



Online ISSN : 2773-9627

Print ISSN : 1685-8379

PRAWARUN

Vol. 20 No. 2 / DECEMBER 2023

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand

วารสาร เกษตรพอพระคุณ

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 ธันวาคม 2566



คณะกรรมการกองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยต่างประเทศ
 - 1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany
 - 1.2 Associate Professor Dr. J.T. Thomas Faculty of Veterinary Medicine, Department of Farm Animal Health, Utrecht University the Netherlands

2. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยอื่นในประเทศไทย
 - 2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.2 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชดตระกูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 - 2.3 รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 2.4 รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
 - 2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีชัย คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2.7 รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. อตถพร รุ่งสิทธิชัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เยื้องกลาง คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
 - 2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เขาว์เครือ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
 - 2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียรสุวรรณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - 2.12 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 2.13 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชณี นามมาตย์ สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 - 3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงค์ ณ อยู่ธยา บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีการอาหาร
 - 3.2 อาจารย์ ดร.นิตติยา ด่านโอภาส บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาสัตวศาสตร์
 - 3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาประมง
 - 3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิชาพืชศาสตร์
 - 3.5 อาจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ไกรจักร แก้วพรม บรรณาธิการประจำบทความสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์
 - 3.6 อาจารย์ ดร.อุตร จิตจักร บรรณาธิการประจำบทความสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ การเกษตร
 - 3.7 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร บรรณาธิการประจำบทความสาขาบริหารธุรกิจเกษตร
 - 3.8 อาจารย์ ดร.วิรุณ โมนะตระกูล บรรณาธิการประจำบทความสาขานวัตกรรมเทคโนโลยี เครื่องจักรกล

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------------|
| 4. ฝ่ายจัดการงานวารสารเกษตรพระวรุณ | |
| 4.1 อาจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ | ผู้จัดการวารสาร (Journal Manager) |
| 4.2 อาจารย์วีระเดช โชนสันเทียะ | ผู้พิสูจน์อักษร (Proofreader) |
| 4.3 อาจารย์ ดร.พุทชาติ อิ่มใจ | ผู้ออกแบบกราฟฟิก (Graphic Designer) |
| 4.4 อาจารย์ ดร.มนันยา นันทสาร | ทรรุณูการวารสาร |
| 4.5 นางสาวศรีัญญา ภูหัวไร่ | ผู้ช่วยทรรุณูการวารสาร |
| 4.6 นายธรรมชาติ แสงนิล | บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor) |
| 4.7 นางสาวชยาภัย ฤทธาพรหม | บรรณาธิการฝ่ายผลิต (Production Editor) |

กำหนดเผยแพร่	ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม
เครดิตภาพ	อาจารย์ ดร.พุทชาติ อิ่มใจ
สำนักงาน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
โทรศัพท์/โทรสาร	043 - 725439
อีเมล	prawarun.j@rnu.ac.th
เว็บไซต์วารสารเกษตรพระวรุณ	https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrnu/index



QR Code วารสารเกษตรพระวรุณ

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

คำนำ

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

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

สำหรับวารสารปีที่ 20 (Volume 20) ฉบับที่ 2 (Number 2) นี้ประกอบด้วยบทความวิจัย (Research Articles) จำนวน 22 บทความ จากหลากหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง โดยมีกำหนดการเผยแพร่ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2566 ผ่านวารสารตีพิมพ์ในรูปแบบเล่มวารสาร (ISSN 1685-8379) และเผยแพร่ออนไลน์ผ่านระบบ Thai Journal online (ThaiJO) (ISSN 2773-9627)

ทางกองบรรณาธิการเกษตรพระวรุณหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นส่วนกลางในการช่วยเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่และงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการเกษตรแก่ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้รับข้อมูลที่มีประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าและยั่งยืนต่อไป

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

VOL. 20 NO. 2 July – December 2023

ISSN 1685-8379

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Article)

- การออกแบบพัฒนาชุดต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่
ชลดดา ยอดยิ่ง, สมสุข ไตรศุภกิตติ, ลุตฟี ลือณี, และ กันตพงษ์ แซ่โล
Design and development of a prototype of a mobile rubber wood shredder system
Chonlada Yodying, Somsuk Trisupakitti, Lutfee Seuni and Kantapong Khaeso 1
- ผลการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาร์วา
ยุพรัตน์ อินบำรุง, อรพินท์ จินตสถาพร, ศรีน้อย ชุ่มคำ และ ศุภวิทย์ ไตรวุฒานนท์
Effect of dietary gamma-Aminobutyric acid supplementation on white leg shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) growth and postlarvae quality
Yuparat Inbumrung, Orapint Jintasatapom, Srinoy Chumkam and Supawit Triwutanon 10
- ผลของสารสกัดจากพริกต่อคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส
สุวัชชัย มิสนา, นีรมล ศรีชนะ, กิตติพงษ์ ชูจิตร และ วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์
Inhibitory effect of chili pepper extracts on xanthine oxidase activity
Suwatchai Misuna, Niramol Srichana, Kittipong Choojit and Wimonnan Pongpatrakant 21
- การใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่เป็นอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่าชี้วัดในเลือดของ
ไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด
สนทยา มุลศรีแก้ว, อีร์พงษ์ ใจชาณสุขกิจ, ศรีณย์ นิมเชื้อ และ ชุศักดิ์ พูลมา
The use of Riceberry broken rice as feed on egg production, egg quality and blood
parameters of laying hen raised in open houses
Sonthaya Moonsrikaew, Teerapong Jaichansukkit, Saran Nimchue and Chusak Pulmar 29
- แผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน
ติณห์ บุญมี, ปณณวัชร วิโนทกะ, จิรวัช จิรวุฒิวงศ์ชัย, นิเทศร์ ศรีเมือง และ เกยูร ดวงอุปมา
Sound-absorbing pad from sunflower seed shells
Tin Boonmee, Punnawat Winotaka, Jirawat Jirawutiwongchai, Nithet Srimueang
and Keyoon Duanguppama 37

บทความวิจัย (Research Article)

- **การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์**
นิมิตร วงศ์สุวรรณ และ สุพัตรา ชาวกงจักร์
Integrated fertilizer management for yield improvement and cost cutting of cassava production in Kalasin Province
Nimit Wongsuwan and Supatra Chawkongjuck

42
- **ผลของการใช้แหนแดงในวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด**
ธีธัญรัตน์ พรหมดอนยาง, ปริญญา แข็งขัน และ เอกรินทร์ สารีพัฑ
Effects of Azolla microphylla in medias on growth and yield of lettuce
Thanyarat Promdonyang, Parinda Khaengkhan and Eakrin Sareepua

50
- **การศึกษาชนิดของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโจก (*Cyclocheilichthys enoplos*) ในลุ่มแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย**
รัชนีกรณ์ มาพะเนา, อาภากร สกุลสถาพร, วุฒิ รัตนวิชัย และ เหล็กไหล จันทะบุตร
A study on feeds and feeding behaviour of soldier river barb (*Cyclocheilichthys enoplos*) in the Mekong Basin, Nong Khai Province
Ratchaneegorn Mapanao, Arpakorn Sakulsathaporn, Wutti Rattanaichai and Leklai Chantabut

58
- **ความหลากหลายชนิดและการกระจายปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก**
เสถียรพงษ์ ขาวหิต, ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์, ลดา มัทธูรส, ดุญฉณภรณ์ ขาวหิต และ มนต์รี พิมพีใจ
Species diversity and distribution of fish in Nakhon Nayok river, Nakhon Nayok Province
Satienpong Khowhit, Narongrit Lahpun, Lada Mathurasa, Doonnaput Khowhit and Montree Pimjai

67
- **ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมหญ้ายางหลังงอก**
จิราพร โพธิ์งาม และ นิตยา วานิกอร์
Efficacy of plant extracts for post-emergent painted spurge (*Euphorbia heterophylla* L.) control
Jiraporn Phongam and Nittaya Wanikorn

77
- **ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสารสกัดสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตปริมาณ สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของกัญชา**
กษิด์เดช อ่อนศรี, เกศินี ศรีปฐมกุล, กัญตนา หลอดทองกลาง, ธีระเดช ภัทรภิญโญกุล และ วิศรุฒ นาจธศิลงมงคล
Effect of vermicompost extracts, chelate and seaweed extract on growth, antioxidant activity and total phenolic compound content of cannabis
Kasideth Onsri, Kesinee Sripathomkul, Kantana Lodthonglang, Teeradach Phatharapinyokul and Wisarut Natthasinmongkhon

84
- **ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอลในข้าวไทยบางชนิด**
วีระชาติ นันทะเวช, สำราญ พิมราช และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์
Effects of germination time on total phenolic content, antioxidant activity and phytosterol of some Thai rice cultivars
Weerachart Nantawetcht, Sumran Pimratch and Pornpisanu Thammapat

92

บทความวิจัย (Research Article)

- การเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ไก่เบตงกับไก่
 ประดู่หางดำ และไก่คออ่อนภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย 160
ครวญ บัวศิริ และ ปิยะนันท์ นวลหนูปลั่ง
 The comparison of production performance carcass characteristic and meat chemical
 composition of Betong chicken with Pradu-Hangdum chicken and Naked-Neck chicken
 under the semi free range system
Kruan Buakeeree and Piyanan Nualhnuplong
- ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชมอลลัสซิเดสเพื่อการควบคุมหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) 167
ตริย์ วงษ์ศิริ, อภิญญา โชติญาโณ และ รัชดาภรณ์ เบญจวัฒน์นานนท์
 The efficiency of molluscicidal plant extracts for controlling of golden apple snails
 (*Pomacea canaliculata*)
Trai Wongsiri, Apinya Chotiyano and Rachadaporn Benchawattananon
- การตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์มจากฟันสุนัขด้วยวิธี Congo red tube method และ tissue 177
 culture plate method
นพดล สมผล และ ธันิดา ศรีทาวงศ์
 Congo red, tube method and tissue culture plate method for detection of biofilm
 formation from canine teeth
Noppadon Somphol and Thanida Srihawong



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

บทความวิจัย

**การออกแบบพัฒนาชุดต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่
ขลด้า ยอดยิ่ง¹ สมสุข ไตรศุภกิตติ^{2*} ลุทธิ ลีอนิ³ และ กันตพงษ์ แซ่โล⁴**

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

³คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

⁴ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ข้อมูลบทความ

Article history
รับ: 30 พฤษภาคม 2566
แก้ไข: 22 มิถุนายน 2566
ตอบรับการตีพิมพ์: 29 มิถุนายน 2566
ตีพิมพ์ออนไลน์: 8 สิงหาคม 2566

คำสำคัญ

ยางพารา
ไม้ยางพารา
เชื้อเพลิงไม้ยางพารา
เครื่องสับไม้
ระบบสับย่อยไม้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่ ลักษณะชุดใบมีดสับเป็นระบบสับย่อยไม้แบบกรงกระรอก พร้อมทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง ได้แก่ ความเร็วรอบการสับ 4 ระดับ คือ 1000 2000 3000 และ 4000 รอบต่อนาที (คิดเป็นความเร็วเชิงเส้นที่ 20.90 41.90 62.80 และ 83.70 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ ทำการทดสอบกับเศษไม้ยางพาราที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งและเหลือทิ้งในแปลง บันทึกข้อมูลลักษณะทางกายภาพบางประการของไม้ยางพารา ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 4.41 ± 0.53 เซนติเมตร ที่ความชื้นไม้ 30.00 ± 1.76 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก จากการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดอยู่ที่ 94.52 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นความสามารถในการทำงานของเครื่องสูงสุดเท่ากับ 3.51 ต้นต่อชั่วโมง (เฉลี่ยที่ 2.65 ต้นต่อชั่วโมง) มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ 28.33 บาทต่อตัน (น้ำมันดีเซลราคา 32.94 บาทต่อลิตร) ได้ไม้ยางพาราสับที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ได้จากการวัดขนาดแบบตะแกรง (Sieve analysis) เท่ากับ 4.03 ± 1.01 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นข้อมูลการทดสอบของปัจจัยความเร็วรอบการสับที่เหมาะสมของเครื่องที่ 3000 รอบต่อนาที เหมาะแก่การจัดการเศษไม้จากการร่วงหล่นหรือตัดแต่งกิ่งของไม้ยางพาราในสวนยางพารา ทำงานควบคู่กับรถบรรทุก เพื่อบรรจุและขนย้ายไปยังโรงงานที่ต้องการเชื้อเพลิงจากไม้ยางพาราได้อย่างทันห่วงที่

บทนำ

ยางพารา เป็นอุตสาหกรรมสำคัญในประเทศไทยและมีการเพาะปลูกมากมายในหลายพื้นที่ของประเทศ ตามรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2564 จำนวนพื้นที่สวนยางพาราในประเทศไทยมีจำนวนประมาณ 3.45 ล้านไร่ โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ของประเทศ เช่น จังหวัดสงขลา ยะลา นราธิวาส และสตูล อีกทั้งยังมีการเพาะปลูกสวนยางพาราในภาคกลางและภาคเหนือของประเทศเช่นกัน (Office of Agricultural Economics, 2021) โดยมีแผนที่จะปลูกยางพาราในประเทศไทย ดังแสดงใน Figure 1 (Wongsapai et al, 2020)

การเพาะปลูกยางพารายังเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในการส่งออกสินค้าของประเทศไทย โดยมีการส่งออกยางพาราไปยังหลายประเทศเช่น จีน มาเลเซีย อินเดีย และสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีปริมาณการส่งออกยางพาราของประเทศไทยประมาณ 4.39 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 93,590 ล้านบาท โดยมีประเทศจีนเป็นประเทศที่เป็นต้นสำคัญที่รับซื้อยางพาราจากประเทศไทย ซึ่งมีส่วนร่วมของปริมาณการส่งออกของยางพาราไปยังประเทศจีนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมด (Department of International Trade Promotion, 2021)

โดยมีการคาดการณ์การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารามีแนวโน้มที่สูงขึ้นในอนาคต ดังแสดงใน Figure 2 (SCB Economic Intelligence Center, 2016)

การเพาะปลูกสวนยางพาราในประเทศไทยมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของยางพารา พร้อมทั้งยังมีการพัฒนาสายพันธุ์ยางพาราใหม่ที่มีความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืชสูง และมีประสิทธิภาพการผลิตที่สูงกว่าสายพันธุ์เดิม (Kanchana et al., 2022; Rubber Authority of Thailand, 2020) นอกจากนี้ยังมีการตัดแต่งกิ่งต้นยางพารา ซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่สำคัญในการจัดการสวนยางพารา เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตยางพารา โดยการตัดแต่งกิ่งจะช่วยให้ต้นยางพาราสามารถสร้างยางได้มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีการไหลของน้ำมากขึ้น การตัดแต่งกิ่งต้นยางพารามีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ 1) วางแผนการตัดแต่ง การวางแผนการตัดแต่งเป็นการจัดทำแผนที่การตัดแต่งในแต่ละสวน โดยคำนึงถึงสภาพอากาศ การเปลี่ยนแปลงในปีก่อนหน้า และสภาพต้นยางพาราเอง เพื่อให้การตัดแต่งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การตัดแต่ง การตัดแต่งจะเริ่มต้นจากการตัดกิ่งที่ไม่สมบูรณ์และที่มี

*Corresponding author

E-mail address: somskrumu@gmail.com (S. Trisupakitti)

Online print: 8 August 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.21>

อาการเสียหาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นยางพาราสามารถสร้างน้ำยางได้มากขึ้น โดยมีการตัดกิ่งเล็ก ๆ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 เซนติเมตร และกิ่งใหญ่ ๆ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 3 เซนติเมตร ไม่นิยมต้นยางลงมาตัดแต่ง เพราะจะทำให้เปลือกแตกจนน้ำยางไหลหรือหักได้ และ 3) การดูแลหลังตัดแต่ง หลังการตัดแต่งเสร็จสิ้น จะต้องมีการเก็บกิ่งที่ถูกตัดแต่งออกมาและนำไปทำลายหรือใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ไม่เก็บไว้ในสวน เพราะจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสวน นอกจากนี้ยังต้องมีการดูแลรักษาต้นยางพาราโดยการตัดแต่งที่เหมาะสม เพื่อให้ต้นยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์และส่งผลผลิตที่มากขึ้น (Palm rubber, 2022; Somboonsuk & Pittayaphinan, 2021; SPICA, 2023) จากกิจกรรมดังกล่าว พบว่า เมื่อหลังการตัดแต่งกิ่งยางพาราแล้วจะมีส่วนของกิ่งก้าน และปลายยอดที่มีความยาวประมาณ 90-100 เซนติเมตร และ

เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร เหลืออยู่ในพื้นที่สวนยางพารา โดยปกติจะถูกทิ้งไว้รอวันย่อยสลายหรือทำการไถกลบเนื่องจากยุ่งยากต่อการขนย้ายและมีปริมาณมาก ซึ่งไม่ต่ำกว่า 2-3 ตันต่อไร่

การใช้เชื้อเพลิงจากไม้ เป็นวิธีหนึ่งในการผลิตพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับไม้ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การผลิตมีประสิทธิภาพและมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2017) โดยมีคุณลักษณะทางเคมีความร้อนของไม้ยางพารา เมื่อเทียบกับไม้สับโดยทั่วไป ที่มีการใช้งานในการผลิตไฟฟ้าในโรงงานไฟฟ้าชีวมวล ดังแสดงใน Table 1 (Kongto et al., 2021; Nam et al., 2020; Sarker & Nielsen, 2014; Shi et al., 2016)

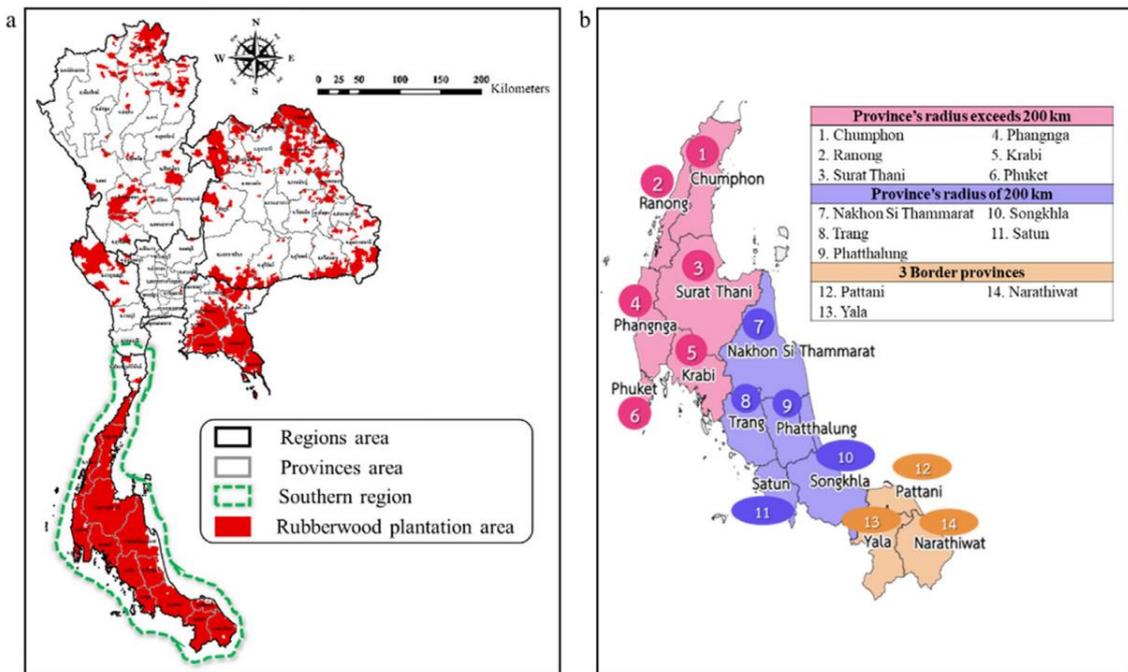


Figure 1 (a) Map of rubber cultivation in Thailand and (b) cultivation radius in the south.

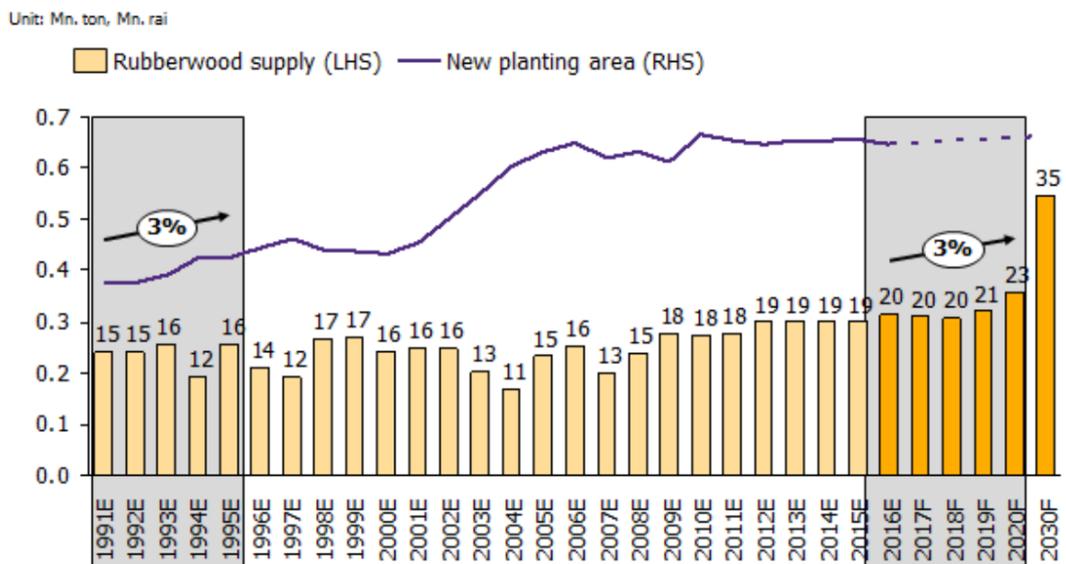


Figure 2 Expected trends in the production of rubber wood.

Table 1 Proximate and ultimate analysis of rubber wood and wood chips

Characterization	Rubber wood	Woodchip
Proximate Analysis		
Moisture	10-12 %	20-50 %
Volatile matter	78-80 %	70-85 %
Fixed carbon	17-19 %	2-12 %
Ash	0.5-1.5 %	0.5-5.0 %
Heating value	4,200-4,500 kcal/kg	3,000-8,500 kcal/kg
Ultimate analysis		
Carbon	49.5-51.5 %	45-50 %
Hydrogen	5.5-6.5 %	5-7 %
Nitrogen	0.2-0.3 %	0.1-0.5 %
Sulfur	<0.1 %	<0.1 %
Oxygen	42-44 %	35-40 %

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำส่วนของไม้ยางพาราที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งมาแปรรูปเป็นชิ้นขนาดเล็ก แต่ไม่เล็กจนเกินไป เนื่องจากว่าขนาดของไม้สับส่งผลต่อค่าความร้อน จากปริมาณพื้นที่ผิวที่มีอยู่และปริมาณของเนื้อไม้ โดยไม้ที่มีขนาดใหญ่และมีปริมาณเนื้อไม้มาก จะมีประสิทธิภาพในการเผาที่ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่มีขนาดเล็กและปริมาณเนื้อไม้ น้อย (Ragland et al., 1991) เพื่อให้เหมาะกับการเป็นเชื้อเพลิงแข็ง สามารถส่งขายไปยังโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานของหม้อไอน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งมีความต้องการสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่อุปสรรคอยู่ที่การขนย้าย เนื่องจากส่วนของไม้ยางพาราที่เหลือนั้น มีหลากหลายรูปทรงและขนาดที่หลากหลายแตกต่างกัน

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพารา ที่สามารถเคลื่อนย้ายเข้าไปปฏิบัติงานยังสวนยางพาราที่ได้รับการตัดแล้ว เพื่อแปรรูปส่วนของกิ่ง ก้าน และปลายยอด เป็นไม้สับขนาดประมาณ 3 ถึง 6 เซนติเมตร ซึ่งให้ง่ายต่อการขนย้ายไปยังโรงงานแปรรูปด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ เพิ่มความสะดวกและความรวดเร็วในการใช้งาน โดยมีปัจจัยศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบการสับ (รอบต่อนาที) 4 ระดับ โดยมีค่าชี้ผลคือ 1) ความสามารถในการทำงาน 2) ประสิทธิภาพในการสับ 3) พลังงานที่ใช้ และ 4) ขนาดของวัสดุ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประสิทธิภาพในการสับ

ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสับไม้ (Efficiency equation) สามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 1 (Kuhn & Medlin, 2000)

$$\text{Efficiency} = (\text{Output}/\text{Input}) \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่ Output คือ ปริมาณวัสดุที่ได้จากการสับ
Input คือ ปริมาณวัสดุที่ใช้ในการสับ

สมการนี้จะช่วยในการวัดประสิทธิภาพของเครื่องสับไม้ ว่ามีความสามารถในการทำงานเทียบกับปริมาณวัสดุที่ใช้ในการสับเท่าไร โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสับกับปริมาณวัสดุที่ใช้ในการสับ แล้วแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความสามารถของเครื่องสับไม้ได้อย่างชัดเจน

ขนาดของวัสดุ

สมการเฉลี่ยของขนาดของวัสดุ (Particle size) จะขึ้นอยู่กับวิธีการวัดขนาดและการแจกแจงของขนาดของวัสดุ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ การวัดขนาดแบบตะแกรง (Sieve analysis) และการวัดขนาดแบบฟอก (Sedimentation analysis) โดยสมการเฉลี่ยที่เลือกใช้ในการคำนวณขนาดเฉลี่ยของไม้สับ (Particle size) ของงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์แบบการวัดขนาดแบบตะแกรง จึงเลือกใช้คำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2 (ISO 3310-1, 2016; Terence, 1981)

$$D(\text{mm}) = (\sum(Ri^2 \times di)) / \sum(Ri^2) \quad (2)$$

โดยที่ D คือ ขนาดเฉลี่ยของวัสดุที่ผ่านรูตะแกรงในหน่วยมิลลิเมตร (mm)

Ri คือ น้ำหนักของขนาดต่าง ๆ ที่ผ่านรูตะแกรงในหน่วยกรัม (g)

di คือ ขนาดของวัสดุที่ผ่านรูตะแกรงในหน่วยมิลลิเมตร (mm)

ขั้นตอนการออกแบบ

ในการพัฒนาต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราชิ้นใหม่ เพราะต้องการใช้ต้นแบบระบบสับย่อยที่สามารถเข้าไปยังพื้นที่สวนยางพารา แต่โดยส่วนมากระบบที่มีจำหน่ายทั่วไป จะเป็นรูปแบบของระบบสับย่อยแบบจานหมุน ซึ่งมีต้นก้ำลำกิ่งขนาดเล็ก ถึง ขนาดกลาง อีกทั้งฟังก์ชันการใช้งานยังไม่ตรงตามความต้องการ โดยมีงานวิจัยของ Shahid et al. (2019) ที่ทำการออกแบบเครื่องสับไม้โดยมีต้นก้ำลำกิ่งเป็นรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ แต่เนื่องจากพื้นที่ที่ต้องการจะทำงาน ซึ่งเป็นสวนยางพาราที่มีระยะห่างระหว่างแถวไม่มากนัก จึงออกแบบคุณสมบัติที่ต้องการในการใช้งาน ได้แก่ 1) ระบบสับย่อยไม้แบบลากจูงเข้าไปในพื้นที่สวนยางพาราได้ 2) สามารถสับย่อยเศษไม้กิ่งยางพาราขนาดสูงสุด 4 ต้นต่อชั่วโมง และ 3) สามารถส่งเศษไม้หลังจากการสับย่อยขึ้นรถบรรทุกได้ทันที

ในการออกแบบระบบสับย่อยดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบระบบดึงไม้เข้าสู่ชุดใบสับ และชุดพาเศษไม้หลังจากผ่านการสับย่อยไปยังท่อนำเศษไม้ขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ โดยต้องมีความสูงของท่อนำไม้ต่ำกว่า 3 เมตร และระบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ซึ่งกัน

ผ่านชุดฟุ้งสายพานและฟู่ไล่ ดัง Figure 3

ทำการปรับการใช้เครื่องยนต์ให้มีขนาดกำลังมากขึ้น เพื่อรองรับแรงบิดและการต่อฟุ้งอุปกรณ์ขับเคลื่อนต่าง ๆ เพิ่มเติม ได้แก่ ชุดขับเคลื่อนระบบดึงไม้ ชุดสกรูพาเศษไม้ผ่านโบลว์เวอร์ติดไปยังท่อนำส่ง ดัง Figure 4 และ Figure 5

ทำการออกแบบระบบสับย่อยไม้แบบกรงกระรอกหมุน ขนาดจานหมุน 40 เซนติเมตร แบบ 4 ชั้น 5 ชั้น โดยมีใบมีดตัดทำด้วย

เหล็กกล้าเกรด S50C ชุบแข็ง จำนวน 24 ใบ เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับไม้ ดัง Figure 6 และหน้าตัดที่กว้างเพื่อเพิ่มกำลังผลิตได้ง่ายโดยมีหลายช่อง อีกทั้งการที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกรงกระรอกนั้นเล็กกว่าแบบจานมาก ส่งผลให้โมเมนต์ความเฉื่อยลดลง ลดภาระของเครื่องยนต์ทำให้การเพิ่มความเร็วรอบในการสับย่อยไม้ได้ง่ายขึ้น ในส่วนของขนาด Housing cover ของชุดสับจะมีขนาดเล็กลงทำให้กะทัดรัดขึ้น ดัง Figure 7

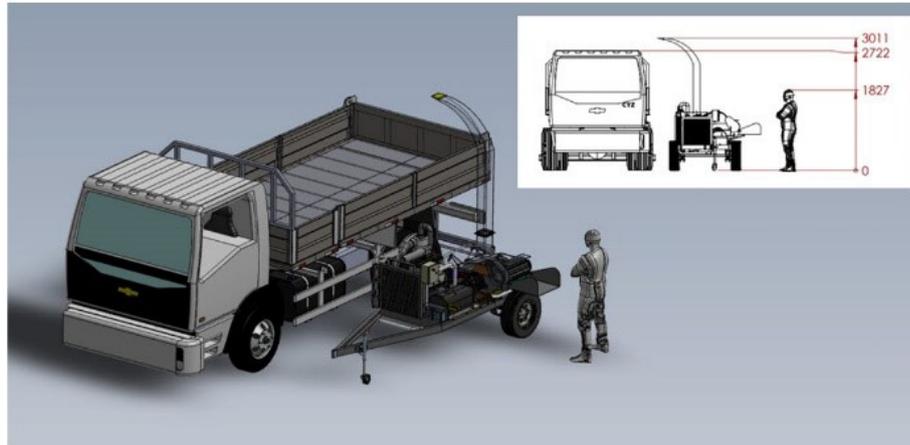


Figure 3 Characteristics of sending shredded wood chips to 6-wheel trucks

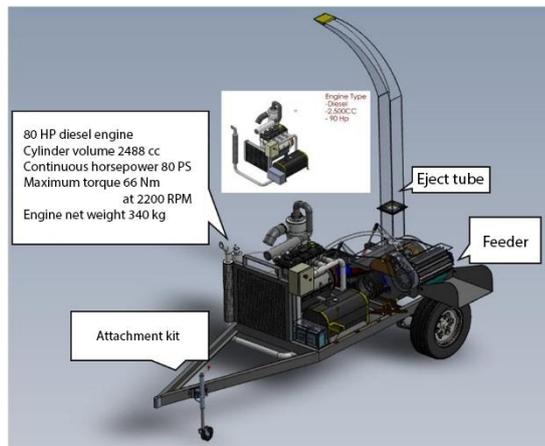


Figure 4 Preliminary drawings of the prototype system of the mobile rubber wood shredding system.

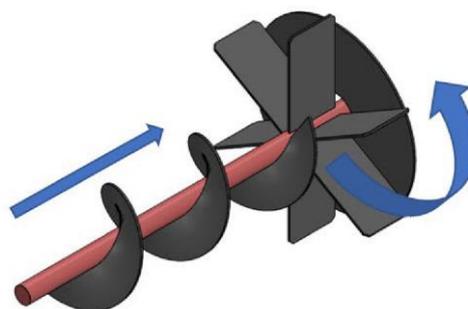


Figure 5 Preliminary drawing of the screw assembly to carry wood chips through the ejection blower to the delivery pipe.

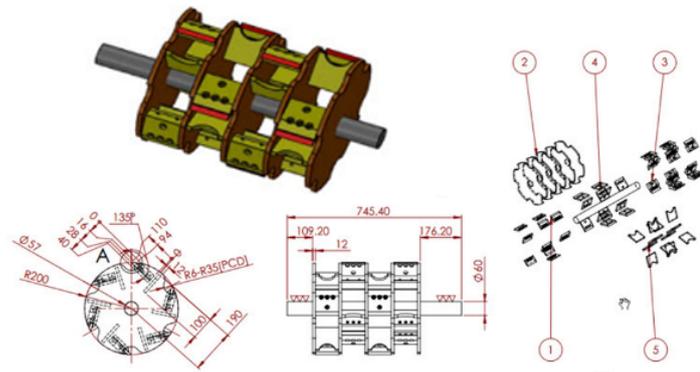


Figure 6 Preliminary drawings of a rotating squirrel-cage wood chipper set.

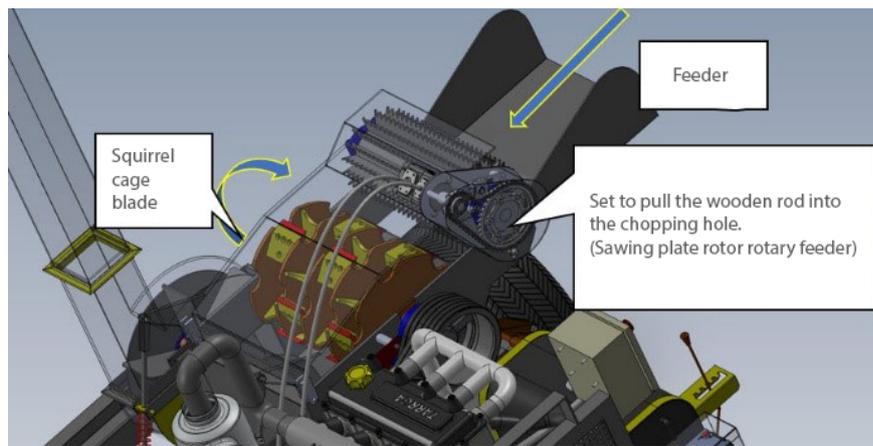


Figure 7 The preliminary drawing of the wood chip extraction unit into the shredding process



Figure 8 Prototype of mobile rubber wood shredder system.



Figure 9 Squirrel cage wood shredding system.

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการสร้างชุดต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่

เมื่อทำการออกแบบระบบต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่แล้วเสร็จ ได้ทำการดำเนินการสร้างเครื่อง โดยมีภาพรวมผลการสร้างเครื่อง ดัง Figure 8 โดยมีลักษณะของชุดระบบสับย่อยไม้แบบกรงกระรอก ดัง Figure 9

การทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง

การทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง โดยการทดสอบความเร็วรอบของการสับ (รอบต่อนาที) 4 ระดับ ได้แก่ 1000, 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที (คิดเป็นความเร็วเชิงเส้นที่ 20.9, 41.9, 62.8 และ 83.7 เมตรต่อวินาที) เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสับไม้ ความสามารถในการทำงาน การสิ้นเปลืองพลังงาน

และขนาดของวัสดุเฉลี่ยด้วยวิธีการ Sieve analysis โดยการเตรียมตัวอย่างไม้ยางพาราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.41 ± 0.53 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 20 ท่อน ซึ่งเป็นท่อนไม้ยางพาราหลากหลายช่วงอายุคละกัน ทำการบันทึกน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละแท่งก่อนการทดสอบ พร้อมทำการเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของท่อนไม้ ได้ผลการบันทึกข้อมูลลักษณะทางกายภาพของไม้ยางพารา ดังแสดงใน Table 2 การป้อนตัวอย่างเข้าในเครื่องทดสอบ ทำการป้อนท่อนไม้พาราตัวอย่าง 4 ท่อนพร้อมกัน เต็มพื้นที่หน้ากว้างการทำงาน เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่อง ได้ผลการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสม ดังแสดงใน Figure 10, 11 พร้อมมีการทดสอบขนาดอนุภาคเฉลี่ย ได้ข้อมูลการทดสอบดังแสดงใน Table

Table 2 Physical characteristics of Para wood

Physical appearance	Value
Diameter (cm)	4.41±0.53
Length (cm)	98.08±1.19
Weight per piece (kg)	2.05±0.42
Moisture (%w)	30.00±1.76

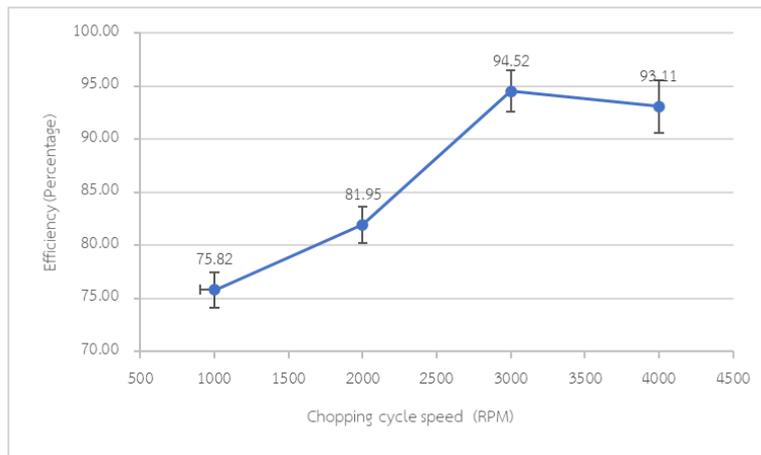


Figure 10 Relationship between chopping cycle speed and efficiency.

