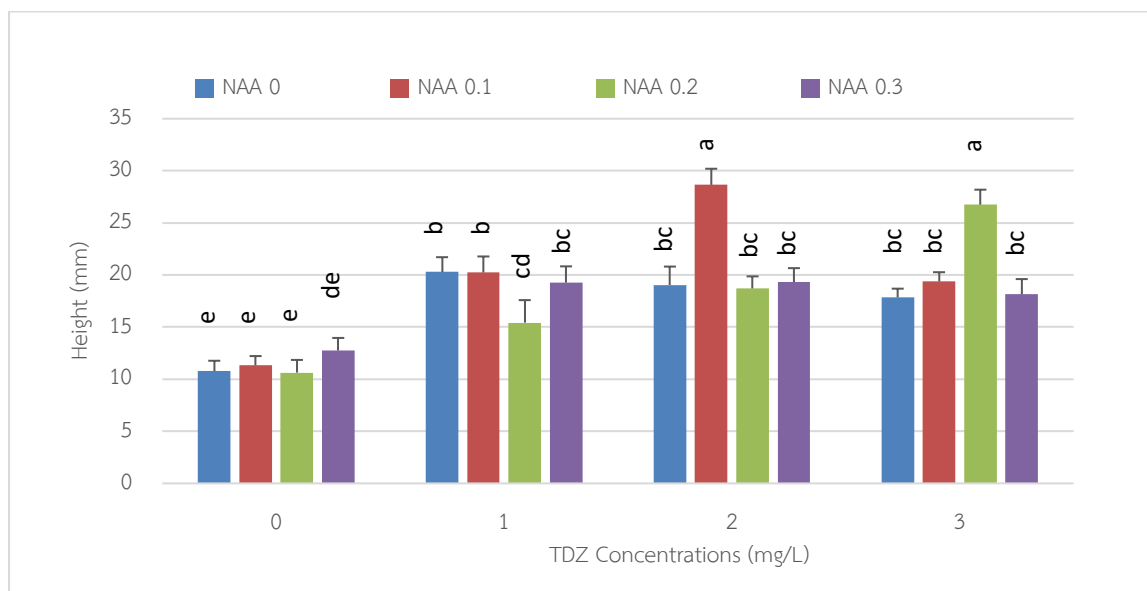


Figure 6 Effects of NAA and TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” height at the sixth week of culture.

The data represent the mean $\pm$ SE indicated by same letters are not significant by DMRT ($P > 0.05$).

ผลของ NAA ร่วมกับ TDZ ต่อจำนวนรากของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ TDZ มีอิทธิพลร่วมกันต่อการชักนำให้เกิดรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.0000$; Table 1, Figure 2 and 7) การเติม NAA ในอาหาร กิ่งแข็งสูตร MS เพียงอย่างเดียวสามารถชักนำให้เกิดรากมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติม NAA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

โดยชุดการทดลองที่เติม NAA 0.3 mg/l มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 34.25 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น (Figure 8) แต่ชุดการทดลองที่เติม TDZ ส่งผลให้จำนวนรากลดลงตามความเข้มข้นของ TDZ ที่เพิ่มขึ้น