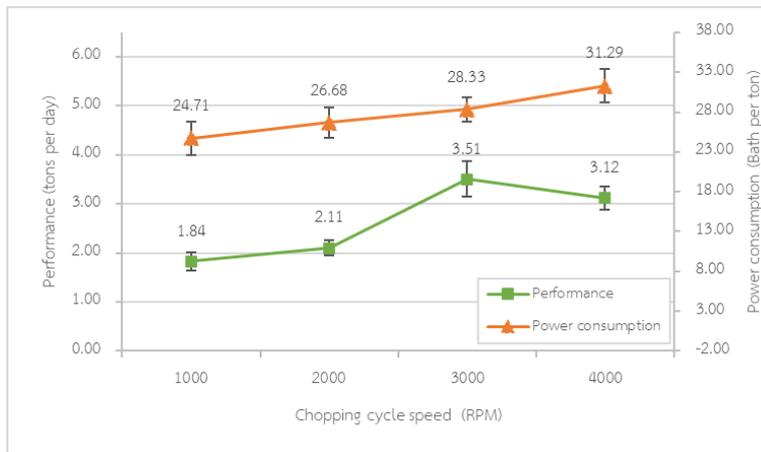


Figure 11 Relationship between chopper speed and performance and power consumption.

Table 3 Average particle test results

Chopping cycle speed (rpm)	Average particle size (mm)
1000	4.26±1.01
2000	4.07±1.02
3000	4.03±1.01
4000	3.83±1.01

จากการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบสับไม้ยางพาราเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบการสับ 4 ระดับ ได้แก่ 1000, 2000, 3000, และ 4000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นผลจากการปรับรอบเกียร์ทดของชุดเกียร์ต้นกำลัง ได้ความสามารถในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 1.84 ± 0.19^a , 2.11 ± 0.15^a , 3.51 ± 0.36^b และ 3.12 ± 0.24^b ต้นต่อชั่วโมง เมื่อทำการคือน้ำหนักของไม้สับที่ได้ในช่องทางออกเทียบกับน้ำหนักของไม้ที่ตกค้างในเครื่องหรือตกพื้นคิดเป็นน้ำหนักสูญเสีย จะได้ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 75.82 ± 1.65^a , 81.95 ± 1.69^b , 94.52 ± 1.96^c และ 93.11 ± 2.46^c เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณการเติมเชื้อเพลิงกลับเข้าไปในแต่ละปัจจัยทดสอบ คิดเป็นอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน 0.75 ± 0.06^a , 0.81 ± 0.06^{ab} , 0.86 ± 0.05^{ab} และ 0.95 ± 0.06^b ลิตรต่อต้น หรือ 24.71 ± 2.14^a , 26.68 ± 1.87^{ab} , 28.33 ± 1.50^{ab} และ 31.29 ± 2.07^b บาทต่อต้น (น้ำมันดีเซลราคา 32.94 บาทต่อลิตร) โดยแต่ละค่าซึ่งผลที่กล่าวมา มีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05 เมื่อทำการทดสอบหาค่าอนุภาคเฉลี่ย ด้วยวิธีการวัดขนาดแบบตะแกรง (Sieve analysis) ได้ผลขนาดอนุภาคเฉลี่ย เท่ากับ 4.26 ± 1.01 , 4.07 ± 1.02 , 4.03 ± 1.01 และ 3.83 ± 1.01 มิลลิเมตร ซึ่ง

เป็นข้อมูลการทดสอบของปัจจัยความเร็วรอบการสับ 1000, 2000, 3000, และ 4000 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แนวโน้มการทำงานจะดีขึ้น เมื่อความเร็วรอบใบมีดสับสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Manomai & Leakmuinwai (2020) ที่กล่าวไว้ว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อความสามารถในการย่อยไม้ที่สูงขึ้น แต่สำหรับเครื่องต้นแบบนี้จะสูงที่สุดที่ความเร็วรอบใบมีดสับ 3000 รอบต่อนาที เพราะเมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วรอบการสับที่ 4000 รอบต่อนาที ส่งผลให้ดัชนีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการสับ และความเร็วในการดึงท่อนไม้ยางพาราไม่สัมพันธ์กัน วัตถุประสงค์ที่ป้อนเข้าไปนั้นถูกสับจนละเอียดมากเกินไป ทำให้ตกหล่นและตกค้างที่ใต้ท้องเครื่อง ทำให้ผลผลิตที่ได้ในช่องทางออกนั้นลดลง ส่งผลถึงค่าประสิทธิภาพในการสับที่ลดลง

ความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการออกแบบและพัฒนาชุดต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่ เพื่อมาใช้ทดแทนแรงงานคนในการนำเศษไม้ที่เหลือจากการตัดไม้ยางพารามาสร้างมูลค่าเพิ่ม ได้ผลการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่จะเกิดขึ้น ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Calculation of the break-even point of the machine

Details	The pickup truck is equipped with a set of equipment
Production capacity	16.128 tons per day
Daily income (at the price of 1,000 baht per ton)	16,128 baht
Energy expenditure per day	750 baht
Transportation expenses per day	528 baht
Labor cost per day	900 baht
Average daily depreciation and maintenance	290 baht
Total expenses per day	2,468 baht
Net profit per day	13,660 baht
Net profit per month	300,520 baht
Net profit per year	3,606,240 baht

สรุปผลการวิจัย

ชุดต้นแบบระบบสับย่อยไม้ยางพาราเคลื่อนที่ สำหรับการเตรียมเชื้อเพลิงไม้ยางพาราสับ เมื่อทำการศึกษปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง ได้แก่ ความเร็วรอบการสับ (รอบต่อนาที) พบว่า เมื่อความเร็วรอบของใบมีดสับเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ต้นต่อชั่วโมง) สูงขึ้นตาม โดยมีค่าสูงสุดที่ 3.51 ต้นต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบการสับ 3000 รอบต่อนาที แต่เมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วรอบการสับที่ 4000 รอบต่อนาที กลับพบว่าความสามารถในการทำงานลดลง อันเนื่องมาจากด้วยความเร็วรอบการสับที่ 4000 รอบต่อนาที วัตถุประสงค์นั้นถูกสับจนละเอียดมากเกินไป ทำให้ตกหล่นและตกค้างที่ใต้ท้องเครื่อง ดังนั้นจึงควรปรับตั้งความเร็วรอบการสับอยู่ที่ 3000 รอบต่อนาที สำหรับเครื่องต้นแบบนี้ เหมาะแก่การจัดการเศษไม้จากการร่วงหล่นหรือตัดแต่งกิ่งของไม้ยางพารา ซึ่งมี

จำนวนมากในแต่ละแปลง สามารถทำงานควบคู่กับรถบรรทุก เพื่อบรรจุและขนย้ายได้อย่างทันทั่วถึง ช่วยลดขั้นตอนการดำเนินการ ลดระยะเวลาในการทำงาน รวมถึงลดการใช้แรงงานในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเทคโนโลยีที่ดี มีคุณภาพเหมาะสมในการใช้งาน ถือเป็น การเผยแพร่ความรู้และองค์ความรู้สู่ภาครัฐและเอกชนและผู้สนใจ เพื่อการพัฒนาศักยภาพในกระบวนการจัดการเศษไม้เหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางสังคม ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการวิจัยระดับสูงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย (ITAP) เครือข่ายมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนทุนวิจัยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

References

- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2017). *Thailand energy balance report*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from https://www.dede.go.th/download/state_61/Energy%20Balance%20of%20Thailand%202017.pdf (in Thai)
- Department of International Trade Promotion. (2021). *Rubber export statistics*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from https://www.ditp.go.th/contents_attach/730300/730300.pdf (in Thai)
- ISO 3310-1. (2016). *Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/62410/f6efb7c750854abe814e36892220eac7/ISO-3310-1-2016.pdf>
- Kanchana, S., Duatthaisong, K., & Wongphinit, P. (2022). The study factors affecting the quantity of para rubber production. *Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University*, 6(1), 39-46. (in Thai)
- Kongto, P., Palamanit, A., Chaiprapat, S., & Tippayawong, N. (2021). Enhancing the fuel properties of rubberwood biomass by moving bed torrefaction process for further applications. *Renewable Energy*, 170, 703-713. doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.012
- Kuhn, H., & Medlin, D. (2000). Mechanical Testing and Evaluation (Vol. 8). ASM Handbook. *International, Materials Park (OH) USA*.
- Manomai, A., & Leakmuinwai, R. (2020). Design and construction of a wood chipper. *Journal of Vongchavalitkul University*, 33(2), 86-94.
- Nam, N. H., Linh, V. N., Dung, L. D., & Ha, V. T. T. (2020). Physico-chemical characterization of forest and agricultural residues for energy conversion processes. *Vietnam Journal of Chemistry*, 58(6), 735-741.
- Office of Agricultural Economics. (2021). *Percentage of para rubber production: percentage and monthly output including countries, regions and provinces in 2020*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcai data/files/pencent%2064.pdf> (in Thai)
- Palm rubber. (2022). Principles of pruning and creating a rubber canopy. Accessed March 1, 2023. Retrieved from https://www.yangpalm.com/2022/08/blog-post_8.html. (in Thai)
- Ragland, K. W., Aerts, D. J., & Baker, A. J. (1991). Properties of wood for combustion analysis. *Bioresource Technology*, 37(2), 161-168. doi.org/https://doi.org/10.1016/0960-8524(91)90205-X
- Rubber Authority of Thailand. (2020). *Sustainable rubber plantation management plan*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from <https://www.raot.co.th/download/FSC/a03.pdf> (in Thai)
- Sarker, S., & Nielsen, H. (2014). Preliminary fixed-bed downdraft gasification of birch woodchips. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 2119-2126.
- SCB Economic Intelligence Center. (2016). *Thailand's rubberwood industry: a new rising star*. Accessed March 2, 2023. Retrieved from <https://www.scbeic.com/en/detail/product/2987> (in Thai)
- Shahid, L. A., Amjad, N., & Siddhu, M. A. H. (2019). Adaptation and performance evaluation of a tractor operated wood chipper shredder. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 32(1), 197-204. Accessed March 2, 2023. Retrieved from <https://www.cabi.org/gara/FullTextPDF/2019/20193133180.pdf>
- Shi, H., Si, W., & Li, X. (2016). The concept, design and performance of a novel rotary kiln type air-staged biomass gasifier. *Energies*, 9, 67. doi:10.3390/en9020067
- Somboonsuk, B., & Pittayaphinan, P. (2021). Livelihoods of rubber farming households under the rubber and fruit production system in Thung Noi community Khuan Kalong District, Satun Province. *Research and Development Journal Suan Sunandha Rajabhat University*, 13(2), 134-155. (in Thai)
- SPICA. (2023). Tree Pruning: Things You Should Remember. Accessed March 1, 2023. Retrieved from <https://www.gardenthailand.com/content/5348> (in Thai)
- Terence, A. (1981). *Particle size measurement*. Accessed March 1, 2023. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4899-3063-7>
- Wongsapai, W., Achawangkul, Y., Thepsaskul, W., Daroon, S., & Fongsamootr, T. (2020). Biomass supply chain for power generation in southern part of Thailand. *Energy Reports*, 6, 221-227.

Research article

Design and development of a prototype of a mobile rubber wood shredder system

Chonlada Yodying¹ Somsuk Trisupakitti^{2*} Lutfee Seuni³ and Kantapong Khaeso⁴

¹Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province 44000

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

³Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang District, Yala Province 95000

⁴Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kean University, Muang District, Khon Kaen Province 40000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 30 May 2023

Revised: 22 June 2023

Accepted: 29 June 2023

Online published: 8 August 2023

Keyword

Rubber

Rubber wood

Rubber wood fuel

Wood chipper

Wood shredding system

ABSTRACT

The purpose of this research is designing and establishing a prototype of a mobile rubber wood shredding system. The study involved examining the characteristics of a set of chopper blades in a squirrel cage wood shredding system and testing various factors of the machine. These factors included the chopping speeds, which were tested at four levels: 1000, 2000, 3000, and 4000 revolutions per minute (representing linear speeds of 20.9, 41.9, 62.8, and 83.7 metres per second) respectively. Rubber trees obtained from pruning and leftover wood in the plantation area were used as raw materials. The physical characteristics of the rubber wood were recorded, including a diameter of 4.41 ± 0.53 cm and a wood moisture content of 30.00 ± 1.76 percent (wet base). After testing the various factors of the machine, it is determined that the maximum efficiency achieved was 94.52 percent, representing a maximum capacity of the machine equal to 3.51 tonnes per hour (with an average of 2.65 tons per hour). The energy consumption rate is measured at 28.33 Thailand Baht per tonne (diesel fuel at 32.94 Thailand Baht per litre). The average particle size obtained from the sieve analysis was 4.03 ± 1.01 mm, which was the test data for the optimal chopping speed factor of the machine at 3000 rpm. This speed is found to be suitable for handling wood chips from fallen or pruned rubber trees in rubber plantations. The system works in conjunction with a lorry to pack and transport the wood chips to factories requiring fuel from shredded rubber wood in a timely manner.

*Corresponding author

E-mail address: somskrmu@gmail.com (S. Trisupakitti)

Online print: 8 August 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.21>



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

บทความวิจัย

ผลการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาร์วา

ยุพรัตน์ อินบำรุง¹ อรพินท์ จินตสถาพร^{1*} ศรีน้อย ชุ่มคำ² ศุภวิทย์ ไตรวุฒานนท์³

¹ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180

³คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 19 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 14 สิงหาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 19 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 4 กันยายน 2566

คำสำคัญ

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก

กุ้งขาวแวนนาไม

ระยะโพสลาร์วา

คุณภาพลูกกุ้ง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ระดับ 0, 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสำเร็จรูป ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา PL9-PL25 ผลการวิจัย พบว่า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ได้จากพืช มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* AHPND ได้ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารกุ้ง พบว่า กุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL25 มีการเจริญเติบโต ความยาวลำตัว 15.75 ± 0.95 มิลลิเมตร และน้ำหนักตัว 0.028 ± 0.00 กรัม และมีระดับคุณภาพที่ 95.67 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการรอดตายมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 89.96-93.91 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการรอดตายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความทนทานต่อฟอร์มาลิน มีค่าอยู่ในช่วง 98.33-99.67% และไม่พบการติดเชื้อก่อโรคตายด่วนและโรคซีขาว แต่พบการติดเชื้อไมโครสปอริเดีย (*Enterocytozoon hepatopenaei*, EHP) ดังนั้น การเสริมด้วยกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มคุณภาพของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา และส่งเสริมความทนทานต่อความเครียดในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความทนทานต่อฟอร์มาลิน โดยยังคงมีคุณภาพสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แม้อยู่ภายใต้สภาวะการติดเชื้อ EHP

บทนำ

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์น้ำที่มีการพัฒนาสายพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีช่วงความเค็มกว้าง ปัจจัยที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ประสบผลสำเร็จ ได้แก่ คุณภาพของลูกพันธุ์ อาหาร และการจัดการฟาร์ม ซึ่งแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ในช่วงที่ผ่านมามีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมประสบกับภาวะการเกิดโรค ในช่วง 10-14 วันแรกของการลงเลี้ยงในบ่อดิน (Munkongwongsiri et al., 2013) แนวทางในการลดความเสี่ยงจากสถานการณ์นี้ คือ การเลือกใช้ลูกพันธุ์ที่ปลอดโรคและมีคุณภาพ จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคระหว่างเลี้ยงได้ หากมีการจัดการฟาร์มอย่างเหมาะสม หรือแม้แต่การเติมหรือเคลือบสารบางชนิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคลงในอาหารกุ้ง เช่น วิตามินซี กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก และสมุนไพรรักษา เป็นต้น เพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตของกุ้งดีขึ้น และลดสภาวะความเครียดที่ทำให้กุ้งอ่อนแอเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ระหว่างการอนุบาลในอัตราความหนาแน่นสูง (Puycha & Tanee, 2014) ในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเสริมบางชนิดในอาหารสำหรับ

การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เช่น วิตามินซี ที่ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้กระเทียม พบสารสำคัญจำพวกกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยังมีสารอัลลิซิน (allicin) และสารอะโจอิน (ajoene) ที่มีฤทธิ์ในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส (Thawonsuwan et al., 2010; Chirawithayaboon et al., 2020) และการใช้กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก ที่มีคุณสมบัติเป็นสารธรรมชาติ เนื่องจากส่วนใหญ่พบได้ในพืช และยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาจากจุลินทรีย์ได้ (Jorgensen, 2005; Jannoey et al., 2010) ซึ่งมีความปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ ต่อสภาพแวดล้อม และต่อผู้บริโภค ทั้งยังมีคุณสมบัติของสารสำคัญจำพวกฟลาโวนอยด์ ในการช่วยลดสารอนุมูลอิสระที่เป็นพิษ โดยยับยั้งความผิดปกติของสารสื่อประสาทอันเกิดจากความเครียด ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อให้ผลิตฮอร์โมนช่วยในการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มความอยากอาหาร การกินอาหาร (Wu et al., 2016) การนำสารอาหารไปสะสมในเนื้อเยื่อหรือเซลล์ต่าง ๆ เป็นการเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย บำรุงหรือลดการทำลายตับและตับอ่อนเมื่อเกิดความเครียด ยังช่วยให้ลูกกุ้งสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความทนทานต่อฟอร์มาลิน

*Corresponding author

E-mail address: fforisa@ku.ac.th (O.Jintataporn)

Online print: 4 September 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.22>

อย่างฉับพลันได้ (Xie et al., 2017) และยังเพิ่มการสร้างกลูตามีน (Zhang et al., 2021) ทั้งยังควบคุมพลังงานให้สมดุลอยู่เสมอ (Van den Pol, 2003) กระตุ้นภูมิคุ้มกัน สามารถทนทานต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงได้ (Liang et al., 2022) สามารถควบคุมสภาวะน้ำตาลในเลือดได้ และในกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก พบสารไตรเทอร์พีนไกลโคไซด์ (triterpene glycosides) ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและยีสต์ได้ (Abdel-Naime et al., 2019) และยังสามารถใช้ทดแทนการใส่ยาปฏิชีวนะได้อีกด้วย (Bae et al., 2022)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระดับที่แตกต่างกันในอาหาร ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย คุณภาพลูกกุ้ง ความสมบูรณ์ของตัว ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความทนทานต่อฟอร์มาลินอย่างฉับพลันของลูกกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพลูกกุ้งให้ดีขึ้น และสามารถต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* AHPND ในช่วงเดือนแรกของการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา (PL9) ฟาร์มเอกชน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
อาหารทดลอง

อาหารกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา เป็นอาหารเม็ดชนิดจมเชิงการค้า ที่มีความเข้มข้นโภชนะระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 39 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก

ชนิดที่ 1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก

ชนิดที่ 2 เป็นสมุนไพรผสมของพืชจำพวก Hawthorn กลุ่ม Valerian และพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ฮ็อพ (Hops) พืชในวงศ์กัญชา (Cannabaceae) และสะระแหน่ (Lemon balm)

การทดลองที่ 1. การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรค โดยศึกษากรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก และสารสกัดจากพืช

ดำเนินการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกด้วยวิธี DPPH radical scavenging, ABTS assay, Ferrous ion chelating activity และ Folin-Ciocalteu method (Dinis et al., 1994; Manok & Limcharoen, 2015; Srimoon & Niyomwan, 2021) และศึกษาการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio harveyi*, *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus agalactiae* โดยวิธี agar disc diffusion (Khan et al., 2007) อ่านผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณวงใสที่ไม่มีอาการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (inhibition zone) โดยวัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ระดับแตกต่างกันในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 39 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารชนิดเกล็ดจมเชิงการค้า คลุกผสมกับกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง และมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งได้จากการทดลองที่ 1 โดยคลุกผสมที่ระดับความเข้มข้น 0 (อาหารกลุ่มควบคุม) 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วเคลือบด้วยพุลลูแลน (pullulan) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมยึด (adhesive property) ได้ดี แผ่นฟิล์มของพุลลูแลนสามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์กับตัวอาหารได้ (Farris et al., 2014) เคลือบในอัตราส่วน 20 มิลลิกรัมต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม นำไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะ PL13 ที่ผ่านการปรับสภาวะแล้ว จำนวน 20,000 ตัวต่อบ่อ จำนวน 9 บ่อ ขนาดบ่อ 2x2x1 เมตร ปริมาตร 2,000 ลูกบาศก์เมตร ให้อาหารวันละ 6 ครั้ง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอนของเสียทุกวัน ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL9 (ก่อนการทดลอง) PL13 (เริ่มการทดลอง) และ PL25 (สิ้นสุดการทดลอง) เก็บข้อมูลการเติบโตและอัตราการรอดตาย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างลูกกุ้งจำนวน 100 ตัว มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว และสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 20 ตัว วัดความยาว (total length) ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ เพื่อหาความยาวเฉลี่ย (Department of Fisheries, 2018)

เก็บข้อมูลสุขภาพเพื่อวิเคราะห์คุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ทำการทดสอบความทนทานต่อความเครียด โดยการแช่น้ำจืด สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 100 ตัว มาแช่น้ำจืด ทั้งไว้ 30 นาที แล้วทำการตรวจนับการรอดตายของลูกกุ้ง พิจารณาตามเกณฑ์ของกรมประมง ระบุว่าลูกกุ้งที่แข็งแรง สามารถปรับสมดุลของแร่ธาตุได้ ควรมียอัตรการรอดตายไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และทดสอบการแช่ฟอร์มาลิน สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 100 ตัว มาแช่น้ำฟอร์มาลินความเข้มข้น 100 ส่วนในพันส่วน ทั้งไว้ 30 นาที แล้วตรวจนับการรอดตายของลูกกุ้ง พิจารณาตามเกณฑ์ประเมินของกรมประมงที่ระบุไว้ว่า ลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่มีความแข็งแรงทางสรีระในการปรับตัวต่อความเครียดที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ควรมียอัตรการรอดตายไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ดัดแปลงตามวิธี ชริมพิไปโอเทค (Ruchirawat & Vaikrudha, 2003) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างลูกกุ้งจำนวน 20 ตัว ทำการตรวจให้คะแนนความสมบูรณ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า (10X) แบ่งออกเป็นจำนวนกรี ความยาวตัว ความสมบูรณ์ของรยางค์ ปรสิตรภายนอก อัตราส่วนเนื้อต่อลำไส้ (M:G ratio) ปริมาณเม็ดไขมันในตับและความสมบูรณ์ของตับลูกกุ้ง สรุปผลการให้คะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ มาตรฐานการยอมรับ สำหรับขั้นตอนการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ควรมีคะแนนการตรวจตั้งแต่ 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (Department of Fisheries, 2018)

ทดสอบคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไมด้วยวิธีทางอนุชีววิทยา โรคที่ตรวจวินิจฉัย ได้แก่ โรคตายด่วน (Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome, AHPND) โรคตัวแดงดวงขาว (white spot syndrome virus, WSSV) (Department of Fisheries, 2018) โดยนำตัวอย่างลูกกุ้งไม่น้อยกว่า 150 ตัว ตัดส่วนหัวออก เพื่อแยกส่วนตากุ้งซึ่งมีสารยับยั้งปฏิกิริยา PCR ทำการบดให้ละเอียด ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม นำไปสกัดสารพันธุกรรม โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป DNAzol® Reagent แล้วจึงนำมาตรวจด้วยเทคนิค nested PCR โดยใช้ primer 2 คู่ (Songkhla Aquatic Animal Health Research Center, 2018) ตรวจสอบการติดเชื้อไมโครสปอริเดียม (*Enterocytozoon hepatopenaei*, EHP) นำเฉพาะส่วนตับ/ตับอ่อน โดยเฉพาะในตำแหน่งที่อยู่ติดกับกระเพาะอาหาร วางบนแผ่นสไลด์ หยดน้ำกลั่น 1 หยด ปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ลักษณะสปอร์ของ EHP จะมีรูปร่างกลม และรูปร่างคล้ายรีกบี่ มีขนาด 1-2 ไมโครเมตร ซึ่งต้องใช้กำลังขยาย 1000 เท่า (1000x) (Department of Fisheries, 2018)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ได้จากวิธี DPPH radical scavenging, ABTS assay, Ferrous ion chelating activity และ Folin-Ciocalteu method มาเปรียบเทียบกับความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี independent sample T-test และนำข้อมูลเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้ค่าสถิติ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1. การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ของกรดแกมมาอะมิโน บิวทีริก 2 ชนิด คือ ผลิตรกษณ์ที่ได้จากการหมักของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก และสารสกัดจากพืช

จากผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกด้วยวิธี DPPH, ABTS, Ferrous ion chelating activity และ Folin-Ciocalteu (Table 1) พบว่ากรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 2 ซึ่งเป็นผลิตรกษณ์จากพืช มีความเข้มข้นที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC₅₀) เท่ากับ 0.359±0.32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยค่า IC₅₀ แปรผกผันกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แสดงว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 2 จากพืช สูงกว่ากรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 1 ที่ได้จากกรหมักของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่า IC₅₀ ที่ได้ นั้น ขึ้นกับส่วนของพืชที่นำมาสกัด เช่น ใบ ผล ดอก เป็นต้น และสารที่ใช้ในการสกัด เช่น น้ำ เอทานอล คลอโรฟอร์ม เป็นต้น (Bahri et al., 2019; Keser et al., 2014; Lyu et al., 2022; Proestos & Komaitis, 2009) และความสามารถในการจับกับไอออนของโลหะมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และ

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 2 มีปริมาณฟีนอลิกรวม น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

สารสกัดจากพืชจำพวก Hawthorn กลุ่ม Valerian และพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ฮีฟ พืชในวงศ์กุยชา และสะระแหน่ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ลดการทำลายของเซลล์ ลดความเครียดกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อันเนื่องมาจาก สารประกอบสำคัญที่อยู่ในพืช อาทิเช่น ในพืช Hawthorn (*Crataegus monogyna*) จะพบสารประกอบฟีนอลิก กลุ่ม flavonoids, vitamin c, glycoside, anthocyanin, tannin, saponin, protoanthocyanidins จำแนกได้ว่าเป็น cyanidin-3-O-galactoside ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้อย่างชัดเจนกว่ากลุ่มอื่น ๆ (Bahorun et al., 1996; Froehlicher et al., 2009) โดยขึ้นกับสารที่นำมาสกัดตัวอย่างอีกด้วย (Kostic et al., 2012) จากรายงานการวิจัยในกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า การใช้สารสกัดจากพืชที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ มีด้วยกันหลากหลายชนิดพืช เช่น ผงมังคุด น้ำมันมะพร้าวผสมไขมันอ้อย กระเจี๊ยบ กระเทียม ใบพลู ใบชะคราม ใบแปะก๊วย เป็นต้น ซึ่งสมุนไพรดังกล่าว พบสารสำคัญโดยเฉพาะสารกลุ่ม flavonoids ทั้งยังมี anthocyanin, tannins, hydroxychavicol และ eugenol และสารในกลุ่มอัลคาลอยด์อีกด้วย (Liao et al., 2023; Onsanit et al., 2020; Pawana et al., 2017; Penprapai et al., 2017)

จากผลการศึกษาฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรค พบว่า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 2 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *V. parahaemolyticus* บนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ TCBS ได้ โดยมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางการเกิดบริเวณใส เท่ากับ 7.33±0.58 มิลลิเมตร ในขณะที่กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 1 นั้น ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 7 ชนิดได้ จากรายงานวิจัยของ Yu et al. (2022) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจาก *Melissa officinalis* ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ได้ นั้นอาจแสดงว่า ในกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกชนิดที่ 2 มี *M. officinalis* เป็นองค์ประกอบบางส่วน แต่ไม่สามารถระบุความเข้มข้นได้ และมีรายงานว่า เป็นสารที่มีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* (Tadic et al., 2008) ในพืช Lemon balm (*M. officinalis*) มีสารประกอบเป็นอนุพันธ์ของกรดฟีนอลิก flavonoids, triterpenoid และ phenolic acids โดยเฉพาะสาร triterpene glycosides ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยังมีความสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและยีสต์ได้ (Abdel-Naime et al., 2019) นอกจากนี้ ยังมีรายงานการวิจัยที่สอดคล้องกับการใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรคต่อกุ้งขาวแวนนาไมอย่างหลากหลาย อาทิเช่น ฟ้าทะเลลายโจร มีสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ที่อยู่ในกลุ่ม Lactone มีฤทธิ์ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย และไวรัส (Yin et al., 2022) ในกระเทียม มีสารอัลโลซิน และสารอะโจอิน มีคุณสมบัติต้านทานเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส โดยเมื่อผสมกับอาหารให้กับกุ้ง สามารถทนทานต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ อีกทั้งยังสามารถส่งเสริมภูมิคุ้มกันได้ (Thawonsuwan et al., 2010; Chirawithayaboon et al., 2020) ในกระเจี๊ยบมีสาร anthocyanin

มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ *V. parahaemolyticus*, *P. aeruginosa* ได้ (Gonelimali et al., 2018) ตำรับยาเขียว ที่มีส่วนประกอบเป็นสมุนไพรหลายชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus*, *A. hydrophila* และ *V. harveyi* ถึงแม้จะสกัดด้วยน้ำก็ให้ค่าเฉลี่ยการยับยั้งใกล้เคียงกับการใช้ยาปฏิชีวนะ tetracycline (30 ไมโครกรัม) (Srithaworn et al., 2015) และในกระเจียบ และชาเขียวญี่ปุ่น มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้เช่นกัน (Tummarongkongsatit, 2007) ผลการทดลองที่ 2 ผลการศึกษาการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ระดับแตกต่างกันในอาหาร ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา

ผลการเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา (PL) ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารสำเร็จรูประดับแตกต่างกัน (Table 2) พบว่า ลูกกุ้ง ระยะ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารระดับ 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความยาวตัว 15.67 ± 1.38 และ 15.75 ± 0.95 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้ง ระยะ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.028 ± 0.00 กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับลูกกุ้งที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำเร็จรูป แต่อัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 90.98 ± 3.37 , 93.91 ± 7.54 และ 89.96 ± 4.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงได้ว่า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกจะช่วยลดสารอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อเซลล์ ด้วยคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญจำพวกฟลาโวนอยด์ ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อให้ผลิตฮอร์โมนช่วยในการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มความอยากอาหาร การกินอาหาร (Wu et al., 2016) ส่งเสริมให้สัตว์น้ำมีประสิทธิภาพในการใช้สารอาหารดีขึ้น (Cherubini et al., 1991) นำสารอาหารไปสะสมในเนื้อเยื่อหรือเซลล์ต่าง ๆ เป็นการเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย (Xie et al., 2017) ดังเช่น รายงานผลการศึกษาในสัตว์น้ำ พบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก อัตราส่วน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารกุ้งขาวแวนนาไม จะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้มากที่สุด และสามารถทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะได้อีกด้วย (Bae et al., 2022)

จากรายงานการศึกษาของ Xie et al. (2017) พบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารกุ้งขาวแวนนาไมสูตรปลาป่นต่ำ สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของกุ้ง และส่งเสริมการปรับตัวให้มีความทนทานต่อแอมโมเนีย ได้อย่างเหมาะสม รายงานการศึกษาในปลาของ Wu et al. (2016) พบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ความเข้มข้น 87.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารของปลาเฉา (*Ctenopharyngodon idella*) ระยะ juvenile ช่วยเพิ่มอัตราการเติบโตที่จำเพาะต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญ และควบคุมการแสดงออกของยีน NPY และ ghrelin ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับการเสริมด้วยกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก อัตราส่วน 158 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในอาหารปลาชนิด ช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต โดยระดับของเอนไซม์ aspartate amino-transferase (AST) ลดลง ซึ่งระดับของเอนไซม์นี้เป็นตัวบ่งชี้

การทำงานของตับและตับอ่อนของกุ้ง หากมีระดับสูงขึ้น นั้นแสดงถึงการเสื่อมของเซลล์ หรือมีความผิดปกติของตับและตับอ่อนเกิดขึ้น และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase activity, SOD) เพื่อกระตุ้นการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน และสามารถต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียได้ (Temu et al., 2019) นอกจากนี้ มีรายงานการวิจัยที่สอดคล้องกับการใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์การต้านทานอนุมูลอิสระและต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรคต่อกุ้งขาวแวนนาไมอย่างหลากหลาย อาทิเช่น การเสริมสารสกัดหญ้าใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria*) ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพ บำรุงตับและตับอ่อน มีส่วนช่วยในการเสริมภูมิคุ้มกัน เสริมการต้านอนุมูลอิสระ และต้านทานโรค AHPND ได้ (Charoendat et al., 2021) การเสริมอาหารกุ้งขาวแวนนาไมด้วยสารสกัดสาหร่ายสไปรูลีนา ซึ่งจะมีการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย (Keawtawee et al., 2019)

ผลการทดสอบความทนทานต่อความเครียดโดยการแช่น้ำจืด ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของกุ้งขาวแวนนาไมได้ โดยพบว่า กุ้งระยะ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำเร็จรูป มีอัตราการรอดตายสูงสุด คือ 99.33 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา กุ้งที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0.2 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีอัตราการรอดตาย 98.67 ± 1.15 และ 98.33 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อทดสอบโดยการแช่ฟอร์มาลิน เป็นการทดสอบความแข็งแรงทางสรีระในการปรับตัวต่อความเครียดที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า ลูกกุ้ง ระยะ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0, 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำเร็จรูป มีอัตราการรอดตาย 98.67 ± 0.58 , 99.67 ± 0.58 และ 99.67 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนลูกกุ้ง ระยะ PL13 และ PL9 มีอัตราการรอดตายอยู่ในช่วง 95.33-98.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการรอดตายไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามเกณฑ์ประเมินของกรมประมง จากผลการทดสอบความทนทานต่อความเครียดของกุ้ง ระยะ PL9 ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมีความสมบูรณ์น้อยกว่าระยะอื่น จึงมีอัตราการรอดตายในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม การปรับสมดุลของแร่ธาตุ และการปรับตัวต่อความเครียดที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันได้น้อยกว่าระยะอื่น ๆ (Department of Fisheries, 2018) เมื่อศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจากสภาวะเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลัน และจากสภาวะที่มีความเข้มข้นของเชื้อก่อโรคสูง จะพบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมจะช่วยลดความเครียดที่เกิดขึ้นได้ โดยจะช่วยยับยั้งสารสื่อประสาทที่ผิดปกติอันเนื่องมาจากความเครียด ยังช่วยลดสารอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อเซลล์หรือเนื้อเยื่อ กระตุ้นภูมิคุ้มกันให้สามารถทนทานต่อสภาวะที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้อัตราการรอดตายสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Xie et al. (2017) พบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารกุ้งขาวแวนนาไมสูตรปลาป่นต่ำ จะช่วยให้น้ำหนักกุ้งเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีตับ (Hepatosomatic index) และการเจริญเติบโตดีขึ้น อัตราการรอด

ตายเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นฮอร์โมนและภูมิคุ้มกัน ลดความเครียดที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียสูง สามารถทนต่อความเข้มข้นสูงนั้นได้ โดยพิจารณาจากอัตราการรอดตายที่มากขึ้นกว่าการไม่ได้เสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหาร นอกจากนี้ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเชื้อ *V. alginolyticus* กุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเสริมด้วยกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 175.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการรอดตายสูงขึ้น ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต พร้อมทั้งสามารถแทนที่การใช้ยาปฏิชีวนะในการเพาะเลี้ยงกุ้งได้ (Bae et al., 2022) แม้แต่ในสภาวะการรอดอาหาร น้ำตาลในเลือดของปูดำ เมื่อทำการฉีดกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกจะสามารถควบคุมสภาวะสมดุลของกลูโคสในเม็ดเลือดแดง และควบคุมระดับการแสดงออก mRNA ของฮอร์โมนน้ำตาลในเลือดสูงของครัสเตเชียน (CHH) และไพรวेटโคเนส (PK) ได้ (Zhang et al., 2021) เมื่อพิจารณาการเสริมด้วยกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกนี้ให้ผลสอดคล้องกับการใช้สมุนไพรในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น การใช้โกฐก้านพร้าว (*Picrorhiza kurroa*) ซึ่งมีฤทธิ์ลดความเครียดของกุ้ง และอาหารที่ผสมด้วยสารสกัดจากตัวอึ่ง (*Rheum officinale*) ความเข้มข้น 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยป้องกันความเครียดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ (Liu et al., 2010) จากผลการทดสอบคุณภาพลูกกุ้งตามวิธี ชริมพีโอเทค (Table 3) พบว่า ลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL9 และ PL13 มีค่าคะแนนคุณภาพเท่ากับ 69.67 ± 8.08 และ 84.00 ± 2.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งระยะ PL9 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานลูกกุ้งคุณภาพของกรมประมงที่แนะนำไว้ (Department of Fisheries, 2018) เนื่องจากพัฒนาการของระบบต่าง ๆ เช่น เหงือก และตับ ยังไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ไม่สามารถปรับสมดุลของแร่ธาตุและน้ำในร่างกายจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ ในปัจจุบันถึงแม้กรมประมงจะมีการควบคุมการผลิตลูกพันธุ์กุ้งให้ได้คุณภาพและปลอดโรคแล้วนั้น แต่ยังคงมีโรคงูเห่าและอนุบาลบางส่วนไม่ได้ดำเนินการทดสอบคุณภาพลูกกุ้งก่อนขายให้แก่เกษตรกร ส่งผลให้คุณภาพลูกกุ้งบางส่วนนั้นมีความไม่เหมาะสมแก่การปล่อยลงเลี้ยง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ง่าย หลังจากลูกกุ้งระยะ PL13-PL25 ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสำเร็จรูป มีคุณภาพลูกกุ้งคิดเป็น 95.67 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคุณภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทำการแยกเป็นคะแนนแต่ละเกณฑ์ จะพบว่า กุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารสำเร็จรูประดับ 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีความสมบูรณ์และความสะอาดของลำตัวและรยางค์ คิดคะแนนคุณภาพเป็น 14.67 ± 0.58 และ 15.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณเม็ดไขมัน 18.67 ± 2.31 และ 20.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกุ้งที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารสำเร็จรูประดับ 0 เปอร์เซ็นต์ แสดงได้ว่า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกมีความสามารถในการควบคุมความอยากอาหาร การกินอาหาร (Wu et al., 2016) การนำสารอาหารไปใช้สะสมในเนื้อเยื่อหรือเซลล์ต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ การปรับ microbiome ในลำไส้ ควบคุมสภาวะต่าง ๆ ภายในร่างกายให้ปกติคงที่ เมื่อเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในอาหารสัตว์น้ำเป็นการเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย ให้มีสุขภาพ

ของตับดีขึ้น ส่งผลให้มีการเจริญเติบโต ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ลดสารอนุมูลอิสระ และกระตุ้นให้กึ่งเกิดการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับเชื้อก่อโรคที่จะบุกรุกเข้ามาในระหว่างการเลี้ยง (Ngo et al., 2019) ดังนั้น จึงเป็นการเพิ่มคุณภาพของลูกกุ้งให้สูงมากขึ้นได้ (Bae et al., 2022; Xie et al., 2017) และแม้แต่การเสริมกรดแกมมา อะมิโนบิวทีริกในอาหารปลาเฉา หรือปลากินหญ้า (*C. idellus*) ให้ผลสอดคล้องกัน โดยเมื่อผสมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก 87.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารปลา ทำให้อัตราการเติบโตจำเพาะมีค่าสูงสุด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ทำให้ malondialdehyde ลดลงได้ (Wu et al., 2016)

มีการใช้สมุนไพรและสารสกัดเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในกุ้งขาวแวนนาไม เช่น สารแอลลิซิน ที่อยู่ในกระเทียมสด เมื่อเสริมในอาหารจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในขบวนการ phagocytosis ทำให้ทนต่อการติดเชื้อโรคต่าง ๆ (Boonta et al., 2012) สาร glycosides, saponins, flavonoids, alkaloids, lignans และ tannins สกัดจากหญ้าไต่ใบหรือลูกไต่ใบ ผสมกับอาหารจะทำให้ระดับเอนไซม์ aspartate aminotransferase และ alanine aminotransferase ลดลง แปรผกผันกับระดับความเข้มข้นของสารสกัด ส่งผลให้ตับและตับอ่อนกุ้งมีสุขภาพดีขึ้น และค่า phagocytic activity เพิ่มขึ้น (Charoendat et al., 2021) สาร polyvinylpyrrolidone ที่สกัดได้จากพญาฮอ (*Clinacanthus nutans*) มีปริมาณเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส และความต้านทานเชื้อแบคทีเรียและไวรัสเพิ่มขึ้น (Direkbusarakom et al., 1996) กุ้งที่ได้รับสารกลุ่ม phenolic alkenone สกัดจากชิง (*Zingiber officinale*) โดยการผสมอาหารให้กิน มีปริมาณเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส และความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียและไวรัสตัวแดงดวงขาวเพิ่มขึ้น (Chang et al., 2012) น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขมิ้นอ้อย มีสารประกอบเคอร์คูอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันที่ง่ายต่อการดูดซึม ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมจะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และภูมิคุ้มกันสูงขึ้น (Penprapai et al., 2017)

เมื่อทดสอบคุณภาพลูกกุ้งขาวแวนนาไมด้วยวิธีทางอนุชีววิทยา (Table 3) พบว่า ลูกกุ้งระยะ PL9 PL13 และ PL25 ที่ได้รับการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในระดับ 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำเร็จรูปไม่พบการติดเชื้อก่อโรคตายด่วน (AHPND) และเชื้อตัวแดงดวงขาว (WSSV) อาจเนื่องมาจากการควบคุมคุณภาพลูกกุ้งก่อนปล่อยลงเลี้ยง การจัดการคุณภาพปอเลี้ยงที่ดี และการใช้อาหารที่มีคุณภาพดีอย่างเหมาะสม (Munkongwongsiri et al., 2013; Boonyawiwat et al., 2017; Department of Fisheries, 2019) และมีรายงานการศึกษาของ Wu et al. (2016) ได้เสริมสารสกัดจากใบพีช *Gynura bicolor* ในอาหารกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าสามารถต้านเชื้อ *V. alginolyticus* และเชื้อไวรัส WSSV ได้ และการเสริมสาหร่ายสไปรูลินาสัตในอาหาร สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ในลูกกุ้งได้ (Keawtawee et al., 2019) แต่เมื่อทำการทดสอบการติดเชื้อไมโครสปอริเดีย (EHP) ภายในตับและตับอ่อนของกุ้งขาวแวนนาไม

ในทุกๆระยะ มีการติดเชื้อ EHP โดยพบสปอร์ของเชื้อมากกว่า 10 สปอร์ ซึ่งอ่านผลการติดเชื้อในระดับ ++++ เป็นระดับที่มีการติดเชื้อ EHP ในบ่อเลี้ยง กุ้งอาจได้รับเชื้อจากการกินสปอร์ EHP ที่มีอยู่ในน้ำ ช่วงก่อนการทดลอง (PL9) จำนวนสปอร์ที่พบไม่สามารถบ่งบอกความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคที่เกิดได้ ขึ้นกับระยะเวลาเจริญของเชื้อ (Chuchird et al., 2016) พบการขยายพันธุ์ของเชื้อภายในตัวและตัวอ่อนเป็นจำนวนมาก และมีการหลุดลอกออกมาพร้อมสิ่งขับถ่ายสะสมวนเวียนภายในบ่อเลี้ยง (Songkhla Aquatic Animal Health Research Center, 2022) ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อหาสารหรือยาที่ฆ่าเชื้อได้ โดยมีการศึกษาหาสารสมุนไพรที่มีสารสำคัญเป็นสารซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์และสารซัลเฟตกลูโคสแทนมีฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งตระกูล *Penaeus* ในกระบวนจดจำ ขบวนการจับกินเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) และการสร้าง melanin สามารถยับยั้งการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi* ได้ (Kamble et al., 2022; Rudtanatip et al., 2018)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่ได้จากการพืชจำพวก Hawthorn กลุ่ม Valerian และพืชชนิดอื่น ๆ

เช่น ฮ็อพ พืชในวงศ์กัญชา และสะระแหน่ ที่มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ให้ผลการยับยั้งแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม เมื่อทำการเสริมกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก ระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสำเร็จรูป สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และส่งผลให้คุณภาพของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL25 สูงที่สุด โดยมีคุณภาพลูกกุ้งคิดเป็นคะแนน 95.67 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ (ระดับสูงกว่าค่ามาตรฐาน 90 เปอร์เซ็นต์)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กองวิจัยและพัฒนาสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง ที่อนุเคราะห์วิเคราะห์โรคสัตว์น้ำด้วยวิธีทางอนุชีววิทยา และวิธีทางจุลชีววิทยา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และนิสิตปริญญาตรี และนิสิตปริญญาโท ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์อาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่อนุเคราะห์การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ต่าง ๆ การศึกษานี้เป็นการศึกษาภายใต้โครงการพัฒนาวิชาการ 062/65 ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์

Table 1 Antioxidant properties of each type of γ aminobutyric acid (GABA)

Antioxidant properties	GABA type I	GABA type II	p-value
DPPH assay IC ₅₀ (mg/mL)	1.114±0.21 ^a	0.359±0.32 ^b	0.022
ABTS assay IC ₅₀ (mg/mL)	0.044±0.00 ^a	0.044±0.00 ^a	0.266
Ferrous ion chelating activity (%)	2.053±0.67 ^a	1.446±0.42 ^a	0.072
Total phenolic content (mg GAE/g crude extract)	4.37±0.15 ^a	3.29±0.12 ^b	0.000

Note: ^{a,b} in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

GABA Type I is a product obtained by the fermentation of lactic acid bacteria.

GABA Type II is an herbal blend of hawthorn, valerian and other plants such as hops, cannabis and lemon balm.

Table 2 Growth performance of Pacific white leg shrimp larvae fed with 0%, 0.2% and 0.4% γ -aminobutyric acid in commercial diets

Growth performance	0% GABA	0.2% GABA	0.4% GABA	p-value
Total length (mm) PL9	8.75±0.55	-	-	-
PL13	10.80±1.15 ^a	10.80±1.15 ^a	10.80±1.15 ^a	1.000
PL25	14.31±0.79 ^b	15.67±1.38 ^a	15.75±0.95 ^a	0.003
Length gain (%)	132.48±7.33 ^b	145.05±12.74 ^a	145.84±8.78 ^a	0.003
Body weight (g/PL) PL9	0.006±0.001	-	-	-
PL13	0.010±0.001 ^a	0.010±0.001 ^a	0.010±0.001 ^a	1.000
PL25	0.022±0.001 ^b	0.024±0.002 ^{ab}	0.028±0.000 ^a	0.023
Weight gain (%)	215.67±12.61 ^b	239.70±15.35 ^{ab}	283.56±1.78 ^a	0.022
Survival rate (%)	90.98±3.37 ^a	93.91±7.54 ^a	89.96±4.99 ^a	0.684

Note: ^{a,b} in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)

Table 3 The quality of Pacific white leg shrimp postlarvae stages PL9, PL13, and PL25 was evaluated by Shrimp Biotech

Shrimp quality	0% GABA	0.2% GABA	0.4% GABA	p-value
PL9	69.00±7.21	-	-	-
PL13	84.00±2.64 ^a	84.00±2.64 ^a	84.00±2.64 ^a	1.000
PL25	89.00±1.00 ^c	93.00±1.73 ^b	95.67±1.15 ^a	0.003
AHPND	ND	ND	ND	-
WSSV	ND	ND	ND	-
EHP	++++	++++	++++	-
Parameters (score)	0% GABA	0.2% GABA	0.4% GABA	p-value

Table 3 The quality of Pacific white leg shrimp postlarvae stages PL9, PL13, and PL25 was evaluated by Shrimp Biotech (Cont.)

Shrimp quality	0% GABA	0.2% GABA	0.4% GABA	p-value
PL25				
Number of spines	10.00±0.00 ^a	10.00±0.00 ^a	10.00±0.00 ^a	1.000
Completion of appendages	13.67±0.58 ^b	14.67±0.58 ^b	15.00±0.00 ^a	0.031
Completion of hepatopancreas	14.00±1.73 ^a	13.00±1.73 ^a	14.00±1.73 ^a	0.729
Lipid content	14.67±2.31 ^b	18.67±2.31 ^a	20.00±0.00 ^a	0.031
Muscle to gut ratio	10.00±0.00 ^a	10.00±0.00 ^a	10.00±0.00 ^a	1.000
Salinity shock	11.67±2.89 ^a	11.67±2.89 ^a	11.67±2.89 ^a	1.000
(survival %)	(98.33±0.58) ^a	(98.67±1.15) ^a	(98.67±1.15) ^a	1.000
Formalin tests	15.00±0.00 ^a	15.00±0.00 ^a	15.00±0.00 ^a	1.000
(survival %)	(98.67±0.58) ^a	(98.67±0.58) ^a	(98.67±0.58) ^a	1.000

Note: ^{a,b,c} in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

ND = non-detect pathogenically, tested by molecular biological methods.

+++ = More than 10 EHP spores were found per sample.

References

- Abdel-Naime, W. A., Fahim, J. R., Abdelmohsen, U. R., Fouad, M. A., Al-Footy, K. O., Abdel-Lateff, A. A., & Kamel, M. S. (2019). New antimicrobial triterpene glycosides from lemon balm (*Melissa officinalis*). *South African Journal of Botany*, 125, 161-167. doi: 10.1016/j.sajb.2019.07.004
- Bae, J., Hamidoghli, A., Farris, N. W., Olowe, O. S., Choi, W., Lee, S., Won, S., Ohh, M., Lee, S., & Bai, S. C. (2022). Dietary γ -aminobutyric acid (GABA) promotes growth and resistance to *Vibrio alginolyticus* in Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*. doi: 10.1155/2022/9105068
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., Vasseur, J., Cazin, M., Cazin, J. C., & Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*, 46(11), 1086-1089.
- Bahri, H., Benkirane, C., & Tazi, B. (2019). Antioxidant activity of hawthorn (*Crataegus monogyna*) from Morocco. *Academia Journal of Medicinal Plants*, 7(2), 030-035. doi: 10.15413/ajmp.2019.0100
- Boonyawiwat, V., Patanasatienkul, T., Kasornchandra, J., Poolkhet, C., Yaemkasem, S., Hammell, L., & Davidson, J. (2017). Impact of farm management on expression of early mortality syndrome/acute hepatopancreatic necrosis disease (EMS/AHPND) on penaeid shrimp farms in Thailand. *Journal of Fish Diseases*, 40(5), 649-659. doi: 10.1111/jfd.12545
- Boonta, T., Chitmanat, C., & Promya, J. (2012). Effects of *Spirulina platensis*, *Cladophora* sp. and *Allium sativum* supplementary diets on growth performance, reproductive maturity, and phagocytic activity in common lowland frog (*Rana rugulosa*). *Journal of Fisheries Technology Research*, 6(1), 23-35. (in Thai)
- Chang, Y. P., Liu, C. H., Wu, C. C., Chiang, C. M., Lian, J. L., & Hsieh, S. L. (2012). Dietary administration of zingerone to enhance growth, non-specific immune response, and resistance to *Vibrio alginolyticus* in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. *Fish & Shellfish Immunology*, 32(2), 284-290. doi: 10.1016/j.fsi.2011.11.017
- Charoendat, U., Koedprang, W., & Thawonsuwan, J. (2021). Effects of crude extract of Hazardana (*Phyllanthus urinaria*) on hepatopancreatic health status, antioxidant, immune response and resistance to acute hepatopancreatic necrosis disease in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *RMUTSV Research Journal*, 13(3), 717-731. (in Thai)
- Cherubini, E., Gaiarsa, J. L., & Ben-Ari, Y. (1991). GABA: an excitatory transmitter in early postnatal life. *Trends in Neurosciences*, 14(12), 515-519. doi:10.1016/0166-2236(91)90003-d.
- Chirawithayaboon, P., Areechon, N., & Meunpol, O. (2020). Hepatopancreatic antioxidant enzyme activities and disease resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diet supplemented with garlic (*Allium sativum*) extract. *Agriculture and Natural Resources*, 54(4), 377-386.
- Chuchird, N., Munkongwongsiri, N., Taemmesub, T., Tongsrri, P., Somboon, M., Limsuwan, C., Sritunyalucksana, K., & Flegel, T. W. (2016). The dark threat microsporidian *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) in Pacific white shrimp. *Thai shrimp Newspaper*, 13(171), 95-106. (in Thai)
- Department of Fisheries. (2019). *Guidelines and practices for the prevention and control of white spot disease in marine shrimp*. Accessed March 4, 2023. Retrieved from https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20190220224758_1_file.pdf (in Thai)

- Department of Fisheries. (2018). *Standard criteria for evaluation of white leg shrimp postlarvae*. Accessed March 4, 2023. Retrieved from https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20190301135305_1_file.pdf (in Thai)
- Dinis, T. C., Maderia, V. M. C., & Almeida, L. M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315(1), 161-169. doi: 10.1006/abbi.1994.1485
- Direkbusarakom, S., Herunsalee, A., Yoshimizu, M., & Ezura, Y. (1996). Antiviral activity of several Thai traditional herb extracts against fish pathogenic viruses. *Fish Pathology*, 31(4), 209-213.
- Farris, S., Unalan, I. U., Introzzi, L., Fuentes-Alventosa, J. M., & Cozzolino, C. A. (2014). Pullulan-based films and coatings for food packaging: Present applications, emerging opportunities, and future challenges. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(13). doi: 10.1002/app.40539
- Froehlicher, T., Hennebelle, T., Martin-Nizard, F., Cleenewerck, P., Hilbert, J. L., Trotin, F., & Grec, S. (2009). Phenolic profiles and antioxidative effects of hawthorn cell suspensions, fresh fruits, and medicinal dried parts. *Food Chemistry*, 115(3), 897-903. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.01.004
- Gonelimali, F. D., Lin, J., Miao, W., Xuan, J., Charles, F., Chen, M., & Hatab, S. R. (2018). Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1639. doi: 10.3389/fmicb.2018.01639
- Jannoey, P., Niamsup, H., & Lumyong, S. (2010). Comparison of γ -aminobutyric acid production in Thai rice grains. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 257-263. doi: 10.1007/s11274-009-0168-2
- Jorgensen, E. M. (2005). *GABA*. Accessed March 16, 2023. Retrieved from http://www.wormbook.org/chapters/www_gaba/gaba.html
- Kamble, M. T., Rudtanatip, T., Soowannayan, C., Nambunruang, B., Medhe, S. V., & Wongprasert, K. (2022). Depolymerized fractions of sulfated galactans extracted from *Gracilaria fisheri* and their antibacterial activity against *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi*. *Marine Drugs*, 20(8), 469. doi.org/10.3390/md20080469
- Keawtawee, T., Suksri, A., & Denpratya, N. (2019). Effects of *Spirulina platensis* supplemented diets on growth performance and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Suppl. 2), 515-520. (in Thai)
- Keser, S., Celik, S., Turkoglu, S., Yilmaz, O., & Turkoglu, I. (2014). The investigation of some bioactive compounds and antioxidant properties of hawthorn (*Crataegus monogyna* subsp. *monogyna* Jacq.). *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 3(2), 51-55. doi: 10.5455/jice.20140120103320
- Khan, A. W., Hossain, S. S., & Uddin, S. N. (2007). Isolation, identification and determination of antibiotic susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* from shrimp at Khulna region of Bangladesh. *Research Journal of Microbiology*, 2(3), 216-227. doi:10.3923/jm.2007.216.227
- Kostic, D., Velickovic, J. M., Mitic, S. S., Mitic, M., & Randelovic, S. S. (2012). Phenolic content, and antioxidant and antimicrobial activities of *Crataegus Oxyacantha* L. (Rosaceae) fruit extract from Southeast Serbia. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 11(1), 117-124. doi: 10.4314/tjpr.v11i1.15
- Liang, Y., Wu, Y., Li, J., Peng, R., Jiang, M., Jiang, X., Chen, S., & Lin, J. (2022). Effects of ammonia toxicity on the histopathology, detoxification, oxidative stress, and immune response of the cuttlefish *Sepia pharaonis* and the mitigation of γ -aminobutyric acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 232, 113256. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113256
- Liao, M., Wang, F., Huang, L., Liu, C., Dong, W., Zhuang, X., Yin, X., Liu, Y., & Wang, W. (2023). Effects of dietary *Ginkgo biloba* leaf extract on growth performance, immunity and environmental stress tolerance of *Penaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 132, 108500. doi.org/10.1016/j.fsi.2022.108500
- Liu, B., Ge, X., He, Y., Xie, J., He, Y., Zhou, Q., Pan, L., & Chen, R. (2010). Effects of anthraquinones extracted from *Rheum officinale* Bail on the growth, non-specific immune response of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 310(1-2), 13-19. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.020
- Lyu, J. I., Ryu, J., Seo, K. S., Kang, K. Y., Park, S. H., Ha, T. H., Ahn, J. W., & Kang, S. Y. (2022). Comparative study on phenolic compounds and antioxidant activities of Hop (*Humulus lupulus* & nbsp;L.) strobile extracts. *Plants (basel)*, 11(1), 135. doi: 10.3390/plants11010135
- Manok, S., & Limcharoen, P. (2015). Investigating antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and total phenolic compounds of herbal extracts in Ya-hom thepphachit. *Advanced Science*, 15(1), 106-117. (in Thai)

- Munkongwongsiri, N., Limsuwan, C., & Chuchird, N. (2013). Effects of postlarval quality on occurrence of early mortality syndrome in *Litopenaeus vannamei* culture ponds. *Proceedings of the 51st Kasetsart University annual conference* (pp. 174-181). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Ngo, D.-H., & Vo, T. S. (2019). An updated review on pharmaceutical properties of γ -aminobutyric acid. *Molecules*, 24(15), 2678. doi: 10.3390/molecules24152678
- Onsanit, S., Thitithanakul, S., Seubsang, C., Julpon, B., Timthong, A., & Tidkongrach, S. (2020). Pigment accumulation patterns, immune systems and antioxidant activities by anthocyanins from dry ripe malabar fruit (*Melastoma malabathricum*) in banana shrimp (*Penaeus merguensis*) feed. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(Suppl. 1), 967-974. (in Thai)
- Pawana, A., Laohavisuti, N., & Wangwibulkit, S. (2017). Effect of using *Suaeda maritima* leave extract as a feed additive on the resistance to *Vibrio parahaemolyticus* and the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during nursing. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 35(3), 36-41. (in Thai)
- Penprapai, N., Penprapai, P., Ratanamusik, A., & Chumchareon, M. (2017). *Effect of coconut oil with extracted Curcuma zedoaria supplement in diet on growth, oxidative defense and immune system of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei)*. (Research report). Songkhla. Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya. (in Thai)
- Proestos, C., & Komaitis, M. (2009). Antioxidant capacity of Hops. In V. R. Preedy (Ed.), *Beer in health and disease prevention* (pp. 467-474). United States: Elsevier Inc. Academic Press doi: 10.1016/B978-0-12-373891-2.00045-6
- Puycha, K., & Tanee, S. (2014). Effect of vitamin C on growth and health in aquatic animals. *Rajabhat Agriculture Journal*, 13(2), 63-70. (in Thai)
- Ruchirawat, K., & Vaikrudha, K. (2003). Quality inspection of shrimp fry using the "Biotech Lab" method. In S. Dilokkiat (Ed.), *Thai shrimp, a new step, one of the sustainable world leaders* (pp. 271-280). Bangkok, Thailand: K. Pon printing (in Thai)
- Rudtanatip T., Lynch, S. A., Culloty, S. C., & Wongprasert, K. (2018). Sulfated galactans from red algae *Gracilaria fisheri* increase haemocyte proliferation in common prawn *Palaemon serratus*. *Chulalongkorn Medical Journal*, 62(3), 293-295. (in Thai)
- Songkhla Aquatic Animal Health Research Center. (2022). *EHP management in marine shrimp hatcheries and nurseries*. Accessed March 4, 2023. Retrieved from <https://www4.fisheries.go.th/dof/wellwishes>. (in Thai)
- Songkhla Aquatic Animal Health Research Center. (2018). *Manual for aquatic animal's disease diagnosis using PCR techniques*. Songkhla: Songkhla Aquatic Animal Health Research Center, Department of Fisheries. (in Thai)
- Srimoon, R., & Niyomwan, S. (2021). Development and validation of the Folin-Ciocalteu semi-micro method for total phenolic compounds determination in Rangdaeng (*Ventilago denticulata* willd.) extract. *Burapha Science Journal*, 26(1), 378-398. (in Thai)
- Srithaworn, M., Thuyhun, A., Chunhachart, O., & Preecharram, S. (2015). Antioxidant and antibacterial activities of crude extracts from Ya-Keaw formula against shrimp pathogens. *SDU Research Journal Science and Technology*, 8(2), 117-132.
- Tadic, V. M., Dobric, S., Markovic, G. M., Dordevic, S. M., Arsic, I. A., Menkovic, N. R., & Stevic, T. (2008). Anti-inflammatory, gastro protective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7700-7709. doi.org/10.1021/jf801668c
- Temu, V., Kim, H., Hamidoghli, A., Park, M., Won, S., Oh, M., Han, J. K., & Bai, S. C. (2019). Effects of dietary γ -aminobutyric acid in juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 507(5), 475-480. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.063
- Thawonsuwan, J., Kongkumnerd, J., Thavonyuthikarn, M., & Kasornchandra, J. (2010). Efficacy of oil macerated garlic extract on immune responses and diseases resistance in White shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Proceedings of the 7th National symposium on marine shrimp* (pp. 91-102). Bangkok: National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC). (in Thai)
- Tummarongkongsatit, A. (2007). *Effective of Thai herb extracts to inhibit bacterial pathogens in Giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii)*. (Master's thesis). Chiang Mai. Maejo University. (in Thai)
- Van den Pol, A. N. (2003). Weighing the role of hypothalamic feeding neurotransmitters. *Neuron*, 40(6), 1059-1061. doi: 10.1016/s0896-6273(03)00809-2

- Wu, F., Liu, M., Chen, C., Chen, J., & Tan, Q. (2016). Effects of dietary γ -aminobutyric acid on growth performance, antioxidant status, and feeding-related gene expression of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(6), 820-829. doi: 10.1111/jwas.12327
- Xie, S. W., Li, Y. T., Zhou, W. W., Tian, L. X., Li, Y. M., Zeng, S. L., & Liu, Y. J. (2017). Effect of γ -aminobutyric acid supplementation on growth performance, endocrine hormone and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed low fishmeal diet. *Aquaculture Nutrition*, 23(1), 54-62. doi: 10.1111/anu.12358
- Yin, X., Zhuang, X., Luo, W., Liao, M., Huang, L., Cui, Q., Huang, J., Yan, C., Jiang, Z., Liu, Y., & Wang, W. (2022). Andrographolide promote the growth and immunity of *Litopenaeus vannamei*, and protects shrimps against *Vibrio alginolyticus* by regulating inflammation and apoptosis via a ROS-JNK dependent pathway. *Frontiers in Immunology*, 13, 990297. doi: 10.3389/fimmu.2022.990297
- Yu, H., Pei, J., Qiu, W., Mei, J., & Xie, J. (2022). The antimicrobial effect of *Melissa officinalis* L. essential oil on *Vibrio parahaemolyticus*: Insights based on the cell membrane and external structure. *Frontiers in Microbiology*, 13, 812792. doi: 10.3389/fmicb.2022.812792
- Zhang, C., Wang, X., Wang, C., Song, Y., Pan, J., Shi, Q., Qin, J., & Chen, L. (2021). Γ -aminobutyric acid regulates glucose homeostasis and enhances the hepatopancreas health of juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) under fasting stress. *General and Comparative Endocrinology*, 303(2):113704. doi: 10.1016/j.ygcen.2020.113704

Research article

Effect of dietary γ -aminobutyric acid supplementation on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) growth and postlarvae quality

Yuparat Inbumrung¹ Orapint Jintasataporn^{1*} Srinoy Chumkam²
and Supawit Triwutanon³

¹ Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, 10900

² Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Pathum Thani, 13180

³ Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom, 73140

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 19 May 2023

Revised: 14 August 2023

Accepted: 19 August 2023

Online published: 4 September 2023

Keyword

γ -aminobutyric acid

White leg shrimp

Postlarvae

Shrimp quality

ABSTRACT

The study aimed to investigate the effects of γ -aminobutyric acid supplementation at levels of 0 %, 0.2 %, and 0.4 % in the diet of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on growth performance and postlarval quality. The postlarvae stage PL9-PL25 during culture was investigated. The results showed that γ -aminobutyric acids extracted from plants (hawthorn, valerian, hops, plants of the cannabis family plant, mint, and lemon balm) had exhibited antioxidant properties and showed inhibitory effects against to *Vibrio parahaemolyticus* AHPND bacteria at a concentration of 50 mg/ml. The PL25 shrimp fed dietary γ -aminobutyric acid supplementation 0.4 % had the highest growth performance. It was 15.75 ± 0.95 mm in total length and 0.028 ± 0.00 g in body weight with a quality score of 95.67 ± 1.15 % and statistically significant differences ($p < 0.05$) from the control group (0 %). The survival rate was not significantly different ($p > 0.05$), which was in the range of 89.96-93.91 %. Furthermore, under salinity and formalin stress condition, the survival rate was in the same range of 98.33-99.67 % ($p > 0.05$). In all experimental groups, there was no infection by any pathogen causing early mortality or white spot disease. On the contrary, an *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) infection was found in the hepatopancreas of all experimental groups. Therefore, shrimp diets supplemented with 0.4% γ -aminobutyric acid could improve postlarvae growth performance and shrimp quality including resistant to salinity and formalin stress condition. The quality of white leg shrimp is still over 90 % even under EHP infection conditions.

*Corresponding author

E-mail address: ffishora@ku.ac.th (O.Jintasataporn)

Online print: 4 September 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.22>



บทความวิจัย

ผลของสารสกัดจากพริกต่อคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส

สุวัชชัย มิสุนา* นирมล ศรีชนะ กิตติพงษ์ ชูจิตร และ วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 28 มิถุนายน 2566

แก้ไข: 23 กรกฎาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 23 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 19 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

พริก

แซนทีนออกซิเดส

อัลโลฟูรินอล

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

บทคัดย่อ

เอนไซม์แซนทีนออกซิเดสมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนอนุพันธ์ของเบสพิวรีนให้เป็นกรดยูริก ปริมาณกรดยูริกที่สูงกว่าปกติทำให้เกิดการตกตะกอนของผลึกเกลือโมโนโซเดียมยูเรตบริเวณข้อและรอบ ๆ ข้อของร่างกายจนทำให้เกิดการอักเสบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสด้วยสารสกัดจากพริก 5 ชนิด ได้แก่ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนู พริกส้ม พริกขี้ฟ้า และพริกหวาน โดยใช้เอทานอลและอะซีโตนไตรไฮไดรไรต์เป็นตัวทำละลาย สารสกัดที่ได้นำมาศึกษาความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสโดยตรงวัดด้วยวิธีทางสเปกโทรโฟโตเมทรี เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแคปไซซินและอัลโลฟูรินอล จากการทดลองพบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากพริก 5 ชนิดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.49-17.75 และ 1.55-7.62 โดยน้ำหนักเมื่อใช้เอทานอลและอะซีโตนไตรไฮไดรไรต์เป็นตัวทำละลายตามลำดับ ผลการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสจากสารสกัดของพริกทั้ง 5 ชนิด พบว่าสารสกัดด้วยอะซีโตนไตรไฮไดรไรต์มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ดีกว่าสารสกัดด้วยเอทานอล ให้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ร้อยละ 50 (IC₅₀) อยู่ในช่วง 5.36-34.86 และ 28.76-87.63 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม เมื่อใช้ อะซีโตนไตรไฮไดรไรต์และเอทานอลเป็นตัวทำละลายตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดด้วยอะซีโตนไตรไฮไดรไรต์จากพริกขี้หนูและพริกขี้หนูสวนมีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ไม่ต่างกับสารมาตรฐานแคปไซซิน (4.02 ± 0.14 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) และอัลโลฟูรินอล (3.13 ± 0.11 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดด้วย อะซีโตนไตรไฮไดรไรต์ของพริกขี้หนูและพริกขี้หนูสวนมีศักยภาพในการเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้

บทนำ

กรดยูริก (Uric acid) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของเบสพิวรีนในวิถีแคแทบอลิซึมโดยเอนไซม์ แซนทีนออกซิเดส (Xanthine oxidase) ปริมาณกรดยูริกที่ถูกผลิตในร่างกายมากเกินไปหรือร่างกายกำจัดกรดยูริกน้อยเกินไปส่งผลให้ระดับกรดยูริกในเลือดสูงขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคเก๊าท์ (Galassi & Borghi, 2015) เอนไซม์แซนทีนออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมอัตราเร็วของการสังเคราะห์กรดยูริกในวิถีแคแทบอลิซึมของเบสพิวรีนโดยเข้าไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในสองขั้นตอนสุดท้ายที่เปลี่ยนไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine) และแซนทีน (Xanthine) ให้ได้เป็นกรดยูริกซึ่งมีนิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ (Nicotinamide adenine dinucleotide, NAD⁺) และแก๊สออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Battelli et al., 2014) นอกจากกรดยูริกที่ได้จากการทำงานของเอนไซม์แล้วยังพบว่ามีอนุมูลอิสระในกลุ่มของออกซิเจนอะตอม (Reactive oxygen species) เกิดขึ้นด้วย เช่น ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Chen et al., 2016) อนุมูลอิสระที่มากเกินไปจะส่งผลให้เกิดภาวะเครียดทางออกซิเดชัน (Oxidative stress) ต่อสารชีวโมเลกุล อาทิ โปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ มีรายงานว่าการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส

ที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิด อนุมูลอิสระมากขึ้นและมีส่วนสัมพันธ์กับการเกิดโรคต่าง ๆ ทั้งในคนและในสัตว์ทดลอง เช่น ความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดจะเพิ่มร้อยละ 15 เมื่อมีปริมาณของกรดยูริกในเลือด 1 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Borghi & Desideri, 2016; Minhas et al., 2006)

โดยปกติสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น สุนัขและแมว จะมีระบบการกำจัดกรดยูริกออกจากร่างกายโดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ยูเรตออกซิเดส (Urate oxidase) หรือยูริเคส (Uricase) โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะสลายกรดยูริกที่อยู่ในรูปผลึกให้ได้รูปที่ละลายน้ำได้และถูกกำจัดออกนอกร่างกายของสัตว์ในรูปของปัสสาวะ (MacWilliams & Friedrichs, 2003; Nuki & Simkin, 2006) เมื่อไม่นานมานี้มีรายงานว่าพบอุบัติการณ์การเกิดโรคเก๊าท์ในสุนัขจำนวน 4 ตัว และแมว 1 ตัว โดยพบการสะสมของกรดยูริกบริเวณน้ำไขข้อของสัตว์ (Kim et al., 2022) เมื่อทำการรักษาโดยให้สุนัขสองตัวได้รับยาคุมภูมิคุ้มกัน พบว่าหนึ่งในสองมีอาการของโรคกำเริบส่วนอีกหนึ่งตัวอาการของโรคหายไปเป็นเวลา 3 เดือน (Kim et al., 2022) เมื่อทำการรักษาโดยให้ยาคุมภูมิคุ้มกันร่วมกับตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสพบว่าสุนัขตายหลังจากการได้รับยา 3 สัปดาห์ (Kim et al., 2022) ในขณะที่สุนัขที่ได้รับยาลดการอักเสบร่วมกับตัวยับยั้งการทำงานของ

*Corresponding author

E-mail address: suwachai.mis@lru.ac.th (S. Misuna)

Online print: 19 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.23>

เอนไซม์แซนทีนออกซิเดส อาการของโรคหายไปเป็นเวลา 3 ปี (Kim et al., 2022) สำหรับการรักษาในแมวพบอาการของโรคจะกำเริบภายใน 6 เดือนหลังจากที่ได้รับยาต้านการอักเสบร่วมกับสารให้ฉีดเด็กทาร์เมทาโซน (Dexamethasone) (Kim et al., 2022)

อัลโลพูรินอล (Allopurinol) หรือ 4-(Hydroxypyrazolo (3, 4-d) pyrimidine) เป็นยาที่ใช้รักษาโรคกรดยูริกในกระแสเลือด โดยกลไกการทำงานของอัลโลพูรินอลพบว่าหลังจากที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกไฮโดรไลต์เป็นออกซีพูรินอล (Oxypurinol) ออกซีพูรินอลที่ได้จะเข้าไปยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสป้องกันการเปลี่ยนไฮโปแซนทีนไปเป็นแซนทีนและแซนทีนไปเป็นกรดยูริกส่งผลให้ระดับกรดยูริกในกระแสเลือดลดลง (Okamoto et al., 2008) แต่มีรายงานว่าการใช้อัลโลพูรินอลติดต่อกันเป็นเวลาดั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปมีโอกาสทำให้ผู้ใช้เกิดภาวะภูมิไวเกิน (Hypersensitivity) (Min et al., 2015) สำหรับ ฟีบักโซสแตต (Febuxostat) หรือ 2-(3-Cyano-4-isobutoxy-phenyl)-4-methyl-1,3-thiazole-5 carboxylic acid เป็นยาอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กับผู้ป่วยบางรายที่ร่างกายไม่ตอบสนองต่อการใช้อัลโลพูรินอล (Hassan et al., 2011) จากรายงานการศึกษาทางคลินิกพบว่าฟีบักโซสแตตสามารถลดระดับกรดยูริกในกระแสเลือดได้ดีกว่าและมีความเป็นพิษน้อยกว่าอัลโลพูรินอล (Chohan, 2011) แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าร้อยละ 2 ของผู้ใช้ฟีบักโซสแตตเกิดอาการข้างเคียงทางผิวหนัง (Abeles, 2012) และมีโอกาสทำให้ผู้ใช้เกิดภาวะกล้ามเนื้อสลาย (Kang et al., 2014) จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสตัวใหม่ที่ไม่มียาข้างเคียงหรือมีความรุนแรงต่อผู้ใช้ที่น้อยกว่าอัลโลพูรินอลและฟีบักโซสแตต

มีรายงานว่าสารพฤกษเคมีจากธรรมชาติ เช่น ริพาร์ซาโปนิน (Riparsaponin) เจนิสทิน (Genistin) มอร์อิน (Morin) และเคอร์คูมิน (Curcumin) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ในหลอดทดลอง (Chen et al., 2016) ฟิชและสมุนไพบบางชนิดที่มีอนุพันธ์ของโปรโตคาเทคฮัลดีไฮด์ (Protocatechuic aldehyde) เช่น 3,4-Dihydroxy-5-nitrobenzaldehyde (DHNB) เป็นส่วนประกอบยังสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ในระดับเซลล์และในสัตว์ทดลอง (Lü et al., 2013) หรือส่วนของสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบหนาด (*Blumea balsamifera*) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ถึงร้อยละ 79.67 โดยสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloids) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) แทนนิน (Tannins) และเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) (Apaya & Hernandez, 2011)

พริกเป็นพืชในวงศ์ Solanaceae สกุล Capsicum ในประเทศไทยนำพริกมาใช้เป็นเครื่องเทศเพื่อปรุงอาหารหรือนำมาบริโภคโดยตรง รสชาติที่เผ็ดร้อนของพริกเป็นผลมาจากสารประกอบในกลุ่มแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) เช่น แคปไซซิน (Capsaicin) ไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsaicin) และนอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsaicin) ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ใน พริกแต่ละชนิดมีปริมาณแคปไซซินเป็นองค์ประกอบมากที่สุดรองลงมาคือ ไดไฮโดรแคปไซซินและ นอร์ไดไฮโดรแคปไซซินตามลำดับ (Inprasit et al., 2022) มีรายงานว่าแคปไซซินมีคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระและสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส (α -Amylase) เอนไซม์อัลฟาไกลูโคซิเดส (α -Glucosidase) (Barajas et al., 2021) นอกจากนี้ยังพบว่าแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินที่สกัดแยกได้จากขิง (*Zingiber officinalae*) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ดีกว่าอัลโลพูรินอลอีกด้วย (Muthusamy & Jeyabalan, 2019)

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากพริก 5 ชนิด ได้แก่ พริกขี้หนูสวน (*Capsicum frutescens*) พริกขี้หนู (*Capsicum annuum* L.) พริกส้ม (*Capsicum* spp.) พริกขี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh) และ พริกหวาน (*Capsicum annuum* Linn.) ต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสที่เป็นเอนไซม์ในการเพิ่มปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือด ผลงานวิจัยที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการหาสารพฤกษเคมีจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสและไม่มีผลข้างเคียงหรือมีผลข้างเคียงต่อผู้ใช้บ่อย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเก็บและเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างพริกที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนู พริกส้ม พริกขี้ฟ้าและพริกหวาน (Figure 1) ทำการเก็บตัวอย่างพริกทั้ง 5 ชนิดในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 โดยพริกขี้หนูสวน พริกขี้หนู และพริกส้ม เก็บจากตำบลนาดินดำ อำเภอเมือง จังหวัดเลย พริกขี้ฟ้าและพริกหวานเลือกซื้อจากตลาดสดนาอ้อของจังหวัดเลย นำตัวอย่างพริกมาล้างให้สะอาดแล้วผึ่งลมให้แห้งก่อนจะนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดพริกให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่นบดละเอียดยี่ห้อ Nine Blue รุ่น 2500A ที่ความเร็วรอบ 32,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที เก็บตัวอย่างพริกที่บดละเอียดไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส หรือนำไปทำการทดลองในขั้นถัดไป

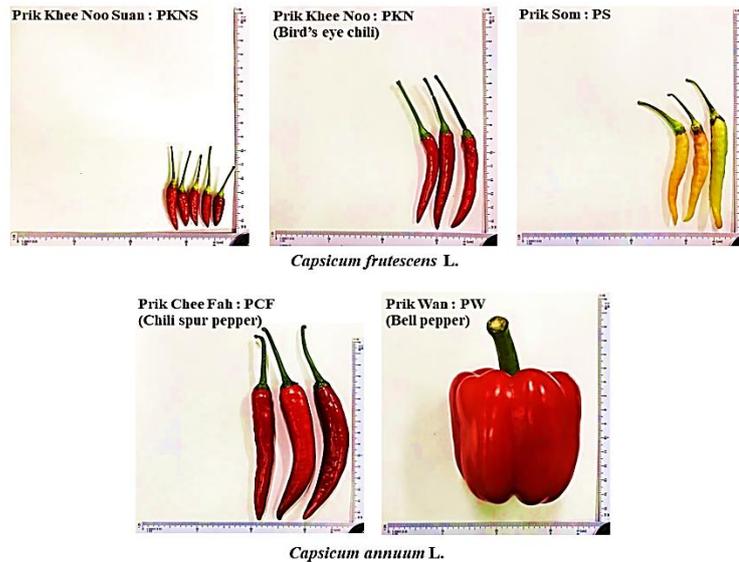


Figure 1 The morphological of five chili peppers in experiment.