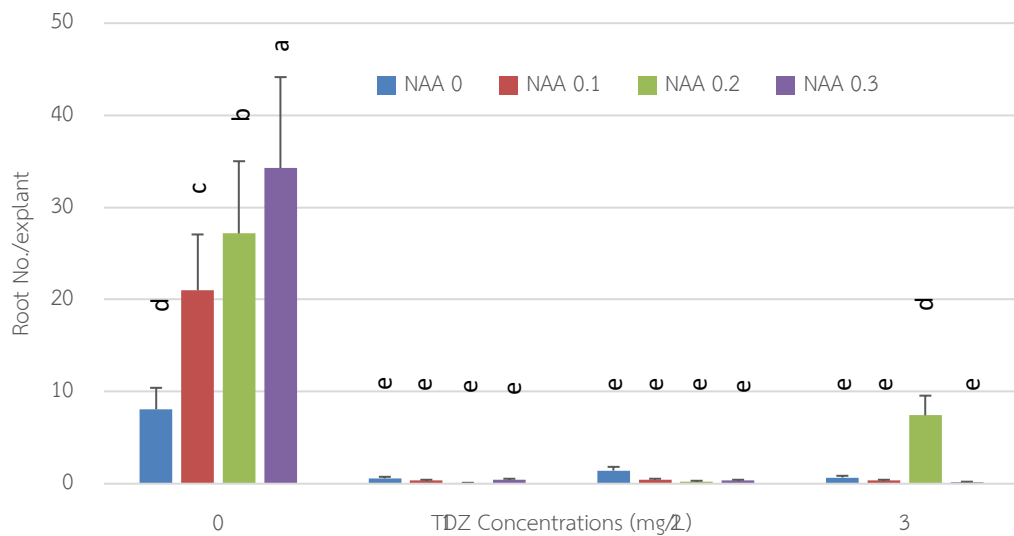


Figure 7 Effects of NAA and TDZ on *Cryptocoryne wendtii* “Brown” root number at the sixth week of culture.

The data represent the mean $\pm$ SE indicated by same letters are not significant by DMRT ($P > 0.05$).



Figure 8 Roots produced in apical bud of *Cryptocoryne wendtii* “Brown” on MS medium containing 0.3 mg/L NAA and 0 mg/L TDZ.

จากการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ TDZ มีอิทธิพลร่วมกันในการชักนำให้เกิดต้นอ่อน แตกใบใหม่ และความสูงต้นจากชิ้นเนื้อเยื่อส่วนตาข้างของใบพายศรีลังกาสีน้ำตาลในอาหารสังเคราะห์สูตร MS กล่าวคืออาหารสูตร MS ที่เติม NAA 0.1 mg/L ร่วมกับ TDZ 2 mg/L และ NAA 0.2 mg/L ร่วมกับ TDZ 3 mg/L มีผลต่อการเพิ่มจำนวนต้น จำนวนใบ และความสูงต้นมากกว่าอาหารในชุดการทดลองอื่น ($P < 0.05$) โดยมีจำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย 58.58 และ 67.92 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น, จำนวนใบเฉลี่ย 67.42 และ 70.33 ใบ/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น และความสูงต้นเฉลี่ย 28.65 และ 26.75 มิลลิเมตร/ต้น (Table 1) สอดคล้องกับรายงานการทดลองของ Soontornyatara & Klammorn (2020) ที่เพาะเลี้ยงโกลนีมา *Aglaonema simplex* พรรณไม้น้ำในวงศ์ Araceae พบว่าเมื่อเติม NAA ความเข้มข้น 0.25 mg/L ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 2.5 mg/L สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อน (4.49 ต้น) ความสูงต้น (1.60 cm) ภายในเวลา 8 สัปดาห์ และสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนต้นแรกได้ภายใน 8.5 วัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญขึ้นอยู่กับส่วนของออกซินกับไซโตไคนินเป็นตัวกำหนด (Jarassamrit, 1994; Kaveeta, 2002)

จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า TDZ ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน (cytokinin) เมื่อเติมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สามารถกระตุ้นให้เกิดต้นอ่อน ใบใหม่ และความสูงได้มากกว่าอาหารที่ไม่เติม TDZ เนื่องจากฮอร์โมนในกลุ่มไซโตไคนินมีหน้าที่ในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ และลำต้นมีการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น Techapinyawat, 1995) เช่นเดียวกับรายงานการทดลองของ Klomkamhaeng *et al.* (2019) ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อตายอดของอนุเบียงสคอนเจนซิส *Anubias congensis* พรรณไม้น้ำในวงศ์ Araceae พบว่าอาหารที่เติม TDZ ความเข้มข้น 2 mg/L ชักนำให้เกิดยอด (5.40 ยอด/ชิ้นเนื้อเยื่อ) และใบมากที่สุด (7.30 ใบ/ชิ้นเนื้อเยื่อ) แต่การใช้ TDZ มีข้อจำกัดคือต้องคำนึงถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดจำนวนยอดที่งอกขึ้นอย่างรวดเร็ว (Jarassamrit, 1994; Kaveeta, 2002) จากผลการทดลองครั้งนี้ไม่ส่งผลให้

เนื้อเยื่อใบพายศรีลังกาเกิดความผิดปกติ ซึ่งผลการทดลองแตกต่างจากพืชในวงศ์เดียวกัน ได้แก่ งานทดลองของ El-Mahrouk *et al.* (2016) ได้ พบว่าเกิดการบวมบริเวณฐานของยอดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Aglaonema* 'Valentine' ในอาหารมี TDZ 2 mg/l หน้าวัว *Spathyphyllum cannifolium* มีลักษณะใบที่แคบลงจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยอาหารที่มี TDZ 0.5 – 1.8 mg/l (Dewir *et al.*, 2018) และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Philodendron cannifolium* ด้วยอาหาร MS ที่มี TDZ .0.05 - 1.00 mg/l ทำให้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ลดลงจนทำให้เซลล์เนื้อเยื่อตาย (Han & Park, 2008) Dewir *et al.* (2018) กล่าวว่า การใช้ TDZ ในการชักนำให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อและยับยั้งการเพิ่มจำนวนต้นอ่อน เนื่องมาจากการใช้ความเข้มข้นของ TDZ มากเกินไป หรือเกิดจากการใช้ TDZ เป็นระยะเวลาจนกระทั่งถึงระยะการพัฒนารูปแบบต่างๆ ของพืช

จากผลทดลองพบว่า การเติม NAA ลงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ทุกระดับความเข้มข้นมีบทบาทกับรากโดยตรง คือ กระตุ้นให้เนื้อเยื่อเริ่มต้นส่วนตาด้านข้างมีจำนวนรากเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากการเติม NAA ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดรากมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 7) โดย NAA 0.3 mg/L มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 34.25 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Klaocheed *et al.* (2020) ศึกษาการใช้ NAA ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 mg/l เพื่อชักนำให้เกิดรากในใบพายศรีลังกา *Cryptocoryne wendtii* พบว่าจำนวนรากเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ NAA จากการทดลองในกลุ่มพืชที่อยู่ในวงศ์ Araceae ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ *Philodendron bipinnatifidum* (Alawaadh *et al.*, 2020) *Aglaonema commutatum* (Aldeen & Abd El-Aal *et al.*, 2021) จากการทดลองเห็นได้ว่าการเติม NAA ร่วมกับ TDZ มีผลทำให้การเกิดรากลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ การเติม NAA เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการเติม TDZ มีผลยับยั้งต่อการเกิดของราก (Kaveeta, 2002) สอดคล้องกับรายงานการทดลองของ Te-chato *et al.* (2006) ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นหน้าวัว *Anthurium* sp. พืชในวงศ์ Araceae พบว่าการเติม TDZ ลงในอาหารเพาะเลี้ยง ทำให้ชิ้นเนื้อเยื่อของต้นหน้าวัวมีการเจริญของรากลดลงเมื่อระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้น เช่นเดียวกับรายงานการทดลองของ Klomkamhaeng *et al.* (2019) ที่พบว่าในอาหารที่เติม TDZ มีผลทำให้อนุเป็ยสคอนเจนซิส *A. congensis* เกิดรากน้อยกว่าอาหารที่ไม่เติม TDZ กล่าวคือ TDZ เป็นสารที่มีผลต่อการเจริญและพัฒนาในส่วนต่างๆ ของพืชในความเข้มข้นที่ต่ำ เมื่อเทียบกับสารตัวอื่นๆ ในกลุ่มไซโตไคนิน TDZ สามารถชักนำให้เกิดยอดจำนวนมาก และการเกิดแคลลัสขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ขึ้นส่วนพืช และชนิดของพืช การออกฤทธิ์ของ TDZ ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเข้มข้นของสารกลุ่มออกซิน เมื่อสาร 2 ชนิดรวมกันส่งผลต่อการตอบสนองภายในเซลล์พืชสูงขึ้น การใช้ TDZ สูงเกินไป ทำให้ความแข็งแรงของยอด การเกิดราก และการพัฒนาเป็นส่วนต่างๆ ของพืชลดลง (Chouychai, 2009) ดังที่พบจากการทดลองนี้

สรุปผลการศึกษา

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.1 และ 2 กับ 0.2 และ 3 mg/L มีความเหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์ใบพายศรีลังกาสีน้ำตาล เนื่องจากทำให้ได้ต้นอ่อนเป็นจำนวนมากและต้นมีขนาดใหญ่ โดยมีจำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย 58.58 และ 67.92 ต้น/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น จำนวนใบเฉลี่ย 67.42 และ 70.33 ใบ/ชิ้นเนื้อเยื่อเริ่มต้น และความสูงต้นเฉลี่ย 26.75 และ 28.65 มิลลิเมตร/ต้น เพื่อให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ดังนั้นระดับของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่และแนะนำให้ใช้คือ NAA 0.1 mg/L ร่วมกับ TDZ 2 mg/L