การเตรียมสารสกัด

1. สารสกัดด้วยเอทานอล (Ethanolic extracts)

ชั่งตัวอย่างพริกมา 10 กรัม สกัดในเอทานอลบริสุทธิ์ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ระยะเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง โดยกวนตลอดเวลา กรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส คำนวณปริมาณสารสกัดที่ได้และนำสารสกัดไปทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส

2. สารสกัดด้วยอะซิโตนไนไตรล์ (Acetonitrile extracts)

ชั่งตัวอย่างพริกมา 5 กรัม สกัดในอะซิโตนไนไตรล์บริสุทธิ์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ระยะเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องโดยกวนตลอดเวลา กรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส คำนวณปริมาณสารสกัดที่ได้และนำสารสกัดไปทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส

การทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสของสารสกัดจากพริก ในระดับหลอดทดลอง (in vitro)

1. ขั้นตอนทดสอบการยับยั้งเอนไซม์จากสารสกัด (Inhibition test)

การทดสอบการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสของสารสกัดจากพริกทำได้โดยดัดแปลงจากวิธีของ Owen & Johns (1999) โดยมีขั้นตอนดังนี้ เตรียมสารสกัดของพริกแต่ละชนิดโดยเจือจางด้วยตัวทำละลายให้ได้ความเข้มข้นในช่วง 1-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดมา 10 ไมโครลิตร ผสมกับเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสที่เข้มข้น 0.2 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ในปริมาตร 50 ไมโครลิตร ที่อยู่ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอช 7.5 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นเติมแซนทีน (สารตั้งต้นของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส) เข้มข้น 0.06 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ให้ได้ 1.5 มิลลิลิตร แล้วบ่มต่อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาให้หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม

กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimadzu - 160 A ที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร ในการทดลองใช้แคปไซซินเป็นสารมาตรฐานและอัลโลฟูรินอลเป็นสารที่ให้ผลบวก (Positive control) แล้วคำนวณหาร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (% Inhibition)

2. ขั้นตอนทดสอบการรบกวนจากสารสกัด (Interference test)

การทดลองในขั้นตอนนี้ทำการทดลองเหมือนกับในข้อ 1 แต่ไม่มีการเติมเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสลงในชุดการทดลอง ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นโดยนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (% Inhibition) ได้จากสูตรด้านล่าง

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A-B) - (C-D)}{A-B} \times 100$$

โดยที่ A คือค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองที่ไม่มีสารสกัด ในขั้นตอนการยับยั้งเอนไซม์
B คือค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองที่มีสารสกัด ในขั้นตอนการยับยั้งเอนไซม์
C คือค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองที่มีเอนไซม์ ในขั้นตอนการรบกวนจากสารสกัด
D คือค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองที่ไม่มีเอนไซม์ ในขั้นตอนการรบกวนจากสารสกัด

นำค่าร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสไปหาความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ร้อยละ 50 (50 % Inhibition concentration, IC₅₀) โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (แกน X) และร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (แกน Y)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (Technical replicates) หาค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สารประกอบในกลุ่มแคปไซซินอยด์ที่พบในพริกสามารถสกัดออกมาได้โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เมทานอล อะซิโตนและอะซิโตนไตรล อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณของแคปไซซินอยด์มากที่สุดต้องพิจารณาถึงส่วนต่าง ๆ ของพริกที่นำมาใช้ในการสกัด เช่น เนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นกลางของพริกจะมีปริมาณแคปไซซินอยด์น้อยกว่าเนื้อเยื่อชั้นใน แกนกลางและเมล็ดของพริก (Chinn et al., 2011) นอกจากนี้การเลือกตัวทำละลายที่มีความปลอดภัยต่อการนำแคปไซซินอยด์ไปประยุกต์ใช้ก็ควรนำมาพิจารณาเช่นเดียวกัน เช่น การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะปลอดภัยกว่าการใช้อะซิโตนแต่จะได้ปริมาณของแคปไซซินอยด์น้อยกว่าการใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (Kruawan et al., 2022) และยังมีรายงานว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการสกัดแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินจากพริกคือการใช้อะซิโตนไตรลเป็นตัวทำละลายรองลงมาคือเอทานอล (Chinn et al., 2011) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เอทานอลและอะซิโตนไตรลเป็นตัวทำละลาย สารประกอบในกลุ่มแคปไซซินอยด์ออกจากพริกทั้ง 5 ชนิด ผลการทดลองพบว่าเมื่อสกัดพริกทั้ง 5 ชนิดโดยใช้เอทานอลและอะซิโตนไตรลเป็นตัวทำละลาย พบปริมาณสารสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.49-17.75 และ 1.55-7.62 ตามลำดับ (Table 1) โดยที่พริกหวานให้ปริมาณของสารสกัดด้วยเอทานอลมากที่สุดร้อยละ 17.75±0.22 ส่วนพริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูและพริกส้มให้ปริมาณของสารสกัดไม่แตกต่างกันเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย (Table 1) ในขณะที่เมื่อใช้อะซิโตนไตรลเป็นตัวทำละลายพบว่าพริกขี้หนูให้ปริมาณของสารสกัดสูง

ที่สุดคือร้อยละ 7.62±0.06 ในขณะที่พริกหวานจะได้ปริมาณของสารสกัดน้อยที่สุด (Table 1)

อัลโลพูรินอลเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส โดยอัลโลพูรินอลจะเข้าไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสในชั้นการเปลี่ยนไฮโปแซนทีนไปเป็นแซนทีนและแซนทีนไปเป็นกรดยูริกส่งผลให้ระดับกรดยูริกในเลือดลดลง (Okamoto et al., 2008) ในการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีน ออกซิเดสจากสารสกัดของพริกทั้ง 5 ชนิด โดยใช้อัลโลพูรินอลเป็นสารที่ให้ผลบวกเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานแคปไซซิน สารสกัดด้วยเอทานอลและสารสกัดด้วยอะซิโตนไตรลจากพริกทั้ง 5 ชนิด พบว่าเมื่อใช้เมื่อความเข้มข้นของอัลโลพูรินอลและแคปไซซินในช่วง 1-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสจะสูงขึ้น (Figure 2A-2B) สำหรับสารสกัดด้วยเอทานอลและอะซิโตนไตรลพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากพริกทั้ง 5 ชนิดสูงขึ้นความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสก็เพิ่มขึ้นด้วย (Figure 2C-2D) แต่สารสกัดด้วยอะซิโตนไตรลจะมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสดีกว่าสารสกัดด้วยเอทานอลเมื่อใช้ความเข้มข้นที่เท่ากัน (Figure 2C-2D)

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสในค่าของความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ร้อยละ 50 (50 % Inhibition concentration, IC₅₀) ให้ผลดัง Table 2 พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลจากพริกทั้ง 5 ชนิด ให้ค่า IC₅₀ ที่สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัลโลพูรินอลและแคปไซซิน (Table 2) ในทางตรงกันข้ามสารสกัดด้วยอะซิโตนไตรลจากพริกขี้หนูสวนและพริกขี้หนูให้ค่า IC₅₀ ที่ไม่แตกต่างกับอัลโลพูรินอล และแคปไซซิน (Table 2) แสดงว่าสารสกัดด้วยอะซิโตนไตรลจากพริกขี้หนูสวนและพริกขี้หนูมีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสได้ใกล้เคียงกับอัลโลพูรินอลและแคปไซซิน นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดด้วยอะซิโตนไตรลจากพริกส้มและพริกขี้ฟ้าให้ค่า IC₅₀ ที่ต่ำ (Table 2) แม้จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัลโลพูรินอลและแคปไซซินก็ตาม (Table 2)

Table 1 Extraction yields of five chili pepper

Sample	Sample code	Extraction yield (g/100g of dry sample)	
		Ethanolic extract	Acetonitrile extract
Prik Khee Noo Suan	PKNS	5.49±0.28 ^a	6.34±0.17 ^a
Prik Khee Noo	PKN	7.79±0.11 ^a	7.62±0.06 ^a
Prik Som	PS	8.40±0.04 ^a	5.11±0.13 ^a
Prik Chee Fah	PCF	9.07±0.15 ^b	6.21±0.24 ^a
Prik Wan	PW	17.75±0.22 ^c	1.55±0.30 ^b

Values in the same column followed by a different letter (^{a-c}) are significantly different ($P < 0.05$). Each value in table is represented as mean±SD (n=3).

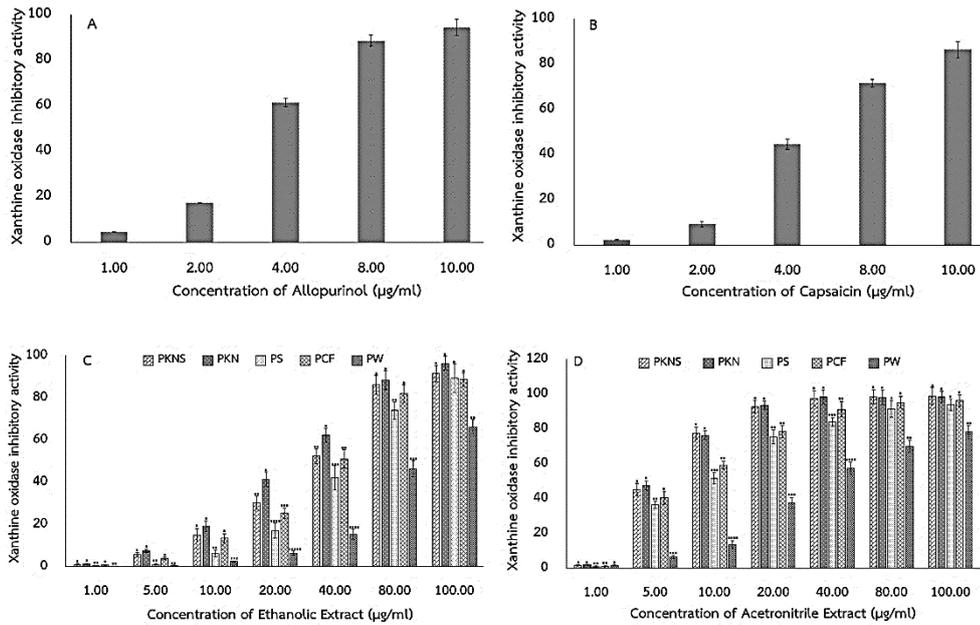


Figure 2 Effect of difference concentration from five chili pepper extract in xanthine oxidase inhibitory effect.

*, **, ***, ****, ***** Mean with different in same concentration are significantly different ($P < 0.05$).

Table 2 Xanthine oxidase inhibitory activity of five chili pepper

Samples	50 % Inhibition Concentration (IC_{50} , $\mu\text{g/mL}$)	
	Ethanol extract	Acetonitrile extract
Prik Khee Noo Suan	30.50±0.45 ^b	5.61±0.10 ^a
Prik Khee Noo	28.76±0.63 ^b	5.36±0.06 ^a
Prik Som	46.33±2.60 ^c	8.41±0.69 ^b
Prik Chee Fah	34.05±1.18 ^b	7.18±0.17 ^b
Prik Wan	87.63±1.92 ^d	34.86±0.32 ^c
Capsaicin	4.02±0.14 ^a	
Allopurinol	3.13±0.11 ^a	

Values in the same column followed by a different letter (^{a-c}) are significantly different ($P < 0.05$). Each value in table is represented as mean ± SD (n=3).

สารประกอบในกลุ่มแคปไซซินอยด์ที่พบในพริกมีหลายชนิด เช่น แคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซิน นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน โฮโมแคปไซซินและโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน แต่ที่พบมากที่สุดมีเพียง 2 ชนิดคือ แคปไซซินร้อยละ 46-47 และไดไฮโดรแคปไซซินร้อยละ 22-40 โดยขึ้นอยู่กับชนิดของพริกแต่ละสายพันธุ์ Thongmarong & Phoomya (2017) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสกัดแคปไซซินและไดไฮโดรแคปไซซินให้ได้มากที่สุดคือใช้อะซิโตน ไตรลเป็นตัวทำละลาย (Chinn et al., 2011) จากการทดลองพบว่า สารมาตรฐานแคปไซซินมีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ แชนทีนออกซิเดสเทียบเท่ากับอัลโลพูรินอล (Table 2) ซึ่งเมื่อพิจารณาโครงสร้างทางเคมีของแคปไซซินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นส่วนประกอบอยู่บนวงแหวนเบนซีน (Figure 3) โดยมีรายงานว่าหมู่ไฮดรอกซิลมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แชนทีน

ออกซิเดสได้ดี โดยที่หมู่ไฮดรอกซิลจะถูกเติมลงในคาร์บอนของ แชนทีนที่ตำแหน่งที่ 2 และ 6 ซึ่งเป็นบริเวณเร่งต่อเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสทำให้เอนไซม์แชนทีนออกซิเดสไม่สามารถเปลี่ยนแชนทีนไปเป็นกรดยูริกเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ (Khimkem & Khempaka, 2020) และจากรายงานการศึกษาในการจำลองการจับกัน (Molecular docking) ระหว่างแคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซินและอัลโลพูรินอลกับเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสเมื่อใช้โปรแกรม Molegro Virtual Docker พบว่าแคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซินและอัลโลพูรินอลเกิดอันตรกิริยาไฮโดรเจนกับเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสได้แตกต่างกัน โดยที่ไดไฮโดรแคปไซซินจะเกิดอันตรกิริยาไฮโดรเจนกับเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสได้ดีกว่าแคปไซซินและอัลโลพูรินอลตามลำดับ (Muthusamy & Jeyabalan, 2019)

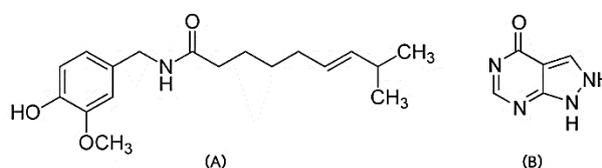


Figure 3 Structure of capsaicin (A) and allopurinol (B)

จากผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้เป็นการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสของสารสกัดหยาบจากพริก แต่ก็มีความน่าสนใจเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดด้วยอะซีโตนไทรคลอโรกับอัลโลพูรินอลพบว่าสารสกัดด้วยอะซีโตนไทรคลอโรของพริกชี้หูสวนและพริกชี้หนุมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสได้ใกล้เคียงกัน (Table 2) นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากพริกต่อการยับยั้งเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสยังมีรายงานอยู่น้อยมาก จึงอาจต้องทำการศึกษาต่อโดยการแยกสารสกัดหยาบให้ได้สารที่บริสุทธิ์สูงขึ้นเพื่อให้ได้สารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์ แชนทีนออกซิเดสมากที่สุดสำหรับการพัฒนาสารสกัดจากพริกให้เป็นสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการลดการสะสมของกรดยูริกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคเก๊าท์

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ นำพริกมา 5 ชนิด ได้แก่ พริกชี้หนุมสวน พริกชี้หนุม พริกส้ม พริกชี้ฟ้าและพริกหวานมาสกัดเพื่อให้ได้สารสกัดที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่ส่งผลให้ปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลโดยตรงต่อคนที่เป็นโรคเก๊าท์ ผลการวิจัยพบว่าสารสกัดด้วยอะซีโตนไทรคลอโรจากพริกชี้หนุมสวน พริกชี้หนุม พริกส้ม พริกชี้ฟ้ามีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสได้ดีกว่าสารสกัดด้วยเอทานอลเมื่อเปรียบเทียบกับอัลโลพูรินอลและสามารถฐานแคปไซซิน ในขณะที่พริกหวานไม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แชนทีนออกซิเดส ผลงานวิจัยที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำสารสกัดที่ได้ไปแยกบริสุทธิ์ให้ได้สารประกอบที่บริสุทธิ์สูงขึ้นแล้วตรวจสอบคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์แชนทีนออกซิเดสในระดับ *in vitro* หรือ *in vivo* ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ได้ให้การสนับสนุน อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

References

Abeles, M. A. (2012). Febuxostat hypersensitivity. *The Journal of Rheumatology*, 39(3), 659.

Apaya, M. K., & Hernandez, C. (2011). Xanthine oxidase inhibition from selected Philippine plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(2), 289-292.

Barajas E. M., Cantua, G. V. B., Morales, A. H., Pelayo, V. D. R. T., Martinez, J. V., & Cantua, N. E. B. (2021). In vitro α -amylase and α -glucosidase enzyme inhibition and antioxidant activity by capsaicin and piperine from *Capsicum chinense* and *Piper nigrum* fruits.

Journal of Environmental Science and Health, Part B, 56(3), 282-291. doi: 10.1080/03601234.2020.1869477

Battelli, M. G., Bolognesi, A., & Polito, L. (2014). Pathophysiology of circulating xanthine oxidoreductase: new emerging roles for a multi-tasking enzyme. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Basis of Disease*, 1842(9), 1502-1517.

Borghi, C., & Desideri, G. (2016). Urate-lowering drugs and prevention of cardiovascular disease: the emerging role of xanthine oxidase inhibition. *Hypertension*, 67(3), 496-498. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06531

Chen, C., Lu, J. M., & Yao, Q. (2016). Hyperuricemia-related diseases and xanthine oxidoreductase (XOR) inhibitors: An overview. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 22, 2501-2512. doi: 10.12659/MSM.899852

Chinn, M. S., Shivappa, R. R. S., & Cotter, J. L. (2011). Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from *Capsicum chinense*. *Food and Bioprocess Processing*, 89(4), 340-345.

Chohan, S. (2011). Safety and efficacy of febuxostat treatment in subjects with gout and severe allopurinol adverse reactions. *The Journal of Rheumatology*, 38(9), 1957-1959. doi: 10.3899/jrheum.110092

Galassi, F. M., & Borghi, C. (2015). A brief history of uric acid: from gout to cardiovascular risk factor. *European Journal of Internal Medicine*, 26(5), 373. doi: 10.1016/j.ejim.2015.04.005

Hassan, S., Wetz, R., & Zouein, E. (2011). Allopurinol causing drug rash with eosinophilia and systemic symptoms syndrome: a challenging diagnosis. *International Journal of General Medicine*, 4, 789-792. doi: 10.2147/IJGM.S24953

Inprasit, K., Chookaew, L., Suksawad, J., & Chuenwatthana, S. (2022). Physicochemical properties and capsaicinoids content of Thai chili cultivars used in southern sour curry paste (Kaeng Som). *Bulletin of Applied Sciences*, 11(11), 121-132.

Kang, Y., Kim, M. J., Jang, H. N., Bae, E. J., Yun, S., Cho, H. S., Chang, S. H., & Park, D. J. (2014). Rhabdomyolysis associated with initiation of febuxostat therapy for hyperuricemia in a patient with chronic kidney disease. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 39(3), 328-330. doi:10.1111/jcpt.12144

Khimkem, A., & Khempaka, S. (2020). Evaluation of phytochemical properties of *Sida acuta* Burm.f. and its dietary supplement effect on plasma purine, purine derivative and uric acid concentrations of Korat

- chickens. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(1), 143-152. doi:10.14456/kaj.2020.13 (in Thai)
- Kim, H. S., Hwang, H. J., Kim, H. J., & Do, S. H. (2022). Case report: Articular gout in four dogs and one cat. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 752774. doi: 10.3389/fvets.2022.752774
- Kruawan, S., Hanchaiyaphum, P., Sodawichit, S., Janthakhat, P., Konglamjeak, S., Khiewbanyang, N., Wutisart, T., & Phadungchob, B. (2022). Effect of extraction solvent on capsaicin content of chinda peppers. *Suan Sunandha Science and Technology Journal*, 9(2), 48-52.
- Lu, J. M., Yao, Q., & Chen, C. (2013). 3,4-Dihydroxy-5-nitrobenzaldehyde (DHNB) is a potent inhibitor of xanthine oxidase: a potential therapeutic agent for treatment of hyperuricemia and gout. *Biochemical Pharmacology*, 86(9), 1328-1,337. doi: 10.1016/j.bcp.2013.08.011
- MacWilliams, P. S., & Friedrichs, K. R. (2003). Laboratory evaluation and interpretation of synovial fluid. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 33(1), 153-178. doi: 10.1016/s0195-5616(02)00083-9
- Min, H. K., Lee, B., Kwok, S. K., Ju, J. H., Kim, W. U., Park, Y. M., & Park, S. H. (2015). Allopurinol hypersensitivity syndrome in patients with hematological malignancies: characteristics and clinical outcomes. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 30(4), 521-530. doi: 10.3904/kjim.2015.30.4.521
- Minhas, K. M., Saraiva, R. M., Schuleri, K. H., Lehrke, S., Zheng M., Saliaris A. P., Berry, C. E., Barouch, L. A., Vandegaer, K. M., Li, D., & Hare, J. M. (2006). Xanthine oxidoreductase inhibition causes reverse remodeling in rats with dilated cardiomyopathy. *Circulation Research*, 98(2), 271-279. doi:10.1161/01.RES.0000200181.59551.71
- Muthusamy, S., & Jeyabalan, S. (2019). In-silico and in-vitro evaluation of xanthine oxidase inhibition of Zingiber officinalae for hypouricemic activity. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12(1), 314-320. doi: 10.5958/0974-360X.2019.00057.X
- Nuki, G., & Simkin, P. A. (2006). A concise history of gout and hyperuricemia and their treatment. *Arthritis Research & Therapy*, 8(Suppl. 1), S1. doi:10.1186/ar1906
- Okamoto, K., Eger, B. T., Nishino, T., Pai, E. F., & Nishino, T. (2008). Mechanism of inhibition of xanthine oxidoreductase by allopurinol: Crystal structure of reduced bovine milk xanthine oxidoreductase bound with oxipurinol. *Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids*, 27(6-7), 888-893. doi: 10.1080/15257770802146577
- Owen, P. L., & Johns, T. (1999). Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacology*, 64(2), 149-160. doi: 10.1016/s0378-8741(98)00119-6
- Thongmarong, P., & Phoomya, P. (2017). Determination of capsaicin and antioxidant activity in spicy herbs. *Proceedings of the 4th National conference* (pp. 931-936). Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. (in Thai)

Research article

Inhibitory effect of chili pepper extracts on xanthine oxidase activity

Suwatchai Misuna* Niramol Srichana Kittipong Choojit and Wimonnann Pongpatrakant

*Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Mueang Loei, Loei, 42000***ARTICLE INFO****Article history**

Received: 28 June 2023

Revised: 23 July 2023

Accepted: 23 August 2023

Online published: 19 October 2023

Keyword*Chili pepper**Xanthine oxidase**Allopurinol**Inhibition of enzyme activity***ABSTRACT**

Xanthine oxidase enzyme plays a significant role in the change of purine base derivatives into uric acid. An excessive amount of uric acid leads to the formation of monosodium urate crystals in and around the joints of the human body, resulting in joint inflammation. The objective of this study was to investigate the potential of extracts from the five different chili peppers to inhibit the activity of xanthine oxidase enzyme. Five chili peppers (Prik Khee Noo Suan, Prik Khee Noo, Prik Som, Prik Chee Fah and Prik Wan) were extracted with absolute ethanol and acetonitrile. The extracts were evaluated for their potential to inhibit xanthine oxidase activity comparing them with standard capsaicin and allopurinol. The results of the experiment showed that the extract yield from five chili peppers ranged from 5.49-17.75 and 1.55-7.62 %w/w when using absolute ethanol and acetonitrile as the solvent, respectively. The results of the study on the inhibitory effect of chili extract on xanthine oxidase activity revealed that the acetonitrile extract was more effective in inhibiting the enzyme compared to the ethanolic extract. The extract from five chili peppers displayed xanthine oxidase inhibitory activity, with IC₅₀ values ranging from 5.36-34.86 and 28.76-87.63 µg/ml. when using acetonitrile and ethanol as the solvent, respectively. Additionally, the acetonitrile extract of Prik Khee Noo and Prik Khee Noo Suan did not significantly inhibit of xanthine oxidase activity compared to the standard capsaicin (4.02±0.14 µg/ml) and allopurinol (3.13±0.11 µg/ml). This study provides new insights into the potential use of chili pepper extracts, especially Prik Khee Noo and Prik Khee Noo Suan as a source of xanthine oxidase inhibitors.

*Corresponding author

E-mail address: suwatchai.mis@lru.ac.th (S. Misuna)

Online print: 19 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.23>



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

บทความวิจัย

การใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่าชีวิตในเลือดของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด

สนทยา มุลศรีแก้ว อีรพงษ์ ใจชาญสุขกิจ ศรัณย์ นิ่มเชื้อ และ ชุศักดิ์ พูลมา *

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 9 มิถุนายน 2566

แก้ไข: 27 กรกฎาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 18 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 20 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

ปลายข้าวไรสเบอร์รี่

ผลผลิตไข่

คุณภาพไข่

ค่าชีวิตในเลือด

โรงเรือนแบบเปิด

บทคัดย่อ

ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและมีสารต้านอนุมูลอิสระ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นอาหารไก่ไข่ต่อผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่าชีวิตในเลือดของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ใช้ไก่พันธุ์ โลมันบรราวน์อายุ 41 สัปดาห์จำนวน 90 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มที่ 1 ใช้ข้าวโพดบดที่ระดับร้อยละ 40 (C) กลุ่มที่ 2 ใช้ปลายข้าวขาวที่ระดับร้อยละ 40 (BR) กลุ่มที่ 3 ใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่ที่ระดับร้อยละ 40 (RBR) ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหาร ดัชนีไข่แดง ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ และค่าออกยูนิต ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนค่าสีไข่แดงกลุ่ม RBR ต่ำกว่ากลุ่ม C ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม BR อย่างไรก็ตามกลุ่ม RBR มีสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวเฮเทอโรฟิล (H) ต่อลิมโฟไซต์ (L) ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($p < 0.05$) อีกทั้งยังลดต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ได้ 2.90 บาทต่อกิโลกรัม ($p < 0.05$) สรุปปลายข้าวไรสเบอร์รี่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดและปลายข้าวขาวในสูตรอาหารได้โดยไม่กระทบกับสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ และลดความเครียดของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดได้ แต่การใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มสีไข่แดง

บทนำ

ไก่ไข่เป็นสัตว์เลี้ยงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย จากรายงานของกรมปศุสัตว์พบว่าการผลิตไข่ไก่ภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีทั้งที่เป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อส่งออก ประมาณร้อยละ 90 ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ยังเป็นฟาร์มขนาดเล็กถึงขนาดกลางซึ่งใช้ระบบการเลี้ยงทั้งระบบปิดและระบบเปิด การเลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบปิดจะได้ผลผลิตไข่สูง และไก่มีสุขภาพดีกว่าการเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดเนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงได้ เช่น อุณหภูมิภายในโรงเรือน ชั่วโมงแสง และความแม่นยำในการให้อาหารให้คงที่ได้ (Miao et al., 2005) ซึ่งตรงกันข้ามกับการเลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้ ส่งผลให้ไก่เกิดความเครียดกระทบต่อการให้ผลผลิตและสวัสดิภาพของไก่ไข่ได้ (Elitok & Bingüler, 2018) ปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงผลผลิตเท่านั้นแต่ยังต้องคำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ตามกฎหมาย โดยต้องจัดการเลี้ยงดูให้สัตว์ไม่อยู่ในภาวะเครียดซึ่งผลผลิตที่ได้จากการจัดการเลี้ยงดูดังกล่าวนี้ยังสามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้น (Ochs et al., 2019) ในอุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่ พบว่าต้นทุนการผลิตไข่เป็นค่าอาหาร

ประมาณร้อยละ 70 และมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยเฉพาะข้าวโพดซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานหลักที่นิยมใช้เลี้ยงไก่ไข่ ปัจจุบันข้าวโพดถูกนำไปผลิตเป็นพลังงานทางเลือกส่งผลให้มีราคาสูงขึ้นกระทบกับต้นทุนการผลิตทั้งในอุตสาหกรรมไก่ไข่และไก่เนื้อ การหาวัตถุดิบทางเลือกมาใช้เพื่อทดแทนข้าวโพดจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น (Beckford & Bartlett, 2015)

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยมีรายงานการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญคือสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆเช่นโรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจ (Chotimarkorn et al., 2008; Dykes & Rooney, 2007) โดยข้าวไรสเบอร์รี่ (Riceberry) เป็นข้าวที่มีสารประกอบฟีนอลิกสูง (Settapramote et al., 2018) ถูกปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์มาจากข้าวหอมนิลและ ข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมปลูกของเกษตรกรในทั่วประเทศทุกภาคของประเทศไทย อุดมไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด สารสีม่วงเข้มที่พบในข้าวไรสเบอร์รี่คือ สารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสีสามารถละลายน้ำได้ดีจัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์หรือสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง

*Corresponding author

E-mail address: Chusakpu@gmail.com (C. Pulmar)

Online print: 20 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.24>

และยังพบเบต้าแคโรทีน แกมมาโอโรซานอล วิตามินอี แทนนิน โอมิแก้า 3 โพลีฟีนอล และโพลีฟีนอล สูงมีคุณสมบัติในการต้านทาน การเกิดมะเร็ง และลดความเครียด (Prangthip et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบรายงานประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระจาก กากมะเขือเทศ (Yolao & Yammuen-art, 2016) และจากกากเมาเป็น (Lokaewmanee et al., 2018) ที่ช่วยลดความเครียดในไก่เนื้อที่เลี้ยง ในสภาพหนาแน่นและลดความเครียดจากความร้อนในสภาพโรงเรือน แบบเปิดได้ ทั้งนี้ค่าชีวิตในเลือดเช่นสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลและลิมโฟไซต์สามารถใช้เป็นค่าชีวิตความเครียดในสัตว์ปีกได้ (Gross & Siegel, 1986) ซึ่งค่านี้จะสูงขึ้นตามระดับความเครียดในร่างกาย (McFarlane & Curtis, 1989)

โดยทั่วไปการเลี้ยงไก่ไข่หรือไก่เนื้อได้ผลผลิตได้ที่เป็นปลายข้าวประมาณร้อยละ 20 โดยแต่ละฤดูกาลการเก็บเกี่ยวข้าวไรสเบอร์รี่ ในประเทศไทยจะมีผลผลิตได้ที่เป็นปลายข้าวอยู่ประมาณ 1,200 - 1,800 ตัน (Luang-In et al., 2018) ซึ่งปลายข้าวและข้าวโพดเป็น วัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มที่ให้พลังงานที่นิยมใช้ในการเลี้ยงสัตว์ปีก เนื่องจากมีระดับโปรตีนและพลังงานใกล้เคียงกันจึงสามารถใช้ทดแทน กันได้ในกรณีที่วัตถุดิบตัวใดตัวหนึ่งขาดแคลน จากรายงานของ Jadhao et al. (2000) ที่ทดลองทดแทนข้าวโพดด้วยปลายข้าวร้อยละ 50 ในสูตรอาหารไก่ไข่พันธุ์โรดไอแลนด์เรดและพันธุ์วอร์ทเลค ฮอร์นพบว่าไม่มีผลกระทบต่อ น้ำหนักไข่ รูปทรงของไข่ ความหนาของ เปลือกไข่ ค่าดัชนีไข่ขาว ค่าดัชนีไข่แดง และค่าฮอกยูนิต ขณะที่ Pereira et al. (2016) ได้ทดลองทดแทนข้าวโพดด้วยปลายข้าวใน อาหารนกกระทาญี่ปุ่นอายุ 64 - 148 วันที่ระดับร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ในสูตรอาหารพบว่าสามารถใช้ได้ถึงระดับร้อยละ 100 โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตและคุณภาพของไข่แต่ ระดับการทดแทนที่มากขึ้นส่งผลกระทบต่อค่าสีไข่แดง เช่นเดียวกับ รายงานของ Filgueira et al. (2014) ที่พบว่าปลายข้าวสามารถใช้ ทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารนกกระทาเนื้อได้ร้อยละ 100 โดยไม่ กระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากรวมไปถึงต้นทุนการผลิต สอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. (2020) ที่ระบุว่าปลาย ข้าวสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดได้ทั้งหมดในสูตรอาหารโดยไม่กระทบ กับสมรรถภาพการผลิตและค่าชีวิตในเลือดของห่านอายุ 28 - 70 วัน ขณะที่ Chalermisan (2021) ได้ทดลองใช้ปลายข้าว ไรสเบอร์รี่เป็น แหล่งพลังงานหลักในการเลี้ยงไก่แบบกึ่งเชิงกึ่งปล่อยพบว่าให้ผลผลิต ไข่สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่ร่วมกับใบมะขาม จากหลาย ๆ งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าปลายข้าวสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดในสูตร อาหารสัตว์ปีกในระดับสูงได้ แต่รายงานการใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เพื่อ เป็นอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดนั้นยังมีอยู่น้อยมาก ซึ่งสาร ต้านอนุมูลอิสระในปลายข้าวไรสเบอร์รี่น่าจะมีผลในการลดความเครียด ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการ ใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่าชีวิตในเลือดของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

แผนการทดลองและสัตว์ทดลอง

การทดลองครั้งนี้อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของคณะกรรมการ

ใช้สัตว์เพื่องานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ เลขที่ IAU-RUS63-005 วางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) เพื่อทดสอบผล ของการใช้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นอาหาร ต่อปริมาณผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ และค่าชีวิตในเลือดของไก่ไข่ โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์โลมันบราวน์ จำนวน 90 ตัวซึ่งมีอายุ 41 สัปดาห์เป็นต้นไป เลี้ยงในโรงเรือนแบบ เปิดบนกรงตั้งทรง A ขนาด 40 x 40 x 39 เซนติเมตร กรงละ 1 ตัว ได้รับแสงสว่างวันละ 16 ชั่วโมง (16L : 8D) ให้กินอาหารแบบเต็มทีวัน ละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าเวลา 7.30 น. และในช่วงเย็นเวลา 16.30 น. อาหารมีระดับโปรตีนร้อยละ 17 และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ระยะเวลาใน การทดลองทั้งหมด 74 วัน ในช่วงเดือน เมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2563 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 38.20 องศาเซลเซียส และร้อยละ 62.50 ตามลำดับ การทดลองแบ่งเป็นช่วงปรับตัวเพื่อให้ สัตว์คุ้นเคยกับอาหารทดลอง 14 วัน และระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 60 วันโดยสุ่มสัตว์ทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ตัว และให้ได้รับอาหารทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับอาหารสูตร ข้าวโพดบดเป็นหลักร้อยละ 40 ในสูตรอาหาร (C) กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหาร สูตรปลายข้าวขาวเป็นหลักร้อยละ 40 ในสูตรอาหาร (BR) กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารสูตรปลายข้าวไรสเบอร์รี่เป็นหลักร้อยละ 40 ในสูตรอาหาร (RBR)

การเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสถานที่ในการทดลอง

ก่อนประกอบสูตรอาหารในแต่ละกลุ่มทดลองสุ่มเก็บตัวอย่าง ข้าวโพดบด ปลายข้าวขาว และปลายข้าว ไรสเบอร์รี่ชนิดละ 5 ซ้ำ เพื่อ วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิก คัดแปลงจาก Folin-Ciocalteu method ตามวิธีการของ Singleton et al. (1999) สุ่มเก็บตัวอย่าง อาหารทดลองในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำเพื่อศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (2000) บันทึกสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นและน้ำหนัก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน (daily feed intake) ปริมาณผลผลิตไข่ (hen-day-egg production) น้ำหนักไข่ (egg weight) มวลไข่ (egg mass) อัตราการเปลี่ยนอาหาร (feed conversion ratio) ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม (feed cost/kg of egg) และอัตราการตาย (mortality) บันทึกคุณภาพไข่ ได้แก่ ค่าสีไข่แดง (yolk color) ค่าความสูงไข่ขาว (albumin height) และค่าฮอกยูนิต (Haught unit) ด้วยเครื่อง Egg multi tester EMT-7300 คำนวณหาค่าดัชนีไข่แดง (yolk index) โดยใช้สมการ $YI = YH/YD$ (ค่าดัชนีไข่แดง = ความสูงของไข่แดง/เส้นผ่าศูนย์กลาง ไข่แดง) และวัดความหนาของเปลือกไข่ด้วย micrometer ในวันที่ 15 30 45 และวันที่ 60 ของการทดลอง ค่าชีวิตในเลือดของไก่ทุกกลุ่ม ทดลองถูกวัดในวันที่สิ้นสุดการทดลอง โดยการเจาะเลือดจากเส้นเลือด บริเวณปีกโดยสัตวแพทย์ปริมาณ 1.50 มิลลิลิตรเพื่อตรวจค่าเม็ดเลือด ขาว (white blood cell count, WBC count) และศึกษาชนิดและ ปริมาณเม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ ตามวิธีการของ Gross & Siegel (1986)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลสมรรถภาพ การผลิต คุณภาพไข่ และค่าชีวิตในเลือดตามแผนการทดลองแบบสุ่ม

สมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SAS V.9.0 สถานที่ในการทดลอง ฟาร์มทดลองและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองพบว่าปลายข้าวไรสเบอร์รี่มีร้อยละของวัตถุดิบ โปรตีน เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ไม่แตกต่างกับปลายข้าวขาวและข้าวโพดบด ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบทั้งสามชนิดมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนกันได้ ในอาหารสัตว์ปีก นอกจากนี้ปลายข้าวไรสเบอร์รี่ยังมีเยื่อใยต่ำกว่าข้าวโพดบดถึง 5.87 เท่า (ร้อยละ 0.94 เทียบกับ 5.25) ($p < 0.05$) ซึ่งน่าจะส่งผลให้มีการย่อยได้ดีในสัตว์ปีก เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่าในปลายข้าวไรสเบอร์รี่และปลายข้าวขาวมีค่าโดยเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวโพดบดอยู่ 5.00 เท่าและ 2.66 เท่าตามลำดับ (เฉลี่ยร้อยละ 0.35 เทียบกับ 0.07 และร้อยละ 0.24 เทียบกับ 0.09 ตามลำดับ) ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Schirrmann et al. (2018) ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวไม่พบแคลเซียมและฟอสฟอรัสในปลายข้าวซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ที่ตรวจพบในปริมาณต่ำมากโดยเฉลี่ยร้อยละ

0.07 และ 0.09 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของพื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวได้ (Jing & Jichao, 2012) เมื่อพิจารณาถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลิกพบว่าในปลายข้าวไรสเบอร์รี่มีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวโพดบดและปลายข้าวขาวอยู่ 1.21 เท่าและ 5.38 เท่า ตามลำดับ (69.28 เทียบกับ 57.08 และ 12.86 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ($p < 0.05$) ทั้งนี้จากรายงานของ Settapramote et al. (2018) พบว่าสารประกอบฟีนอลิกในข้าวไรสเบอร์รี่ในประเทศไทย จะมีค่าแตกต่างกันออกไปตามพื้นที่ในการเพาะปลูกโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 179.16 ถึง 327.61 มิลลิกรัมสมมูลของกรด แกลลิกต่อ 100 กรัม แต่จากการทดลองครั้งนี้เป็นปลายข้าวซึ่งมีพื้นที่ผิวข้าว (pericarp) น้อยกว่าข้าวเมล็ดเต็มจึงพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพียง 69.28 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ซึ่งการสะสมของสารประกอบ ฟีนอลิกในเมล็ดข้าวไรสเบอร์รี่จะอยู่ในส่วนของผิวข้าวหรือในรำข้าว (bran) (Walter et al., 2013) และความละเอียดในการขัดสีข้าวที่ต่างกันน่าจะมีผลต่อการตรวจพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้ (Table 1) อาหารทดลองทั้งสามกลุ่มถูกคำนวณให้มีระดับโปรตีนร้อยละ 17 และพลังงาน 2,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามความต้องการของไก่ไข่ระยะท้าย (NRC, 1994) และผลจากการวิเคราะห์พบว่ามีการมีระดับโปรตีนที่ใกล้เคียงกันสูงกว่าระดับที่คำนวณไว้เฉลี่ยร้อยละ 0.14 และกลุ่มที่ใช้ปลายข้าวเป็นหลักที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรมีต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นหลักอยู่ 0.78 บาทต่อกิโลกรัม (11.69 บาทเทียบกับ 10.91 บาท) (Table 2)

Table 1 Nutritive values of feed ingredient used in the experiment¹ (\pm SD)

Composition (%)	C	BR	RBR	P-values
DM	88.56 (\pm 0.76)	88.67 (\pm 0.34)	88.54 (\pm 0.12)	ns
CP	7.88 (\pm 0.41)	7.80 (\pm 0.45)	7.68 (\pm 0.72)	ns
EE	3.78 (\pm 0.72) ^a	1.30 (\pm 0.67) ^b	1.50 (\pm 0.96) ^b	*
CF	5.25 (\pm 0.55) ^a	0.52 (\pm 0.98) ^b	0.94 (\pm 0.54) ^b	*
Ash	1.68 (\pm 0.84)	0.83 (\pm 0.65)	1.06 (\pm 0.21)	ns
NFE	78.54 (\pm 0.95)	79.00 (\pm 0.23)	78.00 (\pm 0.37)	ns
Ca	0.35 (\pm 0.34) ^a	0.06 (\pm 0.47) ^b	0.08 (\pm 0.11) ^b	*
P	0.24 (\pm 0.21) ^a	0.08 (\pm 0.65) ^b	0.10 (\pm 0.10) ^b	*
TPC ² (mg GAE/100g)	57.08 (\pm 1.16) ^b	12.86 (\pm 1.10) ^c	69.28 (\pm 1.12) ^a	*

¹Proximate analysis,

²Total phenolic content, C = ground corn, BR = broken rice, RBR = Riceberry broken rice

^{ab}Values within a row with different superscripts means significant values.

Table 2 Composition of experimental diet¹

Item	C	BR	RBR
Ingredients (kg)			
Ground corn	40	-	-
Rice bran	21.85	21.85	21.85
Broken rice	-	40.00	-
Riceberry broken rice	-	-	40.00
Soybean meal (44%)	16.00	16.00	16.00
Fish meal (55%)	7.00	7.00	7.00
Leucaena leaf meal	2.50	2.50	2.50
Oyster shell	8.00	8.00	8.00
Fat	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate	0.70	0.70	0.70
D – L Methionine	0.20	0.20	0.20
Salt	0.50	0.50	0.50
Vitamin premix	0.25	0.25	0.25
Total (kg)	100.00	100.00	100.00
Price (baht/kg) ²	11.69	10.91	10.91
Nutrient composition (%)			
CP ³	17.21	17.13	17.09
ME (kcal/kg) ⁴	2,800	2,800	2,800
Ca/P ⁴	3.05	3.03	3.01

¹C = ground corn, BR = broken rice, RBR = Riceberry broken rice.

²Ground corn = 9.45 baht/kg, rice bran = 7.50 baht/kg, broken rice = 7.50 baht/kg, riceberry broken rice = 7.50baht/kg, soybean meal = 14.10 baht/kg, fish meal = 29.20 baht/kg, leucaena leaf meal = 8.00 baht/kg, oyster shell = 3 baht/kg, fat = 25 baht/kg, dicalcium phosphate = 18 baht/kg, D – L methionine = 140 baht/kg, salt = 5 baht/kg, vitamin premix = 140 baht/kg.

³Values obtained from the proximate analysis.

⁴Values obtained from the calculations.

ผลของการใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่ในสูตรอาหารเทียบกับการใช้ข้าวโพดและปลายข้าวขาวต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดพบว่า น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลอง น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวัน เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหาร ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Pereira et al. (2016) ที่ได้ทดลองทดแทนข้าวโพดด้วยปลายข้าวในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นไร่ร้อยละ 100 (49.9 กิโลกรัมโดยน้ำหนัก) พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการกินได้ต่อวัน อัตราการให้ไข่ น้ำหนักไข่ และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหาร นอกจากนี้กลุ่มที่ใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดอยู่ที่ 2.90 บาท ($p < 0.05$) (27.50 เทียบกับ 30.40 บาท) และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพไข่ ได้แก่ค่าดัชนีไข่แดง ค่าความสูงของไข่ขาว ค่าความหนาเปลือกไข่ และค่าฮอกยูนิท ของทั้งสามกลุ่มทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในส่วนของค่าสีไข่แดงกลุ่มที่ใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่และปลายข้าวขาวให้สีไข่แดงไม่แตกต่างกันแต่ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพด (4.85 เทียบกับ 4.82 และ 6.37 หน่วยตามลำดับ) ($p < 0.05$) (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Jadhao et al. (2000) ที่ทดแทนข้าวโพดด้วยปลายข้าวร้อยละ 50 ในสูตรอาหารอาหารไก่ไข่พันธุ์โรดไอแลนด์เรดและพันธุ์ไวท์เลคฮอร์นพบว่าไม่มีผลกระทบต่อ น้ำหนักไข่ รูปทรงของไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ค่าดัชนีไข่ขาว และค่าดัชนีไข่แดง แต่กลุ่มที่ใช้ปลายข้าวจะมีค่าสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดถึง 4.26 เท่า (1.40 เทียบกับ 6.40 หน่วยตามลำดับ) เนื่องจากปลายข้าวเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานแต่ไม่มีสารสี

จึงแนะนำให้ใช้ร่วมกับดอกดาวเรืองซึ่งเป็นแหล่งของสารให้สีไข่แดงตามธรรมชาติ ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้กลุ่มที่ใช้ปลายข้าวขาวมีค่าสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดอยู่ 1.32 เท่า (4.82 เทียบกับ 6.37 หน่วย ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากในการวิจัยนี้ทุกกลุ่มทดลองใช้ใบกระถินป่นที่เป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งสารสีตามธรรมชาติร้อยละ 2.50 ในสูตรอาหารจึงช่วยปรับปรุงค่าสีไข่แดงให้สูงขึ้นได้ ในปลายข้าวไรส์เบอร์รี่แม้จะมีเบต้าแคโรทีนอยู่แต่สารสีที่พบมากเป็นหลักคือสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีม่วงที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขี้เขน น้ำ และ แอลกอฮอล์ (Karladee et al., 2003) จึงไม่เหมาะสมในไข่แดงที่มีส่วนประกอบของไขมันอยู่สูง ทำให้ไก่กลุ่มที่ได้รับข้าวไรส์เบอร์รี่มีค่าคะแนนสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพด สอดคล้องกับรายงานของ Chalemsan (2021) ที่ทดลองใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักร่วมกับใบมะรุมร้อยละ 6 ในสูตรอาหารเลี้ยงไก่แบบกึ่งขังกึ่งปล่อยในโรงเรือนแบบเปิดพบว่าใบมะรุมนั้นเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนและแซนโทโรพิสเช่นเดียวกับ ใบกระถินจึงทำให้ไข่มีค่าสีไข่แดงสูง (6.12 หน่วย) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่แต่ไม่เสริมใบมะรุม (1.91 หน่วย) ซึ่งกลุ่มทดลองที่ใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่เป็นหลักในการทดลองครั้งนี้มีค่าสีไข่แดงที่ 4.85 หน่วยต่ำกว่ารายงานของ Chalemsan (2021) ทั้งนี้เนื่องจากระดับของสารสีธรรมชาติที่ต่างกันสูตรอาหารนั้นส่งผลให้มีค่าสีไข่แดงที่ต่างกันได้ ดังนั้นการพิจารณาเสริมสารสีธรรมชาติในระดับใดนอกจากต้องพิจารณาจากสมรรถภาพการผลิตของไก่แล้วอาจต้องใช้ความพึงพอใจต่อสีของไข่แดงที่มีผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภคมาประกอบการพิจารณาซึ่งยังต้องมีการศึกษาอีกต่อไป

Table 3 Effect of Riceberry broken rice as feed for the laying hen on egg production and quality¹

Parameters	C	BR	RBR	SEM	Sig.
Performance					
Initial body weight (g)	2,128	2,125	2,130	23.28	NS
Final body weight (g)	2,288	2,280	2,286	31.22	NS
Daily feed intake (g/bird/d)	125.22	120.62	121.31	4.25	NS
Hen-day-egg production (%)	79.22	78.85	79.25	1.30	NS
Egg weight (g)	61.00	60.25	60.85	1.64	NS
Egg mass (g/bird/d)	48.30	47.52	48.22	1.56	NS
Feed conversion ratio	2.60	2.54	2.52	0.08	NS
Feed cost (baht/kg egg)	30.40 ^a	27.75 ^b	27.50 ^b	0.06	*
Mortality (%)	0.00	0.00	0.00	-	-
Egg quality					
Yolk color	6.37 ^a	4.82 ^b	4.85 ^b	0.06	*
Yolk index	0.42	0.40	0.41	0.64	NS
Albumin high (mm)	6.48	6.50	6.55	0.48	NS
Shell thickness (mm)	0.36	0.35	0.36	0.10	NS
Haught unit	77.80	76.98	78.10	0.15	NS

^{ab} Values within a row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

¹C = ground corn, BR = broken rice, RBR = Riceberry broken rice.

ผลของการใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่เป็นอาหารไก่ไข่ต่อค่าชีวิตในเลือด พบว่าทั้งสามกลุ่มทดลองมีจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ชนิดเบโซฟิล และชนิดอีโอซิโนฟิลไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลและลิมโฟไซต์ (H/L) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเครียดในไก่ได้ (Gross & Siegel, 1986) โดยไก่ที่มีภาวะความเครียดสูงจะมีระดับค่า H/L เพิ่มขึ้น (McFarlane & Curtis, 1989) เนื่องจากเมื่อไก่เครียดต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) จะปล่อยฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) เข้าสู่กระแสเลือดส่งผลให้ระดับของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลงและเพิ่มระดับของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (Yolao & Yammuen-art, 2016) และความเครียดส่งผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระและปฏิกิริยา lipid oxidation ที่เยื่อหุ้มเซลล์ในร่างกายก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นในระดับเซลล์ สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติสามารถลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระดับ

เซลล์ และลดการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) ได้ (Mahfuz et al., 2021) โดยในกลุ่มที่ได้รับปลายข้าวไรส์เบอร์รี่มีค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์สูงและมีค่าเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบดและปลายข้าวขาว ($p < 0.05$) และมีค่าสัดส่วนของเม็ดเลือดขาว H/L ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบดและปลายข้าวขาว (0.49 เทียบกับ 0.75 และ 0.89) ($p < 0.05$) ตามลำดับ (Table 4) สอดคล้องกับรายงานของ Lokaewmanee et al. (2018) ที่ระบุว่าในสภาวะปกติสัดส่วนเม็ดเลือดขาว H/L ในสัตว์ปีกจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.57 ซึ่งผลนี้ชี้ให้เห็นว่าไก่ในกลุ่มที่ได้รับปลายข้าวไรส์เบอร์รี่มีความเครียดต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบด และปลายข้าวขาว ทั้งนี้เนื่องจากในปลายข้าวไรส์เบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวโพดบดและปลายข้าวขาวอยู่ 1.21 เท่า และ 5.38 เท่าตามลำดับ (69.28 เทียบกับ 57.08 และ 12.86 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม ตามลำดับ)

Table 4 Effect of the Riceberry broken rice as feed for the laying hen on blood parameters

Blood parameters	C	BR	RBR	SEM	Sig.
WBC ($\times 10^4$ cells/mm ³) ¹	0.23	0.21	0.21	0.86	NS
Heterophil (%)	32.42 ^b	37.86 ^a	25.32 ^c	0.55	*
Lymphocyte (%)	43.28 ^b	42.12 ^b	52.78 ^a	0.04	*
Monocyte (%)	6.10	6.58	6.30	1.01	NS
Basophil (%)	3.22	3.36	2.68	0.84	NS
Eosinophil (%)	4.00	4.16	4.12	0.42	NS
H/L ratio	0.75 ^b	0.89 ^a	0.49 ^c	0.02	*

¹White blood cells.

^{ab} Values within a row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

C = ground corn, BR = broken rice, RBR = Riceberry broken rice.

สรุปผลการวิจัย

ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่สามารถใช้แทนข้าวโพดบดและปลายข้าวขาวในสูตรอาหารไก่ไข่ได้โดยไม่กระทบกับสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กินได้ ปริมาณผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ อัตราการเปลี่ยน

อาหาร ค่าดัชนีไข่แดง ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ และค่าฮอกยูนิท นอกจากนี้ยังสามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ได้ 2.90 บาทต่อกิโลกรัม และลดความเครียดของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดได้ แต่การใช้ปลายข้าวไรส์เบอร์รี่ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มสีของไข่แดง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่เอื้อเฟื้อสัตว์ทดลองและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Association official method of analysis*. Maryland: AOAC International.
- Beckford, R. C., & Bartlett, J. R. (2015). Inclusion levels of sweet potato root meal in the diet of broilers I. Effect on performance, organ weights, and carcass quality. *Poultry Science*, *94*(6), 1316-1322. doi: 10.3382/ps/pev090
- Chalemsan, N. (2021). The use of different levels of mulberry leaf meal with the broken-riceberry-based diet for semi-free range layers. *Journal of Science and Agricultural Technology*, *2*(2), 26-31. doi: 10.14456/jsat.2021.9
- Chen, X., Yang, H., Xu, L., Wan, X., & Wang, Z. (2020). Effect of replacing dietary corn with broken rice on goose growth performance, body size and bare skin color. *Animals*, *10*(8), 1330. Doi: 10.3390/ani10081330
- Chotimarkorn, C., Benjakul, S., & Silalai, N. (2008). Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chemistry*, *111*(3), 636-641.
- Dykes, L., & Rooney, L. W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*, *52*(3), 105-111. doi: 10.1094/CFW-52-3-0105
- Elitok, B., & Bingüler, N. (2018). Importance of stress factors in poultry. *Juniper Online Journal of Case Studies*, *7*(5), 555723. doi: 10.19080/JOJCS.2018.07.555723
- Filgueira, T. M. B., Freitas, E. R., Quevedo, F. I. B., Fernandes, D. R., Watanabe, P. H., & An de O. (2014). Corn replacement by broken rice in meat-type quail diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *16*(4), 345-350.
- Gross, W. B., & Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*, *27*(4), 972-979.
- Gross, W. B., & Siegel, P. B. (1986). Effects of initial and second periods of fasting on heterophil/lymphocyte ratios and body weight. *Avian Diseases*, *30*(2), 345-346.
- Jadhao, S. B., Tiwari, C. M., Chandramoni, & Khan, M. Y. (2000). Effect of complete replacement of maize by broken rice in the diet of laying hens. *Indian Journal of Animal Nutrition*, *17*(3), 237-242.
- Jing, L., & Jichao, Y. (2012). Research progress in effects of different altitude on rice yield and quality in China. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, *2*, 340-344.
- Karladee, D., Pongpiachan, P., Taltachum, T., & Gavilo, A. (2003). *Accumulation of γ -oryzanol in purple rice grain*. Accessed September 2, 2023. Retrieved from <https://www.phtnet.org/download/FullPaper/pdf/2ndSeminarKKU/af036.pdf>
- Lokaewmanee, K., Traithailen, U., & Punpan, P. (2018). Effects of Mao pomace on some blood variables and cecal microflora of broiler chickens. *Thai Science and Technology Journal*, *26*(5), 846-854. (in Thai)
- Luang-In, V., Yotchaisarn, M., Somboonwatthanakul, I., & Deeseenthum, S. (2018). Bioactivities of organic riceberry broken rice and crude riceberry rice oil. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, *42*(3), 161-168.
- Mahfuz, S., Shang, Q., & Piao, X. (2021). Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *12*(1), 48. doi: 10.1186/s40104-021-00565-3
- McFarlane, J. M., & Curtis, S. E. (1989). Multiple concurrent stressors in chicks. 3. effects on plasma corticosterone and the heterophil: lymphocyte ratio. *Poultry Science*, *68*(4), 522-527. doi: 10.3382/ps.0680522
- Miao, Z. H., Glatz, P. C., & Ru, Y. J. (2005). Free-range poultry production - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *18*(1), 113-132.
- National Research Council (NRC). (1994). *Nutrient requirements for poultry*. Washington, D. C.: National Academy of Sciences.
- Ochs, D., Wolf, C. A., Widmar, N. O., Bir, C., & Lai, J. (2019). Hen housing system information effects on U.S. egg demand. *Food Policy*, *87*, 101743. doi: 10.1016/j.foodpol.2019.101743
- Pereira, A. A., da Silva, W. A., de Lima Junior, D. M., Lima, C. B., Junior, D. N. G., Lana, G. R. Q., Lama, S. R. V., & Oliveira, L. P. (2016). Broken rice in feeds for laying Japanese quails. *Semina: Ciências Agrárias*, *37*(4), 2831-2837. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2831
- Prangthip, P., Surasiang, R., Charoensiri, R., Leardkamolkarn, V., Komindr, S., Yamborisut, U., Vanavichit, A., & Kongkachuichai, R. (2013). Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in streptozotocin-induced diabetic rats fed a high fat diet by riceberry supplement. *Journal of Functional Foods*, *5*(1), 195-203.
- Schirmann, G. D., da Rocha, L. T., Muniz, H. D. C. M., Kunzler,

- J. S., Kuhn, M. F., & de Oliveira, V. (2018). Digestibility and net energy prediction of rice by products determined with piglets. *Ciência Rural*, 48, e20170576. doi: 10.1590/0103-8478cr20170576
- Settapramote, N., Laokuldilok, T., Boonyawan, D., & Utama-ang, N. (2018). Physiochemical, antioxidant activities and anthocyanin of riceberry rice from different locations in Thailand. *Food and Applied Bioscience Journal*, 6(Spec.), 84-94.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Raventos, R. M. L. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Method in Enzymology*, 299, 152-178
- Walter, M., Marchesan, E., Massoni, P. F. S., da Silva, L. P., Sartori, G. M. S., & Ferreira, R. B. (2013). Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food Research International*, 50(2), 698-703.
- Yolao, C., & Yammuen-art, S. (2016). Use of tomato pomace as antioxidant on growth performance of broilers under stress condition. *Chiang Mai Veterinary Journal*, 14(2), 63-71.

Research article

The use of Riceberry broken rice as feed on egg production, egg quality and blood parameters of laying hen raised in open houses

Sonthaya Moonsrikaew Teerapong Jaichansukkit Saran Nimchue and Chusak Pulmar*

Animal Science Division, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phranakhon Si Ayutthaya District, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 9 June 2023

Revised: 27 July 2023

Accepted: 18 August 2023

Online published: 20 October 2023

Keyword

Riceberry broken rice

Egg production

Egg quality

Blood parameter

Open houses

ABSTRACT

Riceberry broken rice is an agricultural by-product that is a rich source of antioxidants. The aim of this study was to determine the effect of Riceberry broken rice as feed for laying hens on egg production, egg quality, and blood parameters in hens raised in an opened-house. Completely randomized design was used in this study. Ninety Lohman Brown hens (41 weeks old) were divided into 3 experimental groups. First group was defined as 40% of ground corn (C), while second group was 40% of white rice broken (BR). Third group was 40% of Riceberry broken rice (RBR). The result showed that the final body weight, daily feed intake, hen-day-egg production, egg weight, egg mass, feed conversion ratio, yolk index, albumin height, shell thickness and Haught unit of all treatments had not significant difference ($p > 0.05$). The RBR group showed lower yolk color than C group ($p < 0.05$), but had not significant difference from BR group. However, the RBR group had lower ratio of heterophilic white blood cells (H) to lymphocyte (L) than the other groups ($p < 0.05$). The RBR group had the lowest feed cost by 2.90 baht per kilogram of egg ($p < 0.05$). Conclusion, Riceberry broken rice can be used in laying hen diets as a substitute of ground corn and white rice broken rice without negatively affected the egg performance, egg quality and also reduced stress of on laying hens raised in opened-house. However, the riceberry broken rice could not increase the color of yolk.

*Corresponding author

E-mail address: Chusakpu@gmail.com (C. Pulmar)

Online print: 20 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.24>



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

บทความวิจัย

แผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน

ติณห์ บุญมี¹ ปณณวัชร วิโนทกะ¹ จิรวัช จิรวุฒิวงศ์ชัย¹ นิเทศก์ ศรีเมือง¹ และ เกยูร ดวงอุปมา^{2*}

¹โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 46000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 19 กรกฎาคม 2566

แก้ไข: 16 สิงหาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 21 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 20 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

แผ่นซับเสียง

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

เปลือกเมล็ดทานตะวัน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยการแปรรูปเป็นแผ่นซับเสียง 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบเปลือกเมล็ดทานตะวัน 2) แบบผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ทำการทดสอบความสามารถในการซับเสียงด้วยอุปกรณ์ทดสอบที่ประกอบไปด้วยชุดดันทันกำเนิดเสียง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 100-2,000 เฮิรตซ์ และชุดรับเสียง ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความเข้มเสียงยี่ห้อ Mastech รุ่น MS6708 มาตรฐาน IEC651 ทดสอบโดยใช้แผ่นซับเสียงกั้นกลางระหว่างทั้ง 2 ท่อ ค่าชี้วัดผลการทดสอบ คือ ระดับของเสียงแต่ละความถี่ (Decibels, dB) และค่าความสามารถในการซับเสียง (α) จากการทดสอบพบว่า ระดับเสียงภายในชุดทดสอบเมื่อไม่มีการติดตั้งแผ่นซับเสียง จะมีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ 94.4 ± 8.7 dB เมื่อพิจารณาในส่วนของแผ่นซับเสียงจะมีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ 76.7 ± 9.9 และ 65.4 ± 10.4 dB ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการติดตั้งแผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวันและผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ตามลำดับ คิดเป็นความสามารถในการลดทอนเสียงที่เกิดขึ้น ให้ระดับความดังของเสียงลดลงด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) เท่ากับ 0.69-0.81 ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการใช้ประโยชน์สูงสุดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยการแปรรูปเป็นแผ่นซับเสียง

บทนำ

เสียงรบกวน เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานที่ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะอยู่ในบ้าน สถานที่ทำงาน หรือบริเวณที่มีการก่อสร้าง ซึ่งเสียงรบกวนนั้นอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางกายภาพและจิตใจ การปรับให้ที่พักหรือที่มีความเงียบสงบและมีความเป็นส่วนตัวจึงเป็นสิ่งสำคัญในการดูแลสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ เรื่องเสียงรบกวนจึงเป็นหนึ่งในปัญหาที่เราควรจัดการอย่างเหมาะสมซึ่งเสียงรบกวนมาจากหลากหลายแหล่ง เช่น เสียงจากการทำงานของเครื่องจักรหนักในอุตสาหกรรม รถยนต์ที่ผ่านไปมาในถนน หรือเสียงจากเครื่องบินที่ขึ้นลงในท้องฟ้า การรับรู้เสียงรบกวนเหล่านี้ส่งผลต่อสุขภาพของเราได้หลายด้าน เช่น ปัญหาอนอนไม่หลับ ความเครียด ขาดความสมดุลทางอารมณ์ ขาดสมาธิ และสิ่งอื่น ๆ ที่ส่งผลให้ความผิดปกติทางสุขภาพเกิดขึ้น เพื่อการดูแลสุขภาพที่ดีและการทำงานที่มีประสิทธิภาพ เราควรตระหนักถึงความสำคัญของการลดเสียงรบกวนในสถานที่ที่เราอาศัยหรือทำงาน ในกระบวนการแก้ไขปัญหเสียงรบกวน เราสามารถใช้เทคโนโลยีแผ่นซับเสียงเพื่อลดระดับเสียงและความรุนแรงของเสียงที่เกิดขึ้น แผ่นซับเสียงถูกออกแบบมาเพื่อดูดซับและลดการกระทบทางเสียง ซึ่งช่วยให้สภาพแวดล้อมภายในพื้นที่มีความสงบสุขและเงียบสงบ และป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสุขภาพของเรา (Herrera & Barona, 2022) นอกจากนี้ เสียงรบกวนยังสามารถกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม พืชผักสวนครัว และสัตว์เลี้ยง ในบริเวณใกล้เคียงได้ ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ควรให้ความสำคัญในอุตสาหกรรมเกษตร (Depczynski et al., 2005)

แผ่นซับเสียง ถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงานหรือที่อาศัยอยู่ และช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เงียบสงบและเป็นส่วนตัว เพื่อให้เราสามารถพักผ่อนและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Mahawan et al., 2019; Zaw et al., 2020) แผ่นซับเสียงโดยทั่วไปผลิตขึ้นมาจากเส้นใยต่าง ๆ เช่น ใยแก้ว ใยหิน ฟองน้ำ หรือโฟม อาจหุ้มผ้าหรือปิดผิวด้วยวิธีการอื่น ๆ ใช้สำหรับดูดซับเสียง (Sound absorption) คือ ดูดซับเสียงเมื่อเสียงมาตกกระทบจะดูดซับเสียงนั้น ไม่ให้สะท้อนกลับ ติดตั้งที่ผนังหรือฝ้าเพดาน เพื่อซับเสียงภายในห้อง ป้องกันเสียงก้อง สะท้อน Echo (SPK Sound Systems, 2020)

การพัฒนาทางด้านการเกษตรไม่เพียงแต่เน้นไปที่การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์เท่านั้น แต่ยังเน้นไปยังการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการการผลิตที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ได้อีกด้วย หนึ่งในเทคโนโลยีที่กำลังติดตามและพัฒนามาอย่างต่อเนื่องคือแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเกษตร โดยเฉพาะในอาชีพที่ต้องมีการใช้เครื่องจักรหนัก หรือกระบวนการการทำงานที่อาจมีเสียงรบกวนต่อสิ่งแวดล้อมและ

*Corresponding author

E-mail address: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com (K.Duanguppama)

Online print: 20 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.25>

ผู้ให้บริการ แผ่นซับเสียงนี้ถูกสร้างขึ้นจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการดูดซับและป้องกันเสียง ซึ่งช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากเสียงรบกวน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ลดการกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ นอกจากนี้ การใช้แผ่นซับเสียงยังสามารถลดการรบกวนที่อาจกระทบต่อสัตว์และพืชในการเพาะเลี้ยงได้ เช่น ปศุสัตว์ และพืชผักสวนครัว (Doddamani et al., 2022; Amares et al., 2017)

Sasikumar et al. (2020) ได้ทำการสร้างแผ่นซับเสียงจากเปลือกโลเบีย ใบอ้อย เปลือกอูราตาล ใบมะพร้าว และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นของเสียจากการเกษตรทั้งหมดและของเสียเหล่านี้ถูกเผาในไร่นา ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้พยายามหาทางเลือกในการใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นแผ่นดูดซับเสียง เพื่อหลีกเลี่ยงการเผาไหม้และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น Naphtali et al. (2022) ได้ทำการสร้างและทดสอบแผ่นซับเสียงจาก ข้าว อ้อย ถั่วลิสง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพด โดยมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ผลิตด้วยวิธีอัดขึ้นรูป พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) มีค่าตั้งแต่ 0.72 – 0.86 ความหนาที่เพิ่มขึ้นของแผ่นซับเสียง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงลดลง ซึ่งแสดงว่าความหนาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดเสียงที่ต้องการ แต่สำหรับในประเทศไทยนั้น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากพืชเศรษฐกิจหลัก ๆ นั้น ถูกนำไปใช้ในการเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบชีวมวลเป็นส่วนใหญ่ และจากงานวิจัยที่อ้างอิงถึง จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นส่วนเปลือกนั้น มีคุณสมบัติที่จะสามารถนำมาสร้างเป็นแผ่นซับเสียงได้ จึงเล็งเห็นเปลือกของเมล็ดทานตะวัน ที่ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและมีการบริโภคอย่างแพร่หลาย รวมถึงมีประโยชน์ในด้านของอุตสาหกรรมน้ำมันหล่อลื่น และสีทาบ้าน เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยการแปรรูปเป็นแผ่นซับเสียง 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบเปลือกเมล็ดทานตะวัน 2) แบบผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ทำการทดสอบความสามารถในการซับเสียงด้วยอุปกรณ์ทดสอบขนาดท่อ 6 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ชุด ได้แก่ ชุดต้นกำเนิดเสียง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 100-2,000 เฮิรตซ์ และชุดรับเสียง ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความเข้มเสียงยี่ห้อ Mastech รุ่น MS6708 มาตรฐาน IEC651 อยู่ภายในท่อทดสอบทั้งสองชุด ทดสอบโดยใช้แผ่นซับเสียงกั้นกลางระหว่างทั้ง 2 ท่อ ค่าชี้วัดผลการทดสอบ คือ ระดับของเสียงแต่ละความถี่ (Decibels, dB) และค่าความสามารถในการซับเสียง (α) เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดของวัสดุเกษตร และเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการดำเนินการลดขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสร้างแผ่นซับเสียง

เริ่มจากการจัดหาเปลือกเมล็ดทานตะวัน นำมาตากแดดเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ เพื่อลดความชื้นของวัสดุ หลังจากนั้นทำการทำความสะอาดด้วยการร่อนเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและวัสดุแปลกปลอมอื่นๆ เปลือกกลุ่มแรก คัดแยกมาเพื่อเตรียมผสมกับตัวประสาน เปลือก

กลุ่มที่สอง ทำการบดให้อนุภาคของวัสดุแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยวิธีการทางกล และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรเพื่อคัดกรองอนุภาคละเอียดออกจากอนุภาคขนาดใหญ่ หลังจากนั้น เปลือกทั้ง 2 กลุ่ม จะทำการผสมวัสดุกับเข้ากับตัวประสาน โดยใช้เรซินเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน เปลือกหรือผงต่อเรซินเท่ากับ 3:1 แล้วคนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนจัดลงแม่พิมพ์ขนาด 20*20*1 เซนติเมตร แล้วทำให้แห้งอีกครั้งด้วยวิธีการตากแดด แล้วอบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้แผ่นซับเสียงที่ได้คงรูปได้อย่างดี มีความแข็งแรง และไม่มีกลิ่น (Putra et al., 2013) โดยแผ่นซับเสียงที่ได้ แสดงใน Figure 1



Figure 1 Sound absorbing pad from sunflower seed shell form.

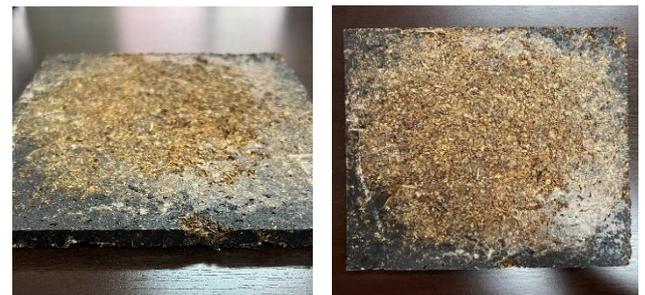


Figure 2 Sound absorbing pad from sunflower seed shell powder form.

การทดสอบแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการลดเสียง จะทำการทดสอบด้วยการประดิษฐ์ชุดท่อส่งสัญญาณออกคูสติกวัดระดับเสียง โดยมีท่อขนาด 6 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ชุด บุผนังท่อด้วยวัสดุผ้าซับเสียง ปิดปากท่อหนึ่งฝั่ง โดยให้อีกฝั่งประกบเข้ากับอีกชุด โดยชุดแรก จะเป็นชุดที่บรรจุแหล่งกำเนิดเสียง ชุดที่สอง จะเป็นชุดวัดความเข้มเสียงยี่ห้อ Mastech รุ่น MS6708 มาตรฐาน IEC651 ในการทดสอบ จะทำการทดสอบการวัดเสียง โดยให้แหล่งกำเนิดเสียงปล่อยเสียงที่คลื่นความถี่แตกต่างกันตั้งแต่ 100-2,000 เฮิรตซ์ ในทุกคลื่นความถี่จะทำการบันทึกค่าความเข้มเสียงทั้งก่อนและหลังนำแผ่นซับเสียงมาขึ้น ทำการอ่านค่าเฉลี่ยใน 1 นาที สำหรับการทดสอบแต่ละความถี่ และเว้นทุก 5 นาที สำหรับการอ่านแต่ละครั้ง ตามมาตรฐาน ASTM Standard E1050-12 ซึ่งเป็นวิธีทดสอบมาตรฐานสำหรับความต้านทานและการดูดซับเสียงของวัสดุเสียงโดยใช้ท่อ ไมโครโฟน 2 ตัว และระบบวิเคราะห์ความถี่แบบดิจิทัล (Naphtali et al., 2022) โดยมีลักษณะการติดตั้งแผ่นทดสอบ ดังแสดงใน Figure 3

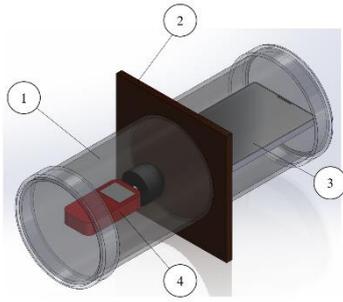


Figure 3 A set-up of sound-absorbing pad test; (1) 6-inch tube with closes, (2) Absorbing pad, (3) Sound source and (4) Sound meter.

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

ค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับเสียงที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการลดทอนเสียงของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ออกแบบ คือ อัตราส่วนของพลังงานที่ดูดกลืนต่อพลังงานที่ตกกระทบ แทนด้วย α (Cao et al., 2018; Sujon et al., 2021) การดูดซับเสียงและค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 1-4 (Bai et al., 2015)

$$\alpha = \frac{E_a}{E_I} \tag{1}$$

$$\alpha = 1 - \frac{E_r}{E_I} \tag{2}$$

$$\alpha = 1 - |R|^2 \tag{3}$$

$$\alpha = \frac{I_{Abs}}{I_{Inc}} \tag{4}$$

- เมื่อ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง
 E_a คือ ค่าดูดซับพลังงานคลื่น
 E_I คือ ค่าพลังงานคลื่นตกกระทบ
 E_r คือ ค่าพลังงานคลื่นสะท้อน
 R คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเสียง
 I_{Abs} คือ ค่าดูดซับความเข้มของเสียง (W/m^2)
 I_{Inc} คือ ค่าความเข้มของเสียงที่ตกกระทบ (W/m^2)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบแผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน และผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ได้ผลการทดสอบระดับเสียงที่วัดได้ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระดับเสียงภายในชุดทดสอบ ระดับเสียงเมื่อมีแผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน และ ระดับเสียงเมื่อมีแผ่นซับเสียงจากผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ดังแสดงใน Figure 4

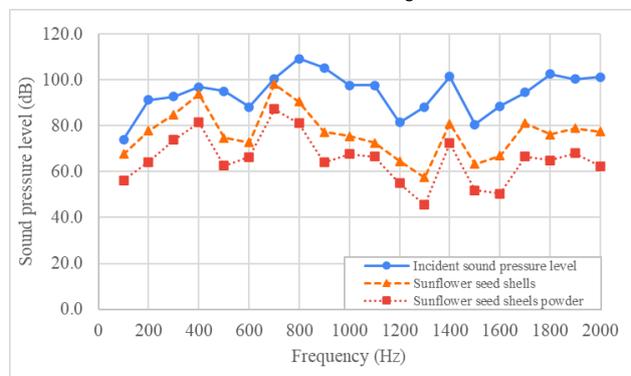


Figure 4 Sound absorbing test results.

จากการทดสอบพบว่า ระดับเสียงภายในชุดทดสอบเมื่อไม่มีการติดตั้งแผ่นซับเสียง จะมีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ 94.4±8.7 dB เมื่อพิจารณาในส่วนของแผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน จะมี

ค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ 76.7±9.9 dB และเมื่อพิจารณาในส่วนของแผ่นซับเสียงจากผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน จะมีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่ 65.4 ±10.4 dB โดยจะมีพฤติกรรมของเสียงในแต่ละระดับความถี่ดังแสดงใน Figure 4 ซึ่งจะเห็นว่าอนุภาคของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นแผ่นซับเสียงนั้น ส่งผลต่อความสามารถในการลดระดับเสียงที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งหากเปรียบเทียบระดับความดังเสียง มีการนิยามระดับเสียงที่ 90 dB คือ ระดับดังมาก (90-100 dB) เช่น เสียงเครื่องตัดหญ้า เสียงโรงงาน แต่เมื่อมีการใช้แผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวัน จะสามารถลดระดับเสียงจากดังมากเป็นระดับดัง (70-80 dB) เช่น เสียงเครื่องดูดฝุ่น เสียงนกหวีด ซึ่งเป็นระดับเสียงที่ไม่ควรฟังตั้งแต่ 85 dB ขึ้นไปเป็นเวลานาน ๆ เพราะอาจสูญเสียการได้ยิน (The Zero Publishing, 2018) แต่สำหรับการใช้แผ่นซับเสียงจากผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน จะสามารถลดระดับเสียงที่เกิดขึ้นเป็นระดับปานกลาง ค่อนไปทางดัง ซึ่งถือว่าสามารถช่วยในการป้องกันอันตรายจากความดังของเสียงได้ เมื่อพิจารณาในส่วนของคุณค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ได้ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Sound absorption coefficient (α) of the sound absorbing pad from sunflower seed shells and powder.

Materials	Sound pressure level (dB)	Sound absorption coefficient (α)
Sunflower seed shells	76.7±9.9	0.81
Sunflower seed shells powder	65.4 ±10.4	0.69

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการคำนวณระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริงกับระดับเสียงที่เกิดขึ้นหลังจากติดตั้งแผ่นซับเสียงทั้ง 2 รูปแบบ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ของแผ่นซับเสียงจากเปลือกเมล็ดทานตะวันอยู่ที่ 0.81 และของแผ่นซับเสียงจากผงเปลือกเมล็ดทานตะวันอยู่ที่ 0.69 โดยสรุป การทดสอบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอนุภาคของส่วนผสมที่นำมาทำเป็นแผ่นซับเสียง จะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง โดยอนุภาคที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นวัสดุประเภทเดียวกัน ก็ส่งผลให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่แตกต่างกัน ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Naphtali et al. (2022) ที่ได้ทำการทดสอบแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง อยู่ที่ 0.72-0.86 ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่น

สรุปผลการวิจัย

การทดลองสร้างแผ่นซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อันได้แก่ เปลือกเมล็ดทานตะวัน โดยการศึกษาความแตกต่างของการทำแผ่นซับเสียง ด้วยรูปแบบการใช้เปลือกเมล็ดทานตะวันและผงเปลือกเมล็ดทานตะวัน ซึ่งถือเป็นแผ่นซับเสียงราคาถูกและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สร้างขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นศูนย์ พบว่า แผ่นซับเสียงที่สร้างขึ้น สามารถลดทอนเสียงที่เกิดขึ้น ให้ระดับความดังของเสียงลดลงด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเท่ากับ 0.69-0.81 ซึ่งจะเห็นได้ว่า วัสดุที่จะนำมาสร้างเป็นแผ่นซับเสียงนั้น ควรจะมีการแปรรูปในทางกลเพื่อให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กก่อนการผสม เพื่อประสิทธิภาพในการลดทอนเสียงที่ดีกว่า ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อนำมาใช้กับชีวิตประจำวันสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างและอาคาร เช่น การ

ใช้เป็นวัสดุซับเสียงในอาคาร ห้องประชุม ห้องบันได หรือสถานที่ที่ต้องการลดเสียงรบกวน เช่น ที่จอดรถ โรงงาน โรงแรม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยรหัสข้อเสนอโครงการ 59845 สัญญาเลขที่ 005/2562 รหัสข้อเสนอโครงการ 14912 สัญญาเลขที่ กท 012/2563 และรหัสข้อเสนอโครงการ 4285363 สัญญาเลขที่ FRB038/2566

Reference

- Amares, S., Sujatmika, E., Hong, T., Durairaj, R., & Hamid, H. S. H. B. (2017). A review: characteristics of noise absorption material. *Journal of Physics: Conference Series*, 908, 12005. doi: 10.1088/1742-6596/908/1/012005
- Bai, M. R., Lo, Y. Y., & Chen, Y. S. (2015). Impedance measurement techniques for one-port and two-port networks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(4), 2279–2290. doi: 10.1121/1.4931440
- Cao, L., Fu, Q., Si, Y., Ding, B., & Yu, J. (2018). Porous materials for sound absorption. *Composites Communications*, 10, 25–35. doi: 10.1016/j.coco.2018.05.001
- Depczynski, J., Franklin, R. C., Challinor, K., Williams, W., & Fragar, L. J. (2005). Farm noise emissions during common agricultural activities. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 11(3), 325–334. doi: 10.13031/2013.18575
- Doddamani, S., Shrivastava, B., & Kumar, N. (2022). A comprehensive review on noise reducing materials for habitable spaces. *Applied Science and Engineering Progress*, 15(Spec. 2), 5726. doi: 10.14416/j.asep.2022.02.003
- Herrera, C., & Barona, P. C. (2022). Impact of perceptions of air pollution and noise on subjective well-being and health. *Earth*, 3(3), 825–838. doi: 10.3390/earth3030047
- Mahawan, K., Chanthorn, W., & Srivieng, P. (2019). Evaluation of noise levels and noise-induced hearing loss among Lumber mill workers: a case study at Nakrua sub-district, Maetha district, Lampang Province. *Thammasat Medical Journal*, 19(Suppl.-), S64–S76. (in Thai)
- Naphtali, F. A., Azodo, A. P., Akpan, J. J., & Onyekwere, O. S. (2022). An analysis of acoustical absorption characteristics of agro-waste materials. *Journal of Investigations on Engineering & Technology*, 5(2), 104–114.
- Putra, A., Abdullah, Y., Efendy, H., Farid, W. M., Ayob, M. R., & Py, M. S. (2013). Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber. *Procedia Engineering*, 53, 632–638. doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.081
- Sasikumar, K. S. K., Saravanan, N., Sambathkumar, M., & Guekndran, R. (2020). Acoustic characterization of farm residues for sound absorption applications. *Materials Today: Proceedings*, 33(5), 2917–2922. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.884
- SPK Sound Systems. (2020). *What is sound absorbing material?* Accessed June 6, 2023. Retrieved from <https://www.soundddd.shop/sound-absorbition/> (In Thai)
- Sujon, M. A. S., Islam, A., & Nadimpalli, V. K. (2021). Damping and sound absorption properties of polymer matrix composites: a review. *Polymer Testing*, 104, 107388. doi: 10.1016/j.polymertesting.2021.107388
- The Zero Publishing. (2018). *Know the volume of the sound. How loud can a person get?* Accessed July 16, 2023. Retrieved from <https://www.mangozero.com/sounds-decibel-and-dangers/> (In Thai)
- Zaw, A. K., Myat, A. M., Thandar, M., Htun, Y. M., Aung, T. H., Tun, K. M., & Han, Z. M. (2020). Assessment of noise exposure and hearing loss among workers in textile mill (Thamine), Myanmar: a cross-sectional study. *Safety and Health at Work*, 11(2), 199–206. doi: 10.1016/j.shaw.2020.04.002

Research article

Sound-absorbing pad from sunflower seed shells

Tin Boonmee¹ Punnawat Winotaka¹ Jirawat Jirawutiwongchai¹ Nithet Srimueang¹
and Keyoon Duanguppama^{2*}

¹ *Suankularb Wittayalai School, Phra Nakhon, Bangkok, 10200*

² *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Mueang, Kalasin 46000*

ARTICLE INFO

Article history

Received: 19 July 2023

Revised: 16 August 2023

Accepted: 21 August 2023

Online published: 20 October 2023

Keyword

Sound-absorbing sheet

Agricultural waste

Sunflower seed shells

ABSTRACT

The study aims to develop and assess sound-absorbing panels derived from agricultural waste. Agricultural residue, specifically sunflower seed shells, underwent processing to produce two distinct varieties of sound-absorbing panels: 1) sunflower seed shell panels and 2) sunflower seed shell powder panels. The sound absorption capabilities were evaluated using a set of calibrated sound sources as the testing apparatus. The sound sources were adjustable across frequencies ranging from 100 to 2,000 hertz. For testing, a Mastech MS6708 model, which adheres to the IEC651 standard for sound intensity measurement, served as the sound receptor. The experimental procedure involved interposing a sound-absorbing panel between two pipes. The test outcomes provided measurements of sound levels at various frequencies (in decibels, dB) and the sound absorption potential (α). The outcomes revealed that within the testing environment, the average sound level, without the incorporation of sound-absorbing panels, registered at 94.4 ± 8.7 decibels (dB). Conversely, when sound-absorbing panels were introduced, the average sound levels diminished to 76.7 ± 9.9 dB and 65.4 ± 10.4 dB for panels composed of sunflower seed shells and sunflower seed shell powder, respectively. Notably, these panels demonstrated substantial sound attenuation capabilities, leading to diminished noise levels, with sound absorption coefficients (α) ranging from 0.69 to 0.81. In summary, this research presents an innovative method of optimizing the usage of agricultural waste by transforming it into effective sound-absorbing panels, thereby offering a sustainable solution for noise reduction.

*Corresponding author

E-mail address: keyoon.du@ksu.ac.th, k_duanguppama@hotmail.com (K.Duanguppama)

Online print: 20 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.25>



บทความวิจัย

การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์

นิมิตร วงศ์สุวรรณ* และ สุพัตรา ชาววงจักร์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตรอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 19 มิถุนายน 2566

แก้ไข: 21 กรกฎาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 25 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 24 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง

ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังด้วยการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสาน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ดำเนินการในแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 10 แปลง ในปี 2564-2566 ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ 1) วิธีทดสอบเป็นการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี ร่วมกับมูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร และ 2) วิธีเกษตรกรเป็น การจัดการปุ๋ยที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่เดิม พบว่าการเจริญเติบโต น้ำหนักหัวสด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของวิธีทดสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยวิธีทดสอบทำให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 42 รายได้สุทธิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (BCR) เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เฉลี่ยร้อยละ 27 เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร ดังนั้น เทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรจังหวัดกาฬสินธุ์ ในปี 2564 มีพื้นที่ปลูก 296,494 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3,562 กิโลกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2021) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังจะเป็นพืชที่ทนแล้งและปรับตัวได้ดีเกือบทุกสภาพแวดล้อม (Howler, 2014) แต่การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่กลับประสบปัญหาผลผลิตต่อไร่ที่มีแนวโน้มลดต่ำลงเรื่อย ๆ ซึ่งเกิดจากพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ดินมีลักษณะเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วนที่มีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในปริมาณต่ำ ประกอบกับมีการใช้พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องโดยขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของมันสำปะหลัง และใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การปฏิบัติในลักษณะดังกล่าวนอกจากจะส่งผลต่อผลผลิตแล้วยังทำให้ต้นทุนการผลิตของมันสำปะหลังสูงขึ้นอีกด้วย เนื่องจากราคาปุ๋ยเคมีในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่อาจเสี่ยงต่อภาวะขาดทุน ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร จึงได้นำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่สามารถลดปุ๋ยเคมีในโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Meunchang et al., 2012)

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นและให้ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ (Agbede et al., 2008) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำในดินทรายและดินร่วนปนทรายอัตรา 16-8-16 กิโลกรัมต่อไร่ของ $N-P_2O_5-K_2O$ หรือใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Department of Agriculture, 2010) มาปรับใช้ร่วมกันแล้วนำไปทดสอบร่วมกับเกษตรกร ดังนั้นหากมีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานอย่างเหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังได้หรือไม่เมื่อเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง เมื่อได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมแล้ว จึงขยายผลเทคโนโลยีไปสู่เกษตรกรในชุมชนจังหวัดกาฬสินธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 หัวยบง 60 และหัวยบง 80
2. วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ปูนขาว
3. ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อาร์-ทรี ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบ และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0, 18-46-0, 0-0-60, 15-15-15, 15-5-35, 16-8-8 และ 16-16-8

*Corresponding author

E-mail address: nimit2524@hotmail.com (N. Wongsuwan)

Online print: 24 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.26>

4. สารเคมีกำจัดวัชพืช ได้แก่ สารเคมีอะลาคลอร์ พุ่มีออกซาซิน และ ไกลโฟเสต

5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จอบ ถังน้ำ ถุงพลาสติก และปากกาเมจิก

6. อุปกรณ์เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ ไม้มเมตร ตลับเมตร ถุงตาข่าย เครื่องชั่งน้ำหนัก และเครื่องวัดปริมาณ

แบ่งในหัวมันสด Reman Scale

วิธีการวิจัย

แผนการการวิจัย

ไม่ใช้แผนการทดลอง เป็นการทดสอบเปรียบเทียบเทคโนโลยี ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 วิธีทดสอบเป็นการจัดการปุ๋ยแบบผสมผสาน คือ การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (Wongsuwan et al, 2021) และกรรมวิธีที่ 2 วิธีเกษตรกร เป็นวิธีใส่ปุ๋ยของเกษตรกรที่ปฏิบัติอยู่เดิม คือ การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมน หรือปุ๋ยเกล็ดสูตร 25-5-5 นาน 5 นาที แปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หว่านรองพื้นก่อนปลูกอัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตรทั่วไปตามท้องตลาดที่มีจำหน่ายในพื้นที่ ได้แก่ สูตร 15-15-15, 16-16-8, 16-8-8, 15-5-35, 0-0-60

วิธีปฏิบัติการวิจัย

1. คัดเลือกพื้นที่วิจัยที่อำเภอเมืองและอำเภอสหัสขันธ์ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของจังหวัดกาฬสินธุ์

2. ประชุมเพื่อชี้แจง วางแผน และรับสมัครเกษตรกรที่สนใจ และพร้อมจัดทำแปลงทดสอบร่วมกับนักวิจัย จำนวน 10 ราย รายละ 4 ไร่ รวมพื้นที่ 40 ไร่ พร้อมทั้งถ่ายถอดองค์ความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีผลิตรากมันสำปะหลัง

3. แบ่งพื้นที่แปลงทดสอบมันสำปะหลังออกเป็น 2 กรรมวิธี ๑ ละ 2 ไร่ จากนั้นเก็บตัวอย่างดินในที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร จำนวนอย่างน้อย 15 จุดต่อแปลง นำตัวอย่างดินไปรวมกันแล้วสุ่มจำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

4. ดำเนินการจัดทำแปลงทดสอบตามกรรมวิธี โดยวิธีทดสอบไถเตรียมดินด้วยผล 5 จำนวน 1 ครั้ง หว่านปูนขาวอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ตากดินไว้ 14 วัน หว่านปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เกลบรองพื้นให้กระจายทั่วแปลงอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไถพรวนด้วยผล 5 อีก 1 ครั้ง แล้วกร่องปลูก จากนั้นเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอายุ 10-12 เดือน ตัดให้มีความยาว 25 เซนติเมตร นำไปแช่ด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ที่ละลายกับน้ำสะอาดอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตรต่อ 1 ไร่ นาน 30 นาที จึงนำไปปลูกด้วยวิธีปักท่อนพันธุ์บนสันร่องให้ตรงลึกลงไปดิน 1 ใน 3 ของความยาวท่อนพันธุ์ โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 0.8-1.5 เมตร ระหว่างต้น 0.7-1 เมตร ปลูกในช่วงปลายฝน (ตุลาคม-พฤศจิกายน) จำนวน 5 แปลง และต้นฤดูฝน (เมษายน-พฤษภาคม) จำนวน 5 แปลง โดยใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินของ Department of Agriculture (2010) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นก่อนปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน โดยโรยข้างแถวหรือขุดหลุมใส่บริเวณต้นแล้วกลบปุ๋ยหลังการกำจัดวัชพืช จากนั้นดูแลรักษาตามวิธีการของเกษตรกรและเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 10 เดือน ส่วนวิธีเกษตรกรปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีทดสอบยกเว้นวิธีการใส่ปุ๋ย คือ การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมน หรือปุ๋ยเกล็ดสูตร 25-5-5 นาน

เป็นเวลา 5-10 นาที ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หว่านรองพื้นก่อนปลูก อัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตรทั่วไปตามท้องตลาด ได้แก่ สูตร 15-15-15, 16-16-8, 16-8-8 และ 15-5-35

การบันทึกข้อมูล

1. คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ตามวิธีของ Peech (1965) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) วิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Walkley & Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II และวัดการเกิดสีตามวิธี Molybdenum blue โดยใช้ Spectrophotometer (Bray & Kurtz, 1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ค่า pH 7 แล้ววัดด้วย Flame spectrophotometer (Schollenberger & Simon, 1945) และวัดเนื้อดินด้วยวิธี Hydrometer method

2. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ได้ทำการบันทึกข้อมูลที่อายุ 3 เดือน 6 เดือน และก่อนเก็บเกี่ยว โดยการสุ่มวัดความสูงจากโคนต้นถึงยอดมันสำปะหลังจำนวน 10 ต้นต่อกรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 จุด แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสูงของตน

3. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง อายุ 10 เดือน โดยสุ่มเก็บในพื้นที่ 20 ตารางเมตรของแต่ละแปลง จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี บันทึกข้อมูลดังนี้ 1) ผลผลิตหัวมันสด โดยชั่งเอาหัวมันสำปะหลังแยกออกจากต้น นำผลผลิตหัวมันสดที่ได้ไปชั่งน้ำหนักรวมต่อพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปคำนวณหาผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของแต่ละกรรมวิธี 2) จำนวนหัว นับจำนวนหัวทั้งหมดของตนที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปคำนวณหาจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของแต่ละกรรมวิธี และ 3) ร้อยละของแป้ง สุ่มเก็บหัวมันสำปะหลังจากแปลงของแต่ละกรรมวิธีชั่งน้ำหนักให้ได้ 5 กิโลกรัม นำไปวัดร้อยละของแป้ง โดยใช้เครื่องวัด Reman scale ตามวิธีของ Bainbridge et al. (1996) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละของแป้ง

4. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Paired t-test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกร และวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (Benefit cost ratio, BCR) คำนวณได้จาก $BCR = \text{Benefit}/\text{Cost}$ ($BCR > 1$ คຸ້ມคຳการลงทุน, $BCR = 1$ เท่าทุน, $BCR < 1$ ไม่คุ้มทุน ขาดทุน)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของดินและวิธีการจัดการปุ๋ย

จากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแปลงทดสอบจำนวน 10 แปลง พบว่า ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายปนร่วน มีค่า pH ซึ่งอยู่ระหว่าง 5.42-6.00 อยู่ในระดับเหมาะสม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.18-0.44 อยู่ในระดับต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 9-74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 15-95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งระดับวิกฤติของ pH ในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ร้อยละ 0.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sittibusaya, 1996) นำผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่ได้ไปหาปริมาณ

ความต้องการปุ๋ยของมันเป็นค่าเฉลี่ยตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (Table 1) ในวิธีทดสอบให้ผลการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งอัตราตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามท้องตลาดที่มีปริมาณไนโตรเจน 7.5-15.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ N ฟอสฟอรัส 2.5-17.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ P₂O₅ และ โพแทสเซียม 4-12.5 กิโลกรัมต่อไร่ของ โพแทสเซียมออกไซด์ ร่วมกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยฮอร์โมนหรือปุ๋ยเคมีชนิดเกล็ดสูตร 25-5-5 และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 200-500 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) จากข้อมูลการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังของวิธีเกษตรกรเมื่อนำมาเทียบกับค่าความต้องการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดินของ

Department of Agriculture (2010) จะเห็นได้ว่าไม่สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในดิน และความต้องการธาตุอาหารของมันสำปะหลัง โดยส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณที่ไม่เพียงพอ แต่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เกินความต้องการของมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งการใส่ปุ๋ยในลักษณะนี้นอกจากจะมีผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังแล้ว ยังทำให้ต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรสูงขึ้นอีกด้วยสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sukto et al. (2017) ที่ทดสอบการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านรองพื้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ร้อยละ 58.5 และลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกรในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

Table 1 Soil properties and fertilizer requirements tailored by specific soil analysis in Kalasin Province during 2021-2023

Season	Farmer no.	Soil property				Texture	Fertilizer grade of N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)
		pH (soil:water 1:1)	OM ^{1/} (%)	Avail.P ^{2/} (mg/kg)	Exch.K ^{3/} (mg/kg)		
End of rainy (2021-2022)	1	5.62	0.34	9	36	sandy	16-4-8
	2	5.49	0.31	10	20	sandy	16-8-16
	3	6.00	0.36	31	24	Loamy sand	16-2-16
	4	5.46	0.23	11	57	Loamy sand	16-4-8
	5	5.44	0.23	9	15	Loamy sand	16-4-16
Early of rainy (2022-2023)	6	5.90	0.18	12	80	Loamy sand	16-4-8
	7	5.99	0.37	18	95	Sandy loam	16-4-4
	8	5.86	0.29	74	85	Loamy sand	16-2-8
	9	5.42	0.44	30	26	Sandy loam	16-4-16
	10	5.58	0.28	14	49	Loamy sand	16-4-8

^{1/}OM = Organic matter, ^{2/}Avail. P = Available phosphorus, ^{3/}Exch. K = Exchangeable potassium.

Table 2 Fertilizer application rate of the test method and the farmers' conventional method in farmer fields of Kalasin Province during 2021-2023

Season	Farmer no.	Rate of N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)		Organic fertilizers (kg/rai)		Plating	
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer
End of rainy (2021-2022)	1	8-2-4	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	2	8-4-8	8-8-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	3	8-1-8	7.5-2.5-17.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	4	8-2-4	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
	5	8-2-8	7.5-7.5-7.5	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
Early of rainy (2022-2023)	6	8-2-4	15.5-15.5-11.5	500	450	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	7	8-2-2	8-8-4	500	200	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	8	8-1-4	8-4-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	chemical fertilizer ^{2/}
	9	8-2-8	8-4-4	500	500	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones
	10	8-2-4	8-4-4	500	0	PGPR 3 ^{1/}	plant hormones

^{1/}PGPR 3 bio-fertilizer, ^{2/}chemical fertilizer grade 25-5-5.

การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

ความสูงของมันสำปะหลังทั้งสองกรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทุกช่วงอายุ (Table 3 & Figure 1) กล่าวคือ ในช่วง

มันสำปะหลังอายุ 3 6 และ 10 เดือน วิธีทดสอบมีความสูงเฉลี่ย 87 135 และ 226 เซนติเมตร มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรที่มีความสูงเฉลี่ย 75 107 และ 172 เซนติเมตร ตามลำดับ



Figure 1 Growth of cassava at 6 months after planting of the test method compare with the farmers’ conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022

Table 3 Plant height of cassava of the test method and the farmers’ conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Season	Farmer no.	Plant height (cm)					
		3 months		6 months		10 months	
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer
End of rainy (2021-2022)	1	48	40	114	94	297	222
	2	59	53	116	75	257	208
	3	61	48	117	67	229	240
	4	74	69	107	105	292	168
	5	59	56	119	107	258	154
Early of rainy (2022-2023)	6	78	55	164	158	224	172
	7	102	84	144	110	152	112
	8	142	130	182	132	182	146
	9	133	116	162	119	221	173
	10	109	101	125	107	145	128
Average		87	75	135	107	226	172
P-value		0.0004		0.0010		0.0021	
t-test		**		**		**	

** Significant different at P<0.01.

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

จำนวนหัวต่อต้นและร้อยละของแป้งมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกัน โดยวิธีทดสอบมีจำนวนหัวเฉลี่ย 9.08 หัวต่อต้น และวิธีเกษตรกรมีจำนวนหัวเฉลี่ย 8.08 หัวต่อต้น ร้อยละของแป้งวิธีทดสอบเฉลี่ย ร้อยละ 27.0 และวิธีเกษตรกรร้อยละ 26.4 ส่วนผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 10 เดือนของวิธีทดสอบให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,180 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรที่มีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,640 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4 & Figure 2) โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของผลผลิต (Yield gap analysis) ระหว่างวิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกร เท่ากับ 1,539 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับ Wongsuwan et al. (2021) ที่ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพในการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 และเกษตรกรศาสตร์ 50 ในชุดดินโคราช พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรี

ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมี 8-4-8 กิโลกรัมต่อไร่ ของ N-P₂O₅-K₂O ทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงสุด 7,470 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานดังกล่าว การใส่ปุ๋ยเคมีเป็นการให้ธาตุอาหารหลักที่มันสำปะหลังนำไปใช้ได้ทันที การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบเมื่อเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุซึ่งมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องในระยะยาว อีกทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่แกลบยังช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ทำให้ธาตุอาหารในดินถูกดูดยึดเอาไว้ไม่ให้เกิดการสูญเสียไปกับการชะล้าง และยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง และการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรีที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ อะซิโสปิริลลัม บราซิลเลน (*Azospirillum brasilense*) และ กลูคโอนอะซิโตนแบคเตอร์ ไดอะโซโทรฟิคัส

(*Gluconacetobacter diazotrophicus*) ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสเฟต และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร ทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในมันสำปะหลังได้อย่างน้อยร้อยละ 25 (Department of Agriculture, 2016) จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานในลักษณะดังกล่าวเป็นการส่งเสริมซึ่งกันและกันทำให้มันสำปะหลังสามารถดูดยึด แลกเปลี่ยน และนำธาตุอาหารไปใช้ได้ อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมัน

สำปะหลัง ซึ่งแตกต่างกับวิธีเกษตรกรที่ส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ถึงแม้จะเป็นปุ๋ยที่มันสำปะหลังนำไปใช้ได้ทันที แต่ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังกลับไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของแปลงทดสอบมีค่าต่ำมากทุกแปลง จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังของวิธีเกษตรกรต่ำกว่าวิธีทดสอบอย่างชัดเจน



Figure 2 Fresh root yield of cassava of the test method (DOA) compare with the farmers' conventional method (FAR) in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 (A) and early rainy season, 2022-2023 (B).

Table 4 Yield and yield components of cassava of the test method compare with the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Season	Farmer no.	Roots (root/plant)		Starch (%)		Yield (kg/rai)		(Yield gap) (kg/rai)
		Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	
End of rainy (2021-2022)	1	11.50	8.05	25.0	25.9	6,476	3,268	3,208
	2	7.80	6.30	24.4	23.7	5,492	4,760	732
	3	6.25	4.30	25.6	25.9	5,116	4,220	892
	4	7.85	7.80	26.7	25.6	6,416	3,992	2,424
	5	4.75	5.10	27.7	25.5	4,776	3,272	1,504
Early of rainy (2022-2023)	6	11.15	11.75	29.0	28.3	5,672	5,336	336
	7	8.10	4.50	27.0	29.5	4,512	2,572	1,940
	8	8.80	10.10	29.2	29.9	5,472	3,072	2,400
	9	11.35	12.05	27.0	27.4	3,800	3,608	192
	10	13.20	10.80	28.3	22.6	4,064	2,304	1,760
Average		9.08	8.08	27.0	26.4	5,180	3,640	1,539
P-value		0.1138		0.8603		0.0008		
t-test		ns		ns		**		

ns = Non significant, ** significant different P<0.01.

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า วิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมันสำปะหลังวิธีทดสอบมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,180 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 7,373 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 17,373 บาทต่อไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ย 10,000 บาทต่อไร่ และค่า BCR เท่ากับ 2.35 ส่วนวิธีเกษตรกรมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,640 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิต

เฉลี่ย 6,675 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 12,239 บาทต่อไร่ รายได้สุทธิเฉลี่ย 5,563 บาทต่อไร่ และค่า BCR เท่ากับ 1.84 จะเห็นได้ว่าถึงแม้วิธีทดสอบจะมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าวิธีเกษตรกร แต่เมื่อนำมาคำนวณค่าหาเฉลี่ยของรายได้ รายได้สุทธิ และค่า BCR พบว่าวิธีทดสอบมีค่ามากกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 42.80 และ 28 ตามลำดับ (Table 5) นอกจากนี้วิธีทดสอบยังสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ร้อยละ 27 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกร

Table 5 Effects of fertilizer management on economic benefits in cassava production of the test method compare with the farmers' conventional method in Kalasin Province during end of rainy season, 2021-2022 and early rainy season, 2022-2023

Farmer	Yield (kg/rai)		Income ¹ (baht/rai)		Total cost ² (baht/rai)		Net income (baht/rai)		BCR (income/cost)		
	No.	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	Farmer	Test	
1		6,476	3,268	19,428	9,804	7,696	5,747	11,732	4,057	2.52	1.71
2		5,492	4,760	16,476	14,280	7,240	7,018	9,236	7,262	2.28	2.03
3		5,116	4,220	15,348	12,660	7,126	6,621	8,222	6,039	2.15	1.91
4		6,416	3,992	19,248	11,976	7,663	6,246	11,585	5,730	2.51	1.92
5		4,776	3,272	14,328	9,816	6,999	5,750	7,329	4,066	2.05	1.71
6		5,672	5,336	21,440	20,170	8,500	10,569	12,940	9,601	2.52	1.91
7		4,512	2,572	17,055	9,722	7,242	6,973	9,813	2,749	2.36	1.39
8		5,472	3,072	20,684	11,612	7,815	6,493	12,869	5,119	2.65	1.79
9		3,800	3,608	14,364	13,638	7,415	7,194	6,949	6,444	1.94	1.90
10		4,064	2,304	15,361	8,709	6,035	4,142	9,326	4,567	2.55	2.10
Average		5,180	3,640	17,373	12,239	7,373	6,675	10,000	5,563	2.35	1.84
p-value		0.0008		0.0008		0.0921		0.0004		0.0005	
t-test		**		**		ns		**		**	

ns = Non Significant **: significant different P< 0.01

¹ Income is calculated from the yield multiplied with the price of cassava per kilogram 3.00 baht (no. 1-5 price at August, 2022) and 3.78 baht. (no. 6-10 price at March, 2023).

² Price of chemical fertilizer; formula 46-0-0 = 30 baht/kg, formula 18-46-0 = 40 baht/kg, formula 0-0-60 = 36 baht/kg, chicken manure = 2 baht/kg and PGPR-3 = 60 baht/bag (2 bag/rai). Total cost is calculated from plot preparation cost 750 baht/rai, cassava cutting cost 500 baht/rai, cassava cutting preparation cost 150 baht/rai, labor cost for planting 200 baht/rai, labor cost organic fertilizer application 100 baht/rai, labor cost for chemical fertilizer application 100 baht/rai, cost of weeding 2 times 600 baht/rai, and the cost of harvesting and transportation 600 baht/ton.

สรุปผลการวิจัย

การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่แกลบ) อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในสภาพแปลงของเกษตรกรจังหวัดกาฬสินธุ์ได้เฉลี่ยร้อยละ 42 รายได้สุทธิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 80 มีอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายการลงทุน (BCR) เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้เฉลี่ยร้อยละ 27 เมื่อเทียบกับวิธีใช้ปุ๋ยของเกษตรกรที่ปฏิบัติอยู่เดิม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร.รัตติกาล ยุทธศิลป์ และ ดร.รัชนีวรรณ ชูเชิด ที่ให้คำแนะนำในการเขียนบทความ และขอบคุณทีมงานฝ่ายวิจัยของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ทุกท่าน ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- Agbede, T. M., Ojeniyi, S. O., & Adeyemo A. J. (2008). Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(1), 72-77.
- Bainbridge, Z., Tomlins, K., Wellings, K., & Westby, A. (1996). *Methods for assessing quality characteristics of non-*

grain starch staples. (Part 2. Field Methods).

Chatham, Kent: Natural Resources Institute.

- Bray, R. H., & L. T. Kurtz. (1945). Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45. doi: 10.1097/00010694-194501000-00006

- Department of Agriculture. (2016). *PGPR 3 bio-fertilizer*. Bangkok, Thailand: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

- Department of Agriculture. (2010). *Recommendations for the use of fertilizers for economic crops*. Bangkok, Thailand: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

- Howeler, R. H. (2014). *Sustainable soil and crop management of cassava in Asia: a reference manual*. Cali, Columbia: CIAT Publication.

- Meunchang, P., Amawan, S., Thongra-ar, P., Prongjunteak, K., Kernoon, S., Amonpon, W., & Thipayarugs, S. (2012). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on quality and quantity increasing of cassava yield. *Annual report 2011 of research and development on cassava cultural practice management* (pp. 349-363). Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

- Office of Agricultural Economics. (2021). *Cassava factory cultivated area, harvested area, yield and productivity per rai at national, regional, provincial*

- and district in 2021. Accessed June 1, 2023. Retrieve from <https://www.oae.go.th> (in Thai)
- Peech, M. (1965). Soil pH by grass electrode pH meter. In C. A. Black, D. D. Evans, R. L. White, L. E. Ensminger, F. E. Clark & R. C. Dinsuer (Eds.), *Method of soil analysis part 2: physical and menerological propertics, inching statistics of measurement and sampling* (pp. 914-925). Madison, USA: American Society of Agronomy Inc.
- Sittibusaya, C. (1996). *Guidelines for system development of advice on the use of fertilizers for field crops*. Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Schollenberger, C. J., & Simon, R. H. (1945) . Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil-ammonium acetate method. *Soil Science*, 59, 13-24. doi: 10.1097/00010694-194501000-00004
- Sukto, S., Bowonphonmethee, S., Sukto, K., Duangkaew, S., Puksoon, P., & Thaweekul. N. (2017). Manipulation of cassava fertilizer in specific areas in Uthai Thani Province. *Outstanding research results of Department of Agriculture for the year 2016* (pp. 117-131). Bangkok, Thailand: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934) . An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wongsuwan, N., Khaengkhan, P., & Sinsiri, N. (2021). Effect of biofertilizer (PGPR-3) organic and chemical fertilizers on growth yield and quality of Rayong 9 and Kasetsart 50 cassava varieties on Korat soil series. *Prawarun Agriculture Journal*, 18(2), 103-111. doi: 10.14456/paj.2021.27 (in Thai)

Research article

Integrated fertilizer management for yield improvement and cost cutting of cassava production in Kalasin Province

Nimit Wongsuwan and Supatra Chawkongjuck*

Kalasin Agricultural Research and Development Center, Agricultural Research and Development Region 3, Department of Agriculture, Yang Talat District, Kalasin Province, 46120

ARTICLE INFO

Article history

Received: 19 June 2023

Revised: 21 July 2023

Accepted: 25 August 2023

Online published: 24 October 2023

Keyword

Cassava

Chemical fertilizer

Organic fertilizer

PGPR-3 biofertilizer

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effects of integrated fertilizer management on increasing cassava productivity and reducing production costs. This experiment was participatory action research in cassava plots of 10 farmers in Muang and Sahatsakhan districts, Kalasin Province, Thailand during 2021-2023. There were 2 treatments: 1) the test method was an application of PGPR-3 bio-fertilizer, 500 kg/rai of organic fertilizers (chicken manure and husk) combined with 50 % chemical fertilizer according to soil analysis; and 2) the farmers' conventional method. The results showed that the cassava growth, fresh cassava tuber yield, and benefit-cost ratio (BCR) in the test method were significantly higher than in the farmers' conventional method ($p < 0.01$). The test method could increase productivity by 42 %, reduce production costs by 27 %, increase net income by 80 %, and improve the BCR by 27 % compared with the farmers' conventional method. Therefore, the integrated fertilizer management technology is another method to increase yields, reduce costs, and increase income for cassava farmers in Kalasin Province.

*Corresponding author

E-mail address: nimit2524@hotmail.com (N. Wongsuwan)

Online print: 24 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.26>



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

บทความวิจัย

ผลของการใช้แหนแดงในวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด

ธัญรัตน์ พรหมดอนยาง^{1*} ปริญดา แข็งขัน² และ เอกรินทร์ สารีพัว²

¹สำนักงานเกษตรจังหวัดกาฬสินธุ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 4600

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 10 กรกฎาคม 2566

แก้ไข: 7 สิงหาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 21 กันยายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

พืชผักอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์

พืชผักกินใบ

ดินผสมปลูก

แหนแดง

ผักสลัด

บทคัดย่อ

แหนแดงเป็นเฟิร์นน้ำขนาดเล็กที่สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดได้ เนื่องจากมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช จึงได้ศึกษาการใช้แหนแดงแห้งเป็นแหล่งปุ๋ยอินทรีย์ในวัสดุผสมดินปลูก เพื่อหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมในการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดที่ปลูกในภาชนะ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x6 Factorial in CRD ใน 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ชนิดผักสลัด คือ สายพันธุ์กรีนคอสและบัตเตอร์เฮด 2) อัตราการใช้แหนแดงแห้งในวัสดุผสมดินปลูก จำนวน 5 กรรมวิธี เปรียบเทียบกับปุ๋ยคอก 1 กรรมวิธี จากการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นของผักสลัดกรีนคอสมากกว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮด ในขณะที่จำนวนใบในผักสลัดบัตเตอร์เฮดมากกว่าผักสลัดกรีนคอส แต่ในด้านผลผลิตผักสลัดทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการศึกษาอัตราการใช้แหนแดงแห้งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า การนำแหนแดงแห้งมาใช้เป็นวัสดุผสมดินปลูกในผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีที่สุด คือ การใช้แหนแดงแห้ง 5 % รองลงมาคือแหนแดงแห้ง 4 % ในขณะที่การใช้แหนแดงแห้ง 1 % มีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ธาตุอาหาร จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ดังนั้น อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัด คือ แหนแดงแห้งในอัตราส่วน 5 % หรือแหนแดงแห้ง 5 กิโลกรัมต่อวัสดุปลูก 100 กิโลกรัม

บทนำ

แหนแดง (*Azolla* spp.) เป็นเฟิร์นน้ำขนาดเล็กพบอยู่ทั่วไปบริเวณน้ำนิ่ง มีการใช้ประโยชน์เป็นทั้งปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพและอาหารสัตว์ เนื่องจากในใบของแหนแดงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanobacteria) อาศัยอยู่ ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทำให้แหนแดงเจริญเติบโตได้เร็วและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง (Kaewsuralikhit et al, 2018) สามารถสลายตัวได้ง่ายและปลดปล่อยไนโตรเจนและธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ออกมาได้เร็ว (Sriplang et al., 2011) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำแหนแดงมาใช้เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนให้กับพืชผักโดยเฉพาะพืชผักใบที่มีความต้องการไนโตรเจนสูงเนื่องจากธาตุไนโตรเจนส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนใบ และก้าน โดยในประเทศไทยมีแหนแดงที่พบมากในธรรมชาติคือ สายพันธุ์ *A. pinata* และกรมวิชาการเกษตรได้ทำการพัฒนาสายพันธุ์ของแหนแดงขึ้นมาใหม่ ชื่อว่า *A. microphylla* ที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสายพันธุ์ *A. pinata* ถึง 10 เท่า มีขนาดใหญ่กว่า และสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Arora & Singh (2003) ที่กล่าวว่า แหนแดง *A. microphylla* นั้นมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด

ในปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มให้ความสำคัญในการเลือกรับประทานอาหารที่มีความสด สะอาด และปลอดภัย ผักสลัดเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีความนิยมนิยมมากขึ้นและมีมูลค่าสูง ส่งผลให้เกษตรกรรสนใจปลูกผักสลัดเพิ่มขึ้น ผักสลัดจัดอยู่ในพืชผักกินใบ ดังนั้นธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน ในดินของแหนแดงจะมีจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในอากาศมีธาตุไนโตรเจนประมาณ 4-5 % ของน้ำหนักแห้ง และยังมีธาตุอาหารอื่น ๆ ที่พืชต้องการอีกด้วย เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่ช่วยให้พืชแข็งแรงต้านทานต่อโรคและแมลง (Nam & Yoon, 2008) จึงทำให้แหนแดงเป็นวัสดุอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่น่าจะนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในการปลูกพืชผัก นอกจากนี้ยังมีช่วยปรับโครงสร้างของดินให้มีความโปร่งมากขึ้น

ในปัจจุบันการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แหนแดงในวัสดุปลูกเพื่อการปลูกผักยังมีไม่แพร่หลายมากนัก โดยการใช้วัสดุปลูกที่ไม่เหมาะสมในการปลูกผักส่งผลให้การเจริญเติบโต ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตลดลงได้ ดังนั้นการศึกษาวัดปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และปริมาณสูงสุดจึงถือเป็นประเด็นที่สำคัญในการปลูกผัก และเพื่อที่จะศึกษา

*Corresponding author

E-mail address: littlepigdear46@gmail.com (T. Promdonyang)

Online print: 25 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.27>

ถึงประสิทธิภาพของแผนผังที่อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด จึงมีการศึกษาผลของการใช้แผนผังในวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของสลัด โดยได้ทำการศึกษาค้นคว้าของแผนผังที่ใช้เดิมลงไปวัสดุปลูกเพื่อเป็นแหล่งทดแทนธาตุอาหารในการศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัด ผลผลิต และคุณภาพของผักสลัด สำหรับเป็นข้อมูลในการส่งเสริมการเพาะปลูกผักสลัดอินทรีย์ให้แก่เกษตรกร และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดในด้านการทำธุรกิจเพื่อจำหน่ายวัสดุดินผสมต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ ทำทดลองโดยการปลูกผักสลัดในถุงเพาะปลูกขนาด 8×11 นิ้ว โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ชุดการทดลอง โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้

- ปัจจัยที่ 1 (A) เปรียบเทียบสายพันธุ์ของผักสลัด 2 ชนิด ได้แก่ 1) พันธุ์กรีนคอส (A1) และ 2) พันธุ์บัตเตอร์เฮด (A2)
- ปัจจัยที่ 2 (B) อัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แผนผังแห่ง จำนวน 5 กรรมวิธี เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานควบคุม (ปุ๋ยคอก) ดังนี้
- กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยคอก 5 % (ชุดควบคุม) (B1)
- กรรมวิธีที่ 2 แผนผัง 1 % (B2)
- กรรมวิธีที่ 3 แผนผัง 2 % (B3)
- กรรมวิธีที่ 4 แผนผัง 3 % (B4)
- กรรมวิธีที่ 5 แผนผัง 4 % (B5)
- กรรมวิธีที่ 6 แผนผัง 5 % (B6)

ขั้นตอนการศึกษา

- 1) การเตรียมปุ๋ยอินทรีย์จากแผนผังแห่ง โดยการเก็บแผนผังสด มาผึ่งลมให้แห้ง
- 2) การเตรียมวัสดุผสมดินปลูก ใช้แกลบดิบ แกลบดำ ขุยมะพร้าว และหน้าดิน ผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 : 3 จากนั้นนำปุ๋ยอินทรีย์แผนผังแห่งมาผสมตามที่กำหนดแต่ละกรรมวิธี ด้วยเครื่องผสมดินปลูก
- 3) การเพาะเมล็ดกล้าผักสลัด โดยเพาะเมล็ดในฟิทมอสและรดน้ำให้ชุ่มประมาณ 3-4 วัน ต้นกล้าผักจะเริ่มงอก หลังจากนั้นทำการย้ายกล้าลงในถาดเพาะหลุมขนาด 200 หลุม จนเมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน จึงเตรียมย้ายกล้าลงถุงปลูกทดลอง โดยปลูกภายในโรงเรือนแบบเปิด
- 4) ดูแลรักษา ให้น้ำทุกเช้า - เย็น ด้วยระบบน้ำหยด กำจัดศัตรูพืชที่ขึ้นในแปลงปลูกและพรวนดินรอบ ๆ โคนต้น
- 5) การเก็บเกี่ยว ผักสลัด สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อต้นผักมีอายุครบ 45 วัน หลังย้ายปลูก
- 6) สุ่มตัวอย่างดินแต่ละกรรมวิธี เพื่อส่งวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อน - หลังการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการปฐพีศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทำบันทึกผลการทดลองการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลการเจริญเติบโต และข้อมูลผลผลิต ซึ่งเริ่มทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักสลัดเมื่ออายุ 1 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก โดยทำการบันทึก ดังนี้ ข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ 1) ข้อมูลความสูงต้น (เซนติเมตร) และ 2) ข้อมูลจำนวนใบ ข้อมูลลักษณะผลผลิต ได้แก่ 1) น้ำหนักผลผลิตสดทั้งต้น (กรัม) 2) น้ำหนักส่วนต้น (กรัม) และ 3) น้ำหนักส่วนราก (กรัม)

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลลักษณะที่ศึกษาและนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, UAS) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธีการ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ลักษณะการเจริญเติบโต

- 1) ความสูงต้นของผักสลัด
- ความสูงต้นของผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ (ปัจจัย A) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า ผักสลัดสายพันธุ์กรีนคอส และสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในด้านความสูงของลำต้น ในสัปดาห์ที่ 1 2 และ 4 ผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ แต่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 5 พบว่า ความสูงต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผักสลัดสายพันธุ์ กรีนคอส มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเฉลี่ยมากที่สุดที่ 8.98 และ 13.03 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

ความสูงต้นของผักสลัด ในวัสดุปลูกที่มีอัตราการใช้แผนผังแตกต่างกัน (ปัจจัย B) พบว่า กรรมวิธีอัตราการใช้ แผนผังในการผสมวัสดุปลูกทั้ง 5 ระดับ ให้ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในทุกระยะการเจริญเติบโตหลังจากการย้ายปลูก โดยตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต กรรมวิธีอัตราการใช้ แผนผัง 5 % มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นสูงที่สุด รองลงมาคือ กรรมวิธีอัตราการใช้ แผนผัง 4 % โดยมีความสูงต้น 16.57 และ 14.92 เซนติเมตร (สัปดาห์ที่ 5) ตามลำดับ และกรรมวิธีอัตราการใช้ แผนผัง 1 % มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นน้อยที่สุด เฉลี่ยที่ 9.75 เซนติเมตร (Table 1)

ในด้านอิทธิพลระหว่างอัตราการใช้ แผนผังกับสายพันธุ์ของ ผักสลัด (ปัจจัย AxB) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะสัปดาห์ที่ 4 และ 5 โดยในสัปดาห์ที่ 1 พบว่า ผักสลัดกรีนคอส มีค่าเฉลี่ยความสูงต้น อยู่ระหว่าง 3.60 - 6.97 เซนติเมตร และสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นอยู่ระหว่าง 4.17 - 7.73 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่า ผักสลัดกรีนคอส มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นอยู่ระหว่าง 3.30 - 8.97 เซนติเมตร และสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดค่าเฉลี่ยความสูงต้นอยู่ระหว่าง 3.30 - 9.10 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 5 พบว่า ผักสลัดสายพันธุ์ กรีนคอสที่ปลูกในกรรมวิธีอัตราการใช้ แผนผัง 5 % มีการเจริญเติบโต

ด้านความสูงต้นมากที่สุด คือ 17.50 เซนติเมตร รองลงมาคือผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดในกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % ผักสลัดสายพันธุ์กรีนคอสในกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 4 % และสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดในกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % มีความสูง

15.63 15.37 และ 14.47 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 1 % ในสลัดสายพันธุ์กรีนคอสและสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 9.53 และ 9.97 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

Table1 Analysis of weekly plant height growth rate (cm) between two lettuce cultivars and different application rates of dried azolla organic fertilizer

Factors	Early height growth each week									
	Week 1	Week 2		Week 3		Week 4		Week 5		
Factor A (Varieties of lettuce)										
Green Cos (A1)	5.82	6.42		8.98		a	11.45	13.03	a	
Butterhead (A2)	5.42	6.09		7.39		b	11.14	12.48	b	
F-test	ns	ns		**		ns	ns		*	
Factor B (Azolla rate in planting material)										
Manure 5 % (B1)	4.88	b	6.3	b	7.45	c	10.25	cd	11.92	c
Azolla 1 % (B2)	3.88	d	3.35	d	4.42	e	7.27	e	9.75	d
Azolla 2 % (B3)	4.75	c	5.02	c	6.30	d	9.77	d	11.35	c
Azolla 3 % (B4)	4.98	c	5.63	bc	7.60	c	11.20	c	12.03	c
Azolla 4 % (B5)	6.87	a	8.2	a	10.82	b	13.82	b	14.92	b
Azolla 5 % (B6)	7.35	a	9.03	a	12.53	a	15.48	a	16.57	a
F-test	**		**		**		**		**	
Factor AxB (The influence between the use rate of azolla and the varieties of lettuce)										
A1xB1	6.27	3.30		7.10		10.27		d	12.60	c
A1xB2	3.60	3.40		3.33		6.23		f	9.53	f
A1xB3	4.50	5.40		5.57		9.83		d	11.00	de
A1xB4	4.83	5.47		7.03		11.87		c	12.20	cd
A1xB5	6.37	8.07		9.73		14.17		b	15.37	b
A1xB6	6.97	8.97		11.57		16.33		a	17.50	a
A2xB1	5.50	5.40		7.80		10.23		d	11.23	de
A2xB2	4.17	3.30		5.50		8.30		e	9.97	ef
A2xB3	5.00	4.63		7.03		9.70		d	11.70	cd
A2xB4	5.13	5.80		8.17		10.53		cd	11.87	cd
A2xB5	7.37	8.33		11.90		13.47		b	14.47	b
A2xB6	7.73	9.10		13.50		14.63		b	15.63	b
F-test	ns		ns		ns		**		*	

ns, *, ** mean not significant and significant difference at P< 0.05, 0.01 values with the different.

Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

2) จำนวนใบของผักสลัด

การเจริญเติบโตในลักษณะจำนวนใบของผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ (ปัจจัย A) ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 5 พบว่า อัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสัปดาห์นี้ ผักสลัดสายพันธุ์กรีนคอส มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมากที่สุดที่ 5.12 และ 6.39 ใบต่อต้น ตามลำดับ แต่ในสัปดาห์ที่ 5 ผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมากที่สุดคือ 14.12 ใบต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อัตราการใช้แหนแดงแตกต่างกันในวัสดุปลูก (ปัจจัย B) พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผักสลัดที่ปลูกโดยใช้แหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตด้าน

จำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % อยู่ที่ 5.62 - 17.72 ใบต่อต้น รองลงมา คือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 4 % มีอัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบอยู่ระหว่าง 5.05 - 15.97 ใบต่อต้น ส่วนกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 1 % มีอัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 3.45 - 9.55 ใบต่อต้น (Table 2)

สำหรับอิทธิพลระหว่างอัตราการใช้แหนแดงกับสายพันธุ์ของผักสลัด ในด้านอัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ส่วนในสัปดาห์ที่ 3, 4 และ 5 มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า แนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกโดยกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบมากที่สุด คือ 18.10 18.90 และ 19.10 ใบต่อต้น ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Analysis of growth rate data in terms of number of leaves each week between 2 varieties of lettuce and the rate of application of dried azolla organic fertilizer was different

Factors	Number of leaves each week									
	Week 1		Week 2		Week 3		Week 4		Week 5	
Factor A (Varieties of lettuce)										
Green Cos (A1)	5.12	a	6.39	a	9.30		12.20		13.33	b
Butterhead (A2)	4.29	b	5.56	b	9.95		12.04		14.12	a
F-test	**		**		ns		ns		**	
Factor B (Azolla rate in planting material)										
Manure 5 % (B1)	5.15	ab	6.38	bc	7.73	c	9.17	e	12.65	d
Azolla 1 % (B2)	3.45	d	3.78	e	4.83	d	6.5	f	9.55	e
Azolla 2 % (B3)	4.12	cd	5.18	d	7.65	c	10.88	d	12.72	d
Azolla 3 % (B4)	4.83	bc	5.93	c	8.62	c	13.23	c	13.77	c
Azolla 4 % (B5)	5.05	ab	6.78	b	12.75	b	15.32	b	15.97	b
Azolla 5 % (B6)	5.62	a	7.78	a	16.17	a	17.62	a	17.72	a
F-test	**		**		**		**		**	
Factor AxB (The influence between the use rate of azolla and the varieties of lettuce)										
A1xB1	4.63		6.33		8.23	d	9.33	fg	12.77	de
A1xB2	3.10		4.43		5.53	ef	8.00	g	9.63	f
A1xB3	3.77		5.60		7.43	d	11.20	e	12.33	e
A1xB4	4.33		6.33		8.23	d	13.47	cd	13.77	d
A1xB5	4.67		7.33		12.13	c	14.87	bc	15.17	c
A1xB6	5.23		8.33		14.23	b	16.33	b	16.33	bc
A2xB1	5.67		6.43		7.23	de	9.00	fg	12.53	e
A2xB2	3.80		3.13		4.13	f	5.00	h	9.47	f
A2xB3	4.47		4.77		7.87	d	10.57	ef	13.10	de
A2xB4	5.33		5.53		9.00	d	13.00	d	13.77	d
A2xB5	5.43		6.23		13.37	bc	15.77	b	16.77	b
A2xB6	6.00		7.23		18.1	a	18.90	a	19.10	a
F-test	ns		ns		**		**		**	

ns, ** mean not significant and significant difference at $P \leq 0.01$ values with the different superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

ลักษณะผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในลักษณะผลผลิตจากการทดลองเปรียบเทียบการใช้แหนแดงเป็นวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ในปัจจัยพันธุ์ผักสลัด จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์กรีนคอสและสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด ที่อายุเก็บเกี่ยว 45 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ลักษณะน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้น (กรัมต่อต้น) น้ำหนักส่วนลำต้น (กรัม) และน้ำหนักส่วนราก (กรัม) ของผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผักสลัดทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้ำหนักผลผลิตรวมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 87.34 - 88.11 กรัมต่อต้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำหนักเฉลี่ยของส่วนเหนือดิน (ลำต้น) อยู่ระหว่าง 73.76 - 76.44 กรัม และค่าน้ำหนักเฉลี่ยส่วนใต้ดิน (ราก) อยู่ระหว่าง 11.54 - 12.67 กรัม (Table 3)

วัสดุผสมดินปลูกที่มีการใช้กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดงที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้น น้ำหนักส่วนต้น และน้ำหนักส่วนราก ในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่ใช้อัตราแหนแดง 5 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้นมากที่สุดที่ เท่ากับ 230.00 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 4 % เท่ากับ 114.33 กรัมต่อต้น และกรรมวิธีที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้นของผักสลัดน้อยสุด

คือกรรมวิธีที่ใช้อัตราแหนแดง 1 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้นของผักสลัด เท่ากับ 23.10 กรัมต่อต้น (Table 3) ส่วนในลักษณะน้ำหนักส่วนต้นของผักสลัด โดยกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % มีน้ำหนักส่วนต้นมากที่สุด เท่ากับ 191.50 กรัม รองลงมา คือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 4 % เท่ากับ 97.67 กรัม และกรรมวิธีที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนต้นของผักสลัดน้อยสุด คือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 1 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้น เท่ากับ 20.97 กรัม (Table 3) สำหรับลักษณะน้ำหนักส่วนรากของผักสลัดของผักสลัดที่ปลูกในดินผสมปลูกที่มีกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดงที่แตกต่างกันเป็นวัสดุผสมดินปลูก โดยกรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 5 % มีน้ำหนักส่วนรากมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 35.50 กรัม รองลงมา คือ กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 4 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนราก เท่ากับ 19.33 กรัม และกรรมวิธีที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนรากของผักสลัดน้อยสุด คือ กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยคอก 5 % กรรมวิธีอัตราการใช้แหนแดง 2 % และกรรมวิธีที่ใช้แหนแดง 1 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนราก เท่ากับ 3.45, 3.27 และ 2.22 กรัม ตามลำดับ (Table 3)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในปัจจัยอิทธิพลระหว่างอัตราการใช้แหนแดงกับสายพันธุ์ของผักสลัดที่แตกต่างกันในวัสดุผสมดินปลูก พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้น และ น้ำหนักส่วนต้น

มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตรวมทั้งต้นอยู่ระหว่าง 22.20 - 233.33 กรัมต่อต้น และน้ำหนักส่วนต้น 19.93 - 197.67 กรัมต่อต้น ส่วนในลักษณะน้ำหนักส่วนราก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยผักสลัดสายพันธุ์กรีนคอส ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยคอกโรตารีใช้แทนแดง 5 % และสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยคอกโรตารีใช้แทนแดง 5 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนราก

มากที่สุด เท่ากับ 36.33 และ 34.67 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ สายพันธุ์กรีนคอส ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยคอกโรตารีใช้แทนแดง 4 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนรากมากที่สุด เท่ากับ 24.00 กรัม โดยที่ผักสลัดทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยคอกโรตารีใช้แทนแดง 5 % 1 % และ 2 % มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักส่วนรากลดน้อยที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 2.07 – 3.90 กรัม ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Productivity growth rate data analysis between 2 varieties of lettuce and different application rates of dried azolla organic fertilizer

Factors	Productivity growth					
	Total weight (g/plant)		Stem weight (g)		Root weight (g)	
Factor A (Varieties of lettuce)						
Green cos (A1)	87.34		73.76		12.67	
Butterhead (A2)	88.11		76.44		11.54	
F-test	ns		ns		ns	
Factor B (Azolla rate in planting material)						
Manure 5 % (B1)	44.92	d	39.32	d	3.45	d
Azolla 1 % (B2)	23.10	e	20.97	e	2.22	d
Azolla 2 % (B3)	44.33	d	41.00	d	3.27	d
Azolla 3 % (B4)	69.67	c	60.17	c	8.83	c
Azolla 4 % (B5)	114.33	b	97.67	b	19.33	b
Azolla 5 % (B6)	230.00	a	191.5	a	35.50	a
F-test	**		**		**	
Factor AxB (The influence between the use rate of azolla and the varieties of lettuce)						
A1xB1	43.83		40.30		3.00	f
A1xB2	22.20		19.93		2.07	f
A1xB3	41.67		39.00		3.20	f
A1xB4	68.67		60.67		7.33	de
A1xB5	121.00		97.33		24.00	b
A1xB6	226.67		185.33		36.33	a
A2xB1	46.00		38.33		3.90	ef
A2xB2	24.00		22.00		2.37	f
A2xB3	47.00		43.00		3.33	f
A2xB4	70.67		59.67		10.33	d
A2xB5	107.67		98.00		14.67	c
A2xB6	233.33		197.67		34.67	a
F-test	ns		ns		**	

ns, *, ** mean not significant and significant difference at $P \leq 0.05, 0.01$ values with the different.

Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

Table 4 Analyze nutrients that are essential for plant growth (before experiment)

Sample	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Aval. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
Compost 5 %	7.42	0.45	12.78	0.16	266.98	879.20
Azolla 1 %	7.42	0.38	13.77	0.16	230.45	716.60
Azolla 2 %	7.41	0.48	10.89	0.18	248.04	950.60
Azolla 3 %	7.36	0.59	13.96	0.19	253.45	1012.20
Azolla 4 %	7.29	0.84	14.52	0.22	269.01	1300.40
Azolla 5 %	7.22	1.03	14.60	0.27	274.42	1810.20

pH: potential of hydrogen ion, EC: electrical conductivity, OM: organic matter, N: total nitrogen, Aval. P: available phosphorus, Exch. K: exchange potassium
At Soil Science Laboratory, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University (2 September 2022)

เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ดังนั้น อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัดอินทรีย์ คือ แหนแดงแห้งในอัตราส่วน 5 % หรือแหนแดงแห้ง 5 กิโลกรัมต่อวัสดุปลูก 100 กิโลกรัม เป็นวัสดุผสมดินปลูกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการผลิตผักสลัดอินทรีย์อินทรีย์ เมื่อเทียบกับอัตราการใช้แหล่งธาตุอาหารจากปุ๋ยคอกมูลวัวที่แนะนำจากหน่วยงานของภาครัฐ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนงบประมาณและพื้นที่ในการทำงานวิจัย และขอบคุณ นายพิพัฒพงศ์ สารีพั่ว และนางสาวภาสินี กงแก่นทา นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ช่วยดูแลและช่วยเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

References

- Arora, A., & Singh, P. K. (2003). Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* SPP. *Biomass and Bioenergy*, 24(3) 175- 178. doi: 10.1016/S0961-9534(02)00133-2
- Chanasabang, C., Thongbut, C., & Thonsiri, P. (2020). Effect of chemical fertilizer, swine manure, and dried azolla application on growth of choy sum (*Brassica chinensis* L.). *Proceedings of the 6th Research and development for community among the disruptive environment conference 2020* (pp.1447-1452). Loei: Loei Rajabhat University. (in Thai)
- Chuphutsa, C. (2010). *Relationship between nitrogen released from organic fertilizer and Chinese kale (Brassica oleracea) growth and yield in organic farming system* (Master's thesis). Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Kaewsuralikhit, S., Thongra-ar, P., Chatchaisiri, K., & Saradhuldhath, P. (2018). Effect of dry azolla (*Azolla microphylla*) on growth of Pak Choi (*Brassica chinensis*). *Proceedings of the 17th national horticultural congress 2018: to the new frontiers of horticulture* (pp.332-337). Chiang Mai: Chiang Mai University.
- Moonsan, P., & Thonsiri, P. (2018). Growth of kailaan in soil mixed with *Azolla* spp. *Proceeding of Wisdom integration for innovation and sustainable development conference* (pp.2228-2696). Loei: Loei Rajabhat University. (in Thai)
- Nam, K. W., & Yoon, D. H. (2008). Usage of *Azolla* spp. as a biofertilizer on the environmental-friendly agriculture. *Korean Journal of Plant Resources*, 21(3), 230-235.
- Sriplang, K., Pansang, S., & Kaeokom, P. (2011). *Study of appropriate conditions for growth of Azolla spp. in local community and blue-green algae to increase rice yield* (Research Report). Phetchabun: Phetchabun Rajabhat University. (in Thai)

Research article

Effects of *Azolla microphylla* in medias on growth and yield of lettuceThanyarat Promdonyang^{1*} Parinda Khaengkhan² and Eakrin Sareepua²¹*Kalasin Provincial Agriculture Office, mueang Kalasin district, Kalasin Province, 4600*²*Program in Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin Province, 46000***ARTICLE INFO****Article history**

Received: 10 July 2023

Revised: 7 August 2023

Accepted: 21 September 2023

Online published: 25 October 2023

Keyword*Organic vegetables**Organic fertilizers**Leafy vegetables**Soil mix**Azolla**Lettuce***ABSTRACT**

Azolla is a small aquatic fern known for its high nitrogen content, making it a valuable choice for use as green manure. This study aimed to assess the optimal application rate of dried *Azolla* in a soil mixture to promote the growth and yield of lettuce in containers. The experiment followed a 2x6 factorial design in a completely randomized design (CRD), considering two factors: 1) Lettuce types, green cosmos and butterhead cultivars, and 2) The application rate of dried *Azolla* in the soil mixture. This was compared to a single treatment using manure. Results showed that green cos lettuce exhibited greater plant height growth than butterhead lettuce, while butterhead lettuce had a higher number of leaves compared to green cos lettuce. However, there was no significant difference in yield between the two lettuce varieties. Regarding the use of dried *Azolla* for lettuce growth, it was determined that the application of dried *Azolla* as a soil mix resulted in the best growth and yield for both lettuce cultivars. The highest growth and yield were observed with 5 % dried *Azolla*, followed by 4 % dried *Azolla*, while the lowest growth and yield were associated with 1 % dried *Azolla*. These findings were consistent with nutrient analysis results, which indicated that the nutrient requirements for growth were minimal. When compared to other methods, the most suitable ratio for growing lettuce was found to be 5 % dried *Azolla* or 5 kg of dried *Azolla* per 100 kg of planting material.

^{*}Corresponding author

E-mail address: littlepigdear46@gmail.com (T. Promdonyang)

Online print: 25 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.27>



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

บทความวิจัย

การศึกษาชนิดของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโจก (*Cyclocheilichthys enoplos*) ในลุ่มแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย

รัชนิกรณ์ มาพะเนา^{1*} อาภากร สกุกสถาพร¹ วุฒิ รัตวิชัย² และ เหล็กไหล จันทะบุตร³

¹สาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 43000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

³สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (ประมง) คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 30 มิถุนายน 2566

แก้ไข: 4 สิงหาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 25 สิงหาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

ปลาโจก

พฤติกรรมการกินอาหาร

แม่น้ำโขง

จังหวัดหนองคาย

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโจก *Cyclocheilichthys enoplos* ในแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย รวบรวมตัวอย่างปลาในช่วงเดือนมิถุนายน 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565 เป็นเวลา 12 เดือน ได้ตัวอย่างปลาทั้งหมด 32 ตัว (n=32) ประกอบด้วยเพศผู้ 9 ตัว และเพศเมีย 23 ตัว ปลาโจกมีความยาวเฉลี่ยโดยเฉลี่ยเท่ากับ 60.98 ± 5.60 เซนติเมตร (49-75 เซนติเมตร) และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.94 ± 1.22 กิโลกรัม (1.2-6.5 กิโลกรัม) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวของปลาโจกเท่ากับ $W = 0.0000005 L^{3.7824}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.7816 อัตราส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารเท่ากับ $1: 1.14 \pm 0.13$ มีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัว (L_t) กับความยาวทางเดินอาหาร (L_i) เท่ากับ $L_i = 0.5395 L_t^{1.180}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.4951 ปลาโจกมีกระเพาะอาหารขนาดเล็กรูปร่างตรงเป็นแบบ Straight-shape มีความจุอาหารในกระเพาะอาหารเฉลี่ยระดับ 1.25 และปริมาณอาหารในทางเดินอาหารเฉลี่ย 6.56 กรัม (0.22 %) กลุ่มอาหารหลักที่พบในทางเดินอาหารของปลาโจกประกอบด้วย ไฮดรา (23.26 %) ตัวอ่อนแมลง (22.07 %) หอย (20.12 %) สาหร่ายขนาดใหญ่ (17.11 %) แพลงก์ตอนพืช (10.29 %) ปลา (6.87 %) และกุ้ง (0.27 %) จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของอาหาร (Index of relative importance, IRI) พบว่า สาหร่ายขนาดใหญ่ มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด (IRI = 2793.21) รองลงมา คือ หอย (IRI = 2632.19) ไฮดรา (IRI = 2255.74) และตัวอ่อนแมลง (IRI = 1625.21) จากการศึกษานี้สรุปได้ว่า ปลาโจกมีพฤติกรรมการกินอาหารทั้งพืชและสัตว์ และมีพฤติกรรมของผู้ล่า

บทนำ

แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำที่สายยาวที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีต้นกำเนิดมาจากบริเวณที่ราบสูงทิเบต มีระยะทางยาวกว่า 4,800 กิโลเมตร ไหลผ่านประเทศจีน เวียดนาม ลาว ไทย กัมพูชา และไหลลงสู่ทะเลจีนใต้ที่ประเทศเวียดนาม ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำ 795,000 กิโลเมตร (Van Zalinge et al., 2003) แม่น้ำโขงไหลเป็นเส้นแบ่งเขตระหว่างประเทศไทยกับประเทศลาว ผ่านจังหวัดเชียงราย เลย หนองคาย บึงกาฬ นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี เป็นระยะทางกว่า 1,520 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่อุดมไปด้วยสิ่งมีชีวิตหลากหลาย เป็นแหล่งที่อยู่ของปลากว่า 1,100 ชนิดพันธุ์ แม่น้ำโขงเป็นแหล่งประมงน้ำจืดขนาดใหญ่ซึ่งมีปริมาณการจับปลามากกว่า 2.6 ล้านตันต่อปี คิดเป็น 25 % ของปริมาณการจับปลาน้ำจืดทั่วโลก แม่น้ำโขงเป็นแหล่งหล่อเลี้ยงผู้คนมากกว่า 60 ล้านคน เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของผู้คนในภูมิภาคลุ่มน้ำโขงมากถึง 47-80 % โดยมีมูลค่าการทำการประมงต่อปีประมาณ 127,000-231,000 ล้านบาท (World Wildlife Fund, 2021) อย่างไรก็ตามลุ่มน้ำโขงเป็นหนึ่งในห้า

จุดที่มีความหลากหลายทางชีวภาพที่ถูกคุกคามมากที่สุดในโลก (World Wildlife Fund, 2015) การสร้างเขื่อนในแม่น้ำโขงตอนบนทั้งในแม่น้ำสาขาและแม่น้ำสายหลัก ส่งผลกระทบต่อฤดูกาลไหลของน้ำ ขัดขวางการไหลของตะกอนดิน กระทบต่อการทำประมง และวิถีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (Pokhrel et al., 2018) จังหวัดหนองคาย มีพื้นที่ติดกับแม่น้ำโขงและได้รับผลกระทบจากระบบนิเวศในแม่น้ำโขงที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคม 2562 มีรายงานระดับน้ำในแม่น้ำโขงที่ไหลผ่านจังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ ลดลงอย่างรวดเร็วที่สุดในรอบ 50 ปี (BBC NEWS, 2019)

ปลาโจก หรือปลาตะโกก มีชื่อสามัญว่า Soldier river barb มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cyclocheilichthys enoplos* เป็นปลาไทยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ขนาดโตเต็มที่มีน้ำหนักเกินกว่า 10 กิโลกรัม เมื่อมีรสชาติดีเป็นที่นิยมบริโภคและมีราคาค่อนข้างสูง โดยทั่วไปมักพบตามแหล่งน้ำไหลแต่ไม่แพร่หลายตามแหล่งน้ำทั่วไป ขอบอาศัยและแพร่พันธุ์อยู่ตามแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำโขง

*Corresponding author

E-mail address: ratcma@kku.ac.th (R. Mapanao)

Online print: 26 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.28>

แม่น้ำมูล บึงบอระเพ็ด อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล และอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ เป็นต้น (Ratanatrivong et al., 1993; Chantasut & Apukarata, 1993) ปลาโงกเป็นปลาอพยพที่มีความสำคัญในแม่น้ำโขง และมีรายงานจำนวนประชากรที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง (Chan, 2018; Dong et al., 2022) ซึ่งการสร้างเขื่อนนับเป็นปัจจัยคุกคามที่สำคัญต่อแหล่งที่อยู่อาศัย จำนวนประชากร พฤติกรรมการหาอาหาร การขยายพันธุ์ การเลี้ยงตัวอ่อน ตลอดจนการอพยพของปลาตามธรรมชาติ (Yoshida et al., 2020) ถึงแม้ก่อนหน้านี้จะพบรายงานการศึกษาของคัพระกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของปลาโงกในเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ (Suwannapeng et al., 2011; Seel-audom et al., 2021) แต่ความแตกต่างของแหล่งน้ำและสภาพแวดล้อมของแม่น้ำโขงที่เปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลต่อชนิดและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโงก ดังนั้นการศึกษานี้ของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารปลาโงก ในลุ่มน้ำโขง จังหวัดหนองคาย จึงมีความสำคัญเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน

การบริหารจัดการทรัพยากรปลาโงกให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของแม่น้ำโขงในปัจจุบันเพื่อให้ประชากรปลาโงกคงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สถานีเก็บตัวอย่าง

เก็บรวบรวมตัวอย่างปลาโงกในบริเวณแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย จากชาวประมงพื้นบ้านที่ทำการประมงโดยวิธีล่องเรือวางตาข่ายในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 3 สถานี (Figure 1) ได้แก่ สถานีที่ 1 อำเภอสังขม สถานีที่ 2 อำเภอเมืองหนองคาย และสถานีที่ 3 อำเภอรัตนวาปี เก็บรวบรวมตัวอย่างปลาโงก ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565 รวมระยะเวลา 12 เดือน

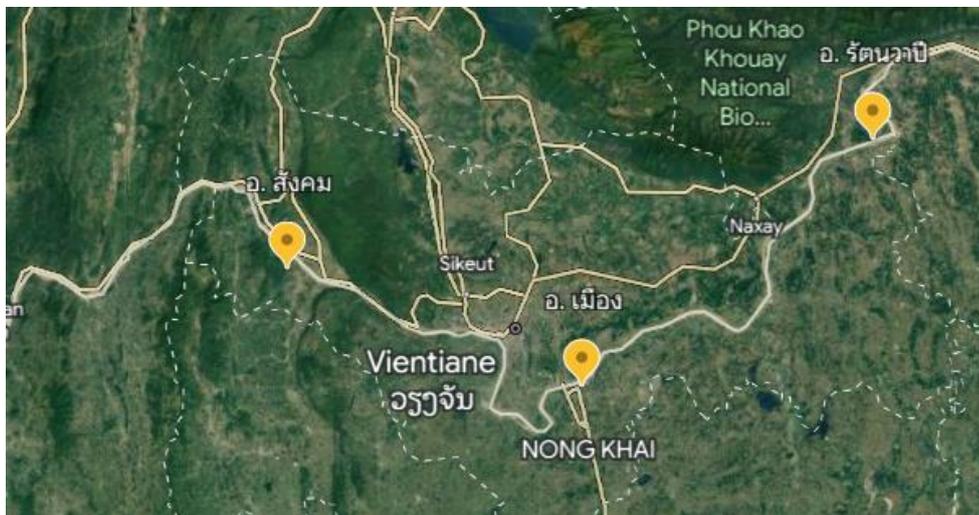


Figure 1 Location of three sampling stations in the Mekong River, Nong Khai Province.

Source: Google Earth (2023)

วิธีการศึกษากาตสนาม

วิธีการเก็บตัวอย่างปลาโงก

นำปลาโงกที่รวบรวมได้จากชาวประมงมารักษาสภาพด้วยสารแช่เย็น ทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง (หน่วยเป็นกิโลกรัม) และวัดความยาวเหยียด (Total length) ด้วยไม้บรรทัด (หน่วยเป็นเซนติเมตร) บันทึกข้อมูลที่ได้ จากนั้นนำปลามาผ่าท้องและตรวจสอบเพศ ตัดเอาเฉพาะส่วนทางเดินอาหารจากคอหอยจนถึงส่วนต้นของลำไส้เล็ก เก็บรักษาในน้ำยาฟอร์มาลีน 10 % เพื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารปลาโงกในห้องปฏิบัติการ

วิธีการในห้องปฏิบัติการ

1) นำตัวอย่างทางเดินอาหารปลาโงกที่ต้องในน้ำยาฟอร์มาลีน 10 % ออกมาล้างทำความสะอาด แล้วนำทางเดินอาหารของปลามาทำการยัดออก จากนั้นวัดความยาวของทางเดินอาหารเพื่อหาอัตราส่วนต่อความยาวเหยียดตามวิธีของ Nikolsky (1963) และให้

ค่าประมาณความจุอาหารในทางเดินอาหาร หรือ Stomach fullness (Table 1)

2) ผ่าทางเดินอาหารด้วยกรรไกร และเขี่ยเอาอาหารในทางเดินอาหารทั้งหมดใส่ลงในจานแก้ว (Petri-dish) นำอาหารทั้งหมดไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (กรัม) แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหาร โดยจำแนกกลุ่มของอาหารผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำและนำกลุ่มอาหารที่จำแนกได้มาชั่งน้ำหนัก ส่วนอาหารที่ไม่สามารถจำแนกได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำหรือที่เรียกว่า Debris ทำการสุมตัวอย่างทำเป็นสไลด์ถาวร (Permanent slide) โดยเกลี่ย (Smear) ตัวอย่างอาหารกับกลีเซอร์ลินในสไลด์หลุมและปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ (Cover glass) ทำการยัดแผ่นปิดสไลด์กับสไลด์ด้วยยาทาเล็บ จากนั้นนำสไลด์ถาวรมาวิเคราะห์ให้ละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

Table 1 Stomach fullness index

Fullness	Fullness %
0	0
1	1-24
2	25-49
3	50-74
4	75-99
5	100

Source: Chittapalapong et al. (2014)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาโจก นำข้อมูลน้ำหนักปลา (กิโลกรัม) และความยาวเหยียด (เซนติเมตร) ที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาโจกตามวิธีของ Bagenal (1978) ตามสมการดังนี้

$$W = aL^b$$

โดยที่ L = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)
 W = น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)
 a, b = ค่าคงที่

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารของปลาโจก

นำข้อมูลความยาวลำตัวและความยาวทางเดินอาหารของปลาโจกที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหาร ตามวิธีของ Wootton (1990)

ตามสมการดังนี้

$$L_i = aL_i^b$$

โดยที่ L_i = ความยาวทางเดินอาหาร (เซนติเมตร)
 L_i = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)
 a, b = ค่าคงที่

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณอาหารในทางเดินอาหารของปลาโจก

การศึกษาค้นคว้านี้ใช้วิธีการตรวจสอบและประเมินอาหารของปลาโจกในเชิงปริมาณและคุณภาพ ตามวิธีของ Chittapalapong et al. (2009) ที่ได้แปลงวิธี Points method และ Numerical method ของ Hynes (1950) โดยให้ค่าเป็นตัวเลขตามขนาดของอาหารขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ หรือยังไม่ได้ถูกย่อย (Table 2) แล้วนำกลุ่มอาหารทั้งหมดบวกกันค่าที่ได้จะเท่ากับน้ำหนักอาหารในทางเดินอาหารที่ขังได้ จากนั้นคำนวณกลับจะได้ค่าของอาหารแต่ละกลุ่มในรูปของน้ำหนัก (กรัม)

Table 2 Classification of food items in stomach contents of fish

Food items	Size	Value
Fish	Largest	1
Shrimp, Crab	Large	0.7
Tubiflex worm	Medium	0.6
Mollusc	Medium	0.5
Amphipod and isopod	Medium	0.5
Terrestrial insect or adult insect	Medium	0.5
Insect larvae	Medium	0.5
Sponges	Medium	0.4
Hydra	Medium	0.4
Macroalgae	Medium	0.3
Crustacean, Zooplankton	Small	0.2
Rotifer, Protozoa	Small	0.1
Phytoplankton	Smallest	0.01

Source: Chittapalapong et al. (2014)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของอาหาร (Index of relative importance) ในแต่ละกลุ่ม

โดยวิธีของ Yazicioglu et al. (2016) ตามสมการดังนี้

$$IRI (\text{Index of relative importance}) = (N \% + W \%) \times F \%$$

โดยที่ N % = อัตราร้อยละของจำนวนชิ้นในแต่ละกลุ่มของอาหาร
 W % = อัตราร้อยละของน้ำหนักในแต่ละกลุ่มของอาหาร
 F % = อัตราร้อยละของพื้นที่พบแต่ละกลุ่มของอาหาร

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบชนิดของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโจก ทำการรวบรวมตัวอย่างปลาโจกตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565 ได้จำนวนตัวอย่าง

ปลาทั้งหมด 32 ตัว พบว่าเป็นปลาเพศผู้ 9 ตัว คิดเป็น 28.125 % และเป็นปลาเพศเมีย 23 ตัว คิดเป็น 71.875 % ทั้งนี้ปลาเพศเมียที่จับได้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมีนาคม แม่ปลาเริ่มมีไข่และปลาเพศผู้เริ่มสังเกตเห็นถุงน้ำเชื้อ ปลาโจกที่รวบรวมได้มีความยาวเหยียดเฉลี่ยเท่ากับ 60.98±5.60 เซนติเมตร โดยปลาที่มีความยาวเหยียดอยู่ระหว่าง 49-72 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.94±1.22 กิโลกรัม ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.2-6.5 กิโลกรัม (Figure 2) สอดคล้องกับการรายงานของ Amatayakul et al. (1995) ที่ระบุว่าปลาโจกในอ่างเก็บน้ำและแม่น้ำต่าง ๆ มีความสมบูรณ์เพศถึงวัยเจริญพันธุ์ มีความยาวตั้งแต่ 52 เซนติเมตร และน้ำหนัก 2 กิโลกรัมขึ้นไป

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวของ

ปลาจอก มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7816 (Figure 3) ปลาจอกที่รวบรวมได้มีความยาวทางเดินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 69.42 ± 10.71 เซนติเมตร โดยมีลักษณะทางเดินอาหารที่มีกระเพาะอาหารขนาดเล็กรูปร่างตรงแบบ Straight-shape (Figure 4) และมีค่าสัดส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ $1:1.14 \pm 0.13$ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัว (L_t) ต่อความยาวทางเดินอาหาร (L) มีสมการ คือ $L_i = 0.5395L_t^{1.180}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.4951 (Figure 5) ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แตกต่างจากการรายงานของ Seel-audom et al. (2021) ที่ทำการศึกษาค้นคว้าของปลาในกระเพาะอาหารของปลาจอกในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตัวปลากับความยาวทางเดินอาหารของปลา มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8534 ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของแหล่งที่อยู่อาศัยและขนาดปลา โดยปลาจอกที่ทำการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีขนาดใหญ่ (ความยาว 49–72 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาจอกที่ทำการศึกษาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีความยาวลำตัวอยู่ในช่วง 23.50–44.00 เซนติเมตร Lanthameilu & Bhattacharjee (2018)

รายงานการศึกษาในปลาโรซิบาร์บ (*Pethia conchonius*) ขนาด 35–65 เซนติเมตร มีความยาวทางเดินอาหารสัมพันธ์ (Relative gut length, RGL) เท่ากับ 1.36–2.14 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.464 ซึ่งบ่งชี้พฤติกรรมการกินอาหารของปลาที่เปลี่ยนแปลงไปที่อาจขึ้นอยู่กับชนิดอาหารในแหล่งที่อยู่อาศัยและช่วงอายุของปลา ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าต่อไปจึงควรทำการศึกษาในปลาจอกทุกขนาดเพื่อให้ได้ข้อมูลชนิดของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาจอกในแม่น้ำโขงในทุกช่วงอายุ

การศึกษาสัดส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารพบว่า มีค่าเท่ากับ $1:1.14 \pm 0.13$ ซึ่งสนับสนุนว่าปลาจอกเป็นปลากินพืชและเนื้อ (Omnivore) สอดคล้องกับการรายงานของ Quang et al. (2018) ที่ระบุว่ากลุ่มปลากินพืชและเนื้อมีค่าสัดส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารอยู่ระหว่าง 1.0–3.0 การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ตรงกับการศึกษาของ Suwannapeng et al. (2011) และ Seel-audom et al. (2021) ที่รายงานสัดส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารของปลาจอกที่พบในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าเท่ากับ $1:1.29 \pm 0.14$ และ $1:1.64 \pm 0.10$ ตามลำดับ



Figure 2 (A) Soldier river barb (*C. enoplos*) and (B) Fish egg in the female fish's abdomen.

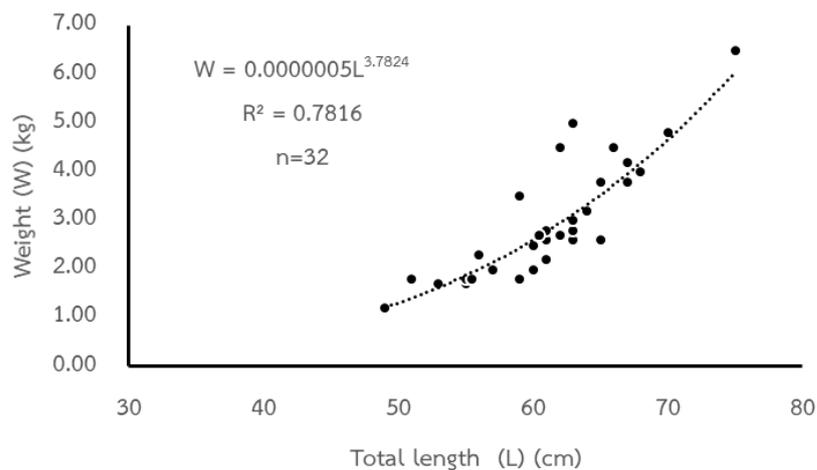


Figure 3 Total length - weight relationship of *C. enoplos* in the Mekong River, Nong Khai Province.



Figure 4 Digestive tract characteristics of *C. enoplos* in the Mekong River, Nong Khai Province.

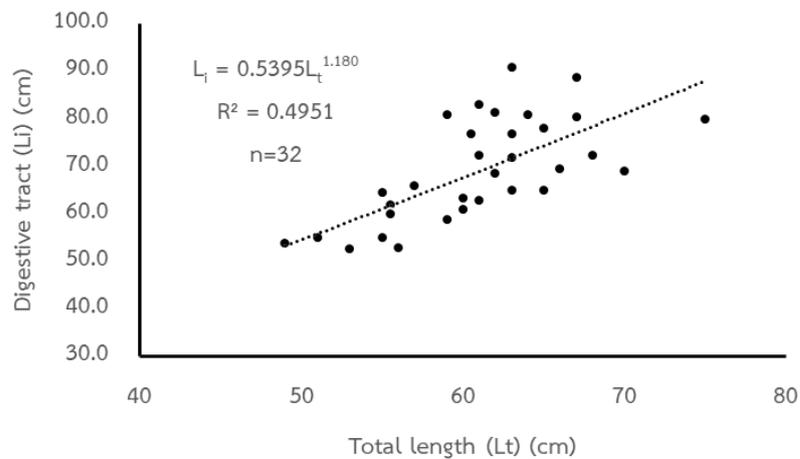


Figure 5 The correlation of the total length and digestive tract length of *C. enoplos* in the Mekong River, Nong Khai Province.

การศึกษาครั้งนี้พบว่าปลาโกลมีกระเพาะว่างโดยไม่มีอาหารในทางเดินอาหารเลย (Fullness 0) จำนวน 11 ตัว คิดเป็น 34.37 % ของปลาทั้งหมด ปลาที่ทำการศึกษามีความจุอาหารเฉลี่ยระดับ 1.25 น้ำหนักอาหารในทางเดินอาหารเฉลี่ย 6.56 กรัม หรือ 0.22 % ของน้ำหนักตัวปลา และมีค่าสูงสุดที่ 0.84 % หรือเป็นน้ำหนักอาหาร 23.61 กรัม จากปลาโกลที่มีความยาว 61 เซนติเมตร และน้ำหนัก 2.8 กิโลกรัม เห็นได้ว่าปลาที่รวบรวมได้ในการศึกษานี้มีค่า Fullness ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ปริมาณความจุของอาหารในกระเพาะอาหารของปลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ ช่วงฤดูกาล หรือพฤติกรรมการกินอาหารในรอบวัน ปลาจะกินอาหารน้อยลงในช่วงฤดูกลางใจ และจะกินอาหารมากขึ้นหลังจากการวางไข่เสร็จสิ้นลง (Osman et al., 2019) และการศึกษาในปลากด (*Ictalurus punctatus*) พบว่าความจุของอาหารในกระเพาะอาหารในช่วงเย็นและค่าสูงกว่าช่วงกลางวัน

(Yamazaki et al., 2019) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปลาที่รวบรวมได้มีขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ในวัยเจริญพันธุ์บางส่วนอยู่ในช่วงฤดูกลางใจ และเป็นปลาที่จับได้ในช่วงกลางวัน ซึ่งอาจทำให้ปลาโกลกินอาหารน้อย นอกจากนี้ Amatayakul et al. (1995) ได้สันนิษฐานว่าปลาโกลเป็นปลาที่กินอาหารน้อย และมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้ค่า Fullness ในการศึกษานี้ค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาองค์ประกอบชนิดของอาหารในทางเดินอาหารของปลาโกล ด้วยวิธี Points method จากการประมาณค่าน้ำหนักและคำนวณเป็นร้อยละของปริมาณอาหารทั้งหมด พบว่ากลุ่มอาหารหลักที่พบในทางเดินอาหารประกอบด้วย ไฮดรา ตัวอ่อนแมลงหอย สาหร่ายขนาดใหญ่ แพลงก์ตอนพืช ปลา และกุ้ง คิดเป็น 23.26, 22.07, 20.12, 17.11, 10.29, 6.87 และ 0.27 % ตามลำดับ (Figure 6 และ Figure 7)

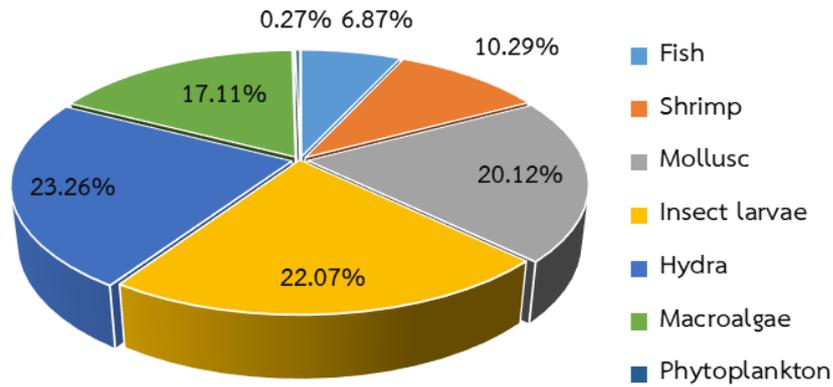


Figure 6 Weight percentage of food items in digestive tract of *C. enoplos* in the Mekong River, Nong Khai Province.

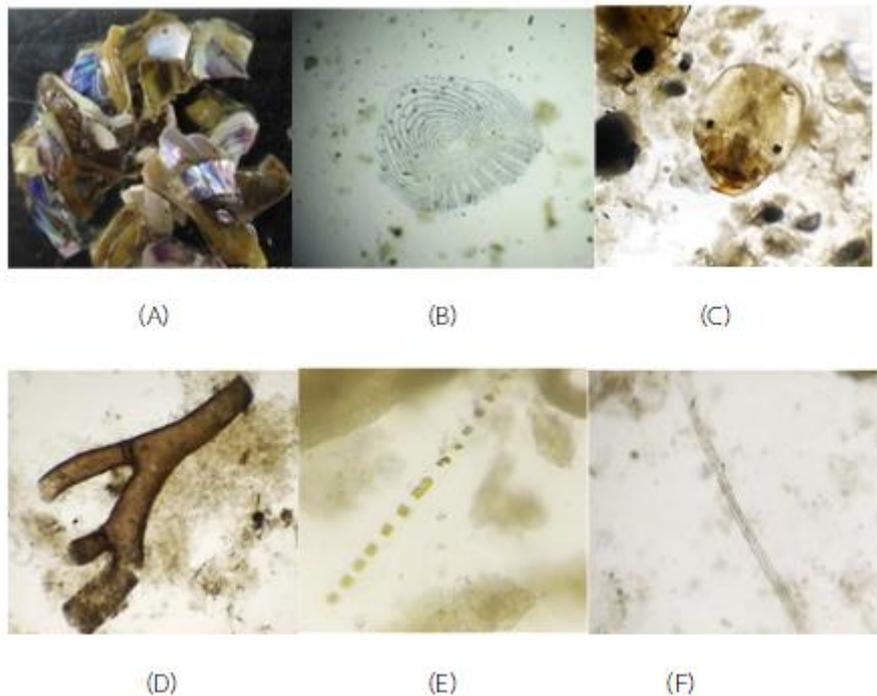


Figure 7 Food items in digestive tract of *C. enoplos* in the Mekong River, Nong Khai Province; (A) Bivalve (B) Fish scale (C) Insect larvae (D) Hydra (E) Phytoplankton and (F) Macroalgae.

องค์ประกอบชนิดของอาหารในทางเดินอาหารของปลาโงกในการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับการรายงานของ Amatayakul et al. (1995) ที่พบว่าอาหารของปลาโงกส่วนใหญ่เป็นพวกหอยสองฝา เศษพืชขนาดใหญ่ แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ ขณะที่ Suwannapeng et al. (2011) รายงานว่าชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารและลำไส้ตอนต้นของปลาโงกประกอบด้วยหอยพืชน้ำ ตัวอย่างแมลง และอื่น ๆ ส่วน Seel-audom et al. (2021) รายงานว่ากลุ่มอาหารที่พบในทางเดินอาหารของปลาโงก ได้แก่ สาหร่ายไฟ ชิ้นส่วนเกล็ดปลา เศษกระดูกปลา ไข่เดือนน้ำจืด ตัวอ่อนแมลง โปรโตซัว แมลงตัวเต็มวัย ไโรหิน โรติเฟอร์ แพลงก์ตอนพืช ไรแดง ไรขาว และหอยฝาเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาโงกสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด และชนิดอาหารที่แตกต่างกันอาจขึ้นอยู่กับแหล่งอาศัยของปลาโงก และเมื่อพิจารณาจากความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหาร และองค์ประกอบชนิดของอาหารของ

ปลาโงกแสดงให้เห็นว่าปลาโงกมีพฤติกรรมการกินอาหารทั้งพืชและสัตว์ และมีพฤติกรรมของผู้ล่า (Predator) เป็นปลาที่อาศัยบริเวณน้ำตื้น กินอาหารบริเวณหน้าดิน และบริเวณผิวน้ำ (Chittapalapong et al., 2009)

การศึกษาดังนี้มีความสำคัญของการพบว่ามีกลุ่มอาหารที่พบในทางเดินอาหารประกอบด้วย ปลา กุ้ง หอย ตัวอ่อนแมลง ไฮดรา สาหร่ายขนาดใหญ่ และแพลงก์ตอนพืช เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญอาหาร (IRI) (Table 3) พบว่า สาหร่ายขนาดใหญ่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด (IRI = 2793.21) รองลงมาคือ กลุ่มหอย (IRI = 2632.19) ไฮดรา (IRI = 2255.74) และตัวอ่อนแมลง (IRI = 1625.21) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักของอาหารในทางเดินอาหารของปลาโงกกับการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่ามีความแตกต่างกัน โดย Amatayakul et al. (1995) รายงานว่าพืชน้ำเป็นองค์ประกอบหลักในทางเดินอาหารมากที่สุด 17.78 % ขณะที่

Suwannapeng et al. (2011) รายงานว่าหอยเป็นองค์ประกอบหลักในทางเดินอาหารมากที่สุด 88.4 % และ Seel-audom et al. (2021) รายงานว่าสาหร่ายไฟเป็นองค์ประกอบหลักในทางเดินอาหารมากที่สุด 17.78 % ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้พบว่าไฮดราเป็นองค์ประกอบหลักในทางเดินอาหารของปลาโกลกคิดเป็น 23.36 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลาโกลกขึ้นอยู่กับสภาพ

แหล่งที่อยู่ และเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล (Amatayakul et al., 1995) Horppila et al. (2000) ได้ทำการศึกษาแหล่งอาหารของปลา พบว่าการผันแปรของฤดูกาลมีผลต่อแหล่งอาหาร และหากแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งจะส่งผลต่อการผันแปรของชนิดและปริมาณของอาหารในธรรมชาติทำให้พฤติกรรมการกินอาหารของปลาเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

Table 3 Index of relative importance (IRI) of stomach contents in *C. enoplos* from the Mekong River, Nong Khai Province

Food items	Frequency of occurrence (F %)	Numerical percentage (N %)	Weight percentage (W %)	IRI
Fish	15.63	1.77	6.87	135.04
Shrimp	6.25	1.33	10.29	72.61
Mollusc	43.75	40.04	20.12	2632.19
Insect larvae	40.63	17.92	22.07	1625.21
Hydra	62.50	12.83	23.26	2255.74
Macroalgae	75	20.13	17.11	2793.21
Phytoplankton	31.25	5.97	0.27	195.21

สรุปผลการวิจัย

ปลาโกลกที่พบในแม่น้ำโขง จังหวัดหนองคาย มีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวปลาเท่ากับ $W = 0.0000005 L^{3.7824}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.7816 มีอัตราส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหารเท่ากับ $1:1.14 \pm 0.13$ มีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัว (L_t) กับความยาวทางเดินอาหาร (L_i) เท่ากับ $L_i = 0.5395L_t^{1.180}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.4951 ปลาโกลกมีกระเพาะอาหารขนาดเล็กรูปปร่างตรงเป็นแบบ Straight-shape มีความจุอาหารในกระเพาะอาหารเฉลี่ยระดับ 1.25 และมีปริมาณอาหารในทางเดินอาหารเฉลี่ย 6.56 กรัม (0.22 %) กลุ่มอาหารหลักที่พบในทางเดินอาหารของปลาโกลกประกอบด้วย ไฮดรา ตัวอ่อนแมลง หอย สาหร่ายขนาดใหญ่ แพลงก์ตอนพืช ปลา และกุ้งตามลำดับ และพบว่าสาหร่ายขนาดใหญ่ มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ปลาโกลกมีพฤติกรรมการกินอาหารทั้งพืชและสัตว์ และมีพฤติกรรมของผู้ล่า ข้อมูลจากการศึกษาคั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรปลาโกลกในลุ่มน้ำโขงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของแม่น้ำโขงในปัจจุบัน เพื่อให้ประชากรปลาโกลกในลุ่มน้ำโขงเพิ่มจำนวนมากขึ้นและคงอยู่อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามจากกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมได้จากการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ และเป็นปลาที่จับได้ในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นการศึกษาคั้งต่อไปควรรศึกษานิตของอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโกลก ในลุ่มแม่น้ำโขงในทุกช่วงวัยและทุกช่วงเวลาในรอบวัน

References

Amatayakul, C., Ratanatrivong, W., Summanojitraporn, S., Sripataraprasidhi, P., Kongtaratana, S., Tipkonglas, N., Tugsin, Y., & Pennapaporn, P. (1995). *Soldier river barb, Cyclocheilichthys enoplos (Bleeker)*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. (In Thai)

Bagenal, T. B. (1978). Aspects of fish fecundity. In S. D. Gerking (Ed.), *Ecology of freshwater fish production*

(pp. 75–101). Oxford: Blackwell Scientific Publication.

BBC NEWS. (2019). *Mekong River dries up and fluctuating, the fate of the area at the end of Xayaburi Dam*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from <https://www.bbc.com/thai/thailand-50237691>.

Chan, B. (2018). *Spatial and temporal dynamics of fish species and community in Tonle Sap flood pulse system*. (Doctoral dissertation). France. Universite Paul Sabatier- Toulouse III.

Chantasut, M., & Aupakaratana, N. (1993). *Culture of soldier river barb, Cyclocheilichthys enoplos (Bleeker) in earthen ponds*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. (In Thai)

Chittapalapong, T., Rungrangsi E., & Lempan, M. (2014). *Analysis of feed intake of fishes*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. (In Thai)

Chittapalapong, T., Kakkaw, M., Nachaipherm, J., & Nuangsit, S. (2009). *Feeding of Osteochilus hasselti (Valenciennes, 1842), Mystus singaringan (Bleeker, 1846) and Mytus myticetus (Roberts, 1992) in lower Songkhram River*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. (In Thai)

Dong, N. X., Veettit, B. K., Quang, N. X., & Ty, N. M. (2022). Fish species composition, diversity, and migration in the Mekong Delta: a study in the Cua Tieu river, Vietnam. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(Suppl. 2), 769. doi: 10.1007/s10661-022-10174-w

Google Earth (2023). *Location of Mekong River in Nong Khai Province*. Accessed January 12, 2023. Retrieved from <https://earth.google.com>.

Horppila, J., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Karppinen, C., Nyberg, K., & Olin, M. (2000). Seasonal changes in the diets and

- relative abundances of perch and roach in the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of Fish Biology*, 56(1), 51–72. doi: 10.1111/j.1095-8649.2000.tb02086.x
- Hynes, H. B. N. (1950). The food of fresh water Stickleback (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pongitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19, 36-58. doi: 10.2307/1570
- Lanthaimeilu, K., & Bhattacharjee, P. (2018). Relative gut length and gastro-somatic index of *Pethia conchonius* (Hamilton, 1822) and *Trichogaster fasciata* Bloch & Schneider 1801, Tripura. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(2), 2403–2407.
- Osman, H. M., El Ganainy, A., & Amin, A. M. (2019). A study on diet composition and feeding habits of barracuda fish (*Sphyræna chrysotaenia* and *S. flavicauda*) in the Gulf of Suez. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 23(1), 223–232. doi: 10.21608/EJABF.2019.26694
- Nikolsky, G. V. (1963). *The ecology of fishes*. London: Academic Press Inc.
- Pokhrel, Y., Burbano, M., Roush, J., Kang, H., Sridhar, V., & Hyndman, D. W. (2018). A Review of the integrated effects of changing climate, land use, and Dams on Mekong river hydrology. *Water*, 10(3), 266. doi: 10.3390/w10030266
- Quang, D. M., Lam, T. T., & Tien, N. T. K. (2018). The relative gut length and gastro-somatic indices of the mudskipper *Periophthalmodon septemradiatus* (Hamilton, 1822) from the Hau river. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 34(3), 75-83. doi: 10.25073/2588-1140/vnunst.4775.
- Ratanatrivong, W., Jantasut, M., & Kaewla-iat, S. (1993). *Culture of Cyclocheilichthys enoplos* (Bleeker) for brood stock. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Co-operatives. (In Thai)
- Seel-audom, M., Sommit, N., & Karaket, T. (2021). Stomach contents of soldier river barb *Cyclocheilichthys enoplos* (Bleeker, 1850) in the Sirikit Dam reservoir, Uttaradit Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(Suppl.2), 767–772. (In Thai)
- Suwannapeng, N., Sudchit, S., Phaukgeen, S., & Wiwatcharakoses, S. (2011). Some biological aspects of soldier river barb, *Cyclocheilichthys enoplos* (Bleeker, 1850) in the Sirikit reservoir, Uttaradit Province. *Thai fisheries Gazette, Fisheries science short communication*, 7(8), 70-77. (In Thai)
- Van Zalinge, N., Degen, P., Pongsri, C., Nuov, S., Jensen, J. G., Van Hao, N., & Choulamany, X. (2003). *The Mekong river system*. Accessed June 30, 2023. Retrieved from https://www.academia.edu/2345227/The_Mekong_river_system
- Wootton, R. J. (1990). *Ecology of teleost fishes* (1st ed.). London: Chapman Hall Ltd.
- World Wildlife Fund. (2021). *General information of Mekong river*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from https://www.wwf.or.th/what_we_do/wetlands_and_production_landscape/mekongriver/
- World Wildlife Fund. (2015). *The miracle of the Mekong river: new species discovered in 2014*. Accessed June 12, 2023. Retrieved from http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_139.pdf
- Yamazaki, K., Kanou, K., & Arayama, K. (2019). Nocturnal activity and feeding of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*, around offshore breakwaters in lake Kasumigaura, Japan. *Ichthyological Research*, 66(1), 166–171. doi: 10.1007/s10228-018-0653-4
- Yazicioglu, O., Yilmaz, S., Yazıcı, R., Erbaşaran, M., & Polat, N. (2016). Feeding ecology and prey selection of European perch, *Perca fluviatilis* inhabiting a eutrophic lake in northern Turkey. *Journal of Freshwater Ecology*, 31(4), 641–651. doi: 10.1080/02705060.2016.1220432
- Yoshida, Y., Lee, H. S., Trung, B. H., Tran, H. D., Lall, M. K., Kakar, K., & Xuan, T. D. (2020). Impacts of mainstream hydropower dams on fisheries and agriculture in Lower Mekong basin. *Sustainability*, 12(6), 2408. doi: 10.3390/su12062408

Research article

A study on feeds and feeding behaviour of soldier river barb (*Cyclocheilichthys enoplos*) in the Mekong Basin, Nong Khai Province

Ratchaneegorn Mapanao^{1*} Arpakorn Sakulsathaporn¹ Wutti Rattanavichai² and
Leklai Chantabut³

¹Faculty of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University, Nong Khai campus, muang district, Nong Khai, Province 43000

²Department of Fisheries Technology, Faculty of Agriculture Technology, Kalasin University, muang district, Kalasin, Province 46000

³Aquaculture Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, muang district, Maha Sarakham, Province 44000

ARTICLE INFO
Article history

Received: 30 June 2023

Revised: 4 August 2023

Accepted: 25 August 2023

Online published: 26 October 2023

Keyword*Cyclocheilichthys enoplos*

feeding behaviour

Mekong River

Nong Khai province

ABSTRACT

A Study on Feeds and Feeding Habits of the Soldier River Barb (*Cyclocheilichthys enoplos*) in the Mekong river, Nong Khai Province. Fish samples were collected from June 2021 to May 2022, covering a period of 12 months. A total of 32 fish were collected ($n=32$), comprising 9 males and 23 females. The average length of the sampled fish was 60.98 ± 5.60 cm, ranging from 49 to 75 cm. The average body weight was 2.94 ± 1.22 kg, ranging from 1.2 to 6.5 kg. The relationship between fish length and weight was represented by the equation $W = 0.0000005 L^{3.7824}$, with a correlation coefficient (R^2) of 0.7816. The ratio of fish length to the mean length of the digestive tract was $1:1.14 \pm 0.13$. The relationship between fish length (L_f) and digestive tract length (L_d) was described by the equation $L_d = 0.5395 L_f^{1.180}$, with a correlation coefficient (R^2) of 0.4951. The stomach exhibited a small and straight shape. The average stomach fullness and food weight were 1.25 and 6.56 g (0.22 % of body weight), respectively. The primary food items found in the stomach contents included hydra (23.26 %), insect larvae (22.07 %), mollusks (20.12 %), macroalgae (17.11 %), phytoplankton (10.29 %), fish (6.87 %), and shrimp (0.27 %). Analysis of the Index of Relative Importance (IRI) indicated that macroalgae had the highest IRI value (IRI=2793.21), followed by mollusks (IRI=2632.19), hydra (IRI=2255.74), and insect larvae (IRI=1625.21). In conclusion, this study suggests that the soldier river barb is an omnivore that also exhibits predator behavior.

*Corresponding author

E-mail address: ratcma@kku.ac.th (R. Mapanao)

Online print: 26 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.28>



บทความวิจัย

ความหลากหลายชนิดและการกระจายปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต^{1*} ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์² ลดา มัทธูรศ³ ดุญณภัตน์ ขาวหิโต⁴ และ มนต์รี พิมพ์ใจ¹

¹สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

²สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

³สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

⁴กลุ่มวิชาการพยาบาลชุมชน คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

Article history

รับ: 25 พฤษภาคม 2566

แก้ไข: 12 ตุลาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 19 ตุลาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 30 ตุลาคม 2566

คำสำคัญ

ความหลากหลายชนิด

การแพร่กระจาย

ปลา

แม่น้ำนครนายก

การศึกษาความหลากหลายชนิดและการกระจายปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก โดยเก็บตัวอย่างปลาทั้งหมด 2 ครั้ง ได้แก่ เดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนตุลาคม (ฤดูน้ำหลาก) 2563 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด ประกอบด้วย อำเภอเมือง อำเภอบ้านนา และอำเภองครักษ์ โดยใช้ข่ายจำนวน 8 ขนาดช่องตา คือ 1.5, 2, 3, 4, 5.5, 6, 7 และ 9 เซนติเมตร ผลการศึกษาเก็บตัวอย่างปลาได้ทั้งหมด จำนวน 437 ตัว จำแนกได้เป็น 10 อันดับ 18 วงศ์ 27 สกุล 31 ชนิด พบวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุดจำนวน 7 ชนิด (23 %) รองลงมา คือ วงศ์ปลาเลียหิน (Labeonidae) จำนวน 6 ชนิด (19 %) วงศ์ปลาช่อน (Channidae) และวงศ์ปลากทราย (Notopteridae) จำนวนวงศ์ละ 2 ชนิด (6 %) วงศ์ปลาหมอไทย (Anabantidae) วงศ์ปลาหมอตาล (Helostomatidae) วงศ์ปลากะตัก (Osphronemidae) วงศ์ปลาแปบ (Xenocypridae) วงศ์ปลาชิว (Danionidae) วงศ์ปลาจิ้มฟันจระเข้และม้าน้ำ (Syngnathidae) วงศ์ปลากะทิง (Mastacembelidae) วงศ์ปลาบู (Buthidae) วงศ์ปลาหมอช้างเหยียบ (Pristolepidae) วงศ์ปลาแป้นแก้ว (Ambassidae) วงศ์ปลาดุก (Clariidae) วงศ์ปลาทู (Belontiidae) วงศ์ปลาสร้อย (Pangasiidae) และวงศ์ปลาแขยง (Bagridae) จำนวนวงศ์ละ 1 ชนิด (3 %) อำเภองครักษ์ พบปลามากที่สุดจำนวน 21 ชนิด 186 ตัว รองลงมา คือ อำเภอบ้านนา จำนวน 13 ชนิด 168 ตัว และอำเภอเมือง จำนวน 12 ชนิด 83 ตัว ตามลำดับ การอนุรักษ์จากบัญชีแดงองค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN) พบปลาที่อยู่ในสถานะสิ่งมีชีวิตที่มีสถานภาพไม่ถูกคุกคาม (Least concern; LC) จำนวน 20 ชนิด ปลาที่อยู่ในสถานะสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอ (Data deficient; DD) จำนวน 2 ชนิด และปลาที่อยู่ในสถานะสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable; VU) และใกล้ถูกคุกคาม (Near threatened