เอกสารอ้างอิง

- Alawaadh, A. A., Dewir, Y. H., Alwihibi, M. S., Aldubai, A. A., El-Hendawy, S., & Naidoo, Y. (2020). Micropropagation of lacy tree philodendron (*Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl.). *HortScience*, 55(3), 294-299.
- ALdeen, A. M. T., & Abd El-Aal, M. S. (2021). Enhancement of *Aglaonema commutatum* propagation using thidiazuron and naphthalene acetic acid in Vitro. *Lond. J. Med. Health Res*, 21, 7-14.
- Barna, K. S., & Wakhlu, A. K. (1995). Effects of thidiazuron on micropropagation of rose. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 31, 44-46.
- Boyagoda, D. T. K., Jayamanne, S. C., & Herath, H. M. I. (2016). Development of micropropagation protocols for two different *Cryptocoryne* species in Sri Lanka (*Cryptocoryne parva* and *Cryptocoryne xwillisii*). In *Proceedings of the 6th Research Symposium of Uwa Wellassa University*, p. 3. UWU Publication.
- Chouychai, W. (2009). Role of thidiazuron for plant tissue culture. *Journal of Yala Rajabhat University*, 4, 123-135. (in Thai).
- Dewir, Y. H., Nurmansyah, N., Naidoo, Y., & Teixeira da Silva, J. A. (2018). Thidiazuron-induced abnormalities in plant tissue cultures. *Plant Cell Rep*, 37, 1451-1470.
- El-Mahrouk, M. E., Dewir, Y. H., & Naidoo Y. (2016). Micropropagation and genetic fidelity of the regenerants of *Aglaonema* 'Valentine' using randomly amplified polymorphic DNA. *HortScience*, 51, 398-402.
- Han, B. H., & Park, B. M. (2008). In vitro micropropagation of *Philodendron cannifolium*. *Journal of Plant Biotechnology*, 35, 203-208.
- Herath, H. M. I., Krishnarajah, S. A., & Wijesundara, D. S. A. (2008). Micropropagation of two endemic threatened *Cryptocoryne* species of Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research & Extension*, 11, 19-24.
- Jarassamrit, N. (1994). *Plant Hormones and Plant Growth Regulators*. Green Fence Publisher. (in Thai).
- Kaveeta, R. (2002). *Plant Tissue Culture: Principle and Techniques*. Kasertsart University Publishing. (in Thai).
- Klaocheed, S., Jehsu, W., Choojun, W., Thammasiri, K., Prasertsongskun, S., & Rittirat, S. (2020). Induction of direct shoot organogenesis from shoot tip explants of an ornamental aquatic plant, *Cryptocoryne wendtii*. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 17(4), 293-302.
- Klomkamaeng, C., Laohavisuti, N., & Jongput, B. (2019). Micropropagation of *Anubias congensis* by using thidiazuron (TDZ). *King Mongkut's Agricultural Journal*, 37(4), 642-647. (in Thai).
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.
- Pechkong, S., Sumanojitraporn, S., & Makkasap, C. (2010). *Surface Sterilization Study and Growth Regulators Effect in Tissue Culture of Aquatic Plant Cryptocoryne albida*. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Department of Fisheries. Technical Paper No. 9/2010. (in Thai).
- Rodloy, A. (2020). *Marketing and Production Management of Aquatic Plants in Thailand for Exported and Sustainable Use of Resources*. Inland Aquaculture Research and Development Division, Department of Fisheries, Technical Paper No. 2/2020. (in Thai).
- Soontornyatara, S., & Klammorn, P. (2020). Effect of different combinations of NAA and TDZ for shoot induction in vitro culture of *Aglaonema simplex* (Blume) Blume. *Acta Horticulturae*, 1298, 485-490.
- Stanly, C., Bhatt, A., & Keng, C. L. (2011). An efficient in vitro plantlet regeneration of *Cryptocoryne wendtii* and *Cryptocoryne beckettii* through shoot tip culture. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 619-624.
- Techapinyawat, S. (1995). *Plant Physiology*. Green Fence Publisher. (in Thai).
- Te-chato, S., Susanon, T., & Sontikun, Y. (2006). Cultivar explant type and culture medium influencing embryogenesis and organogenesis in *Anthurium* spp. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 28, 717-722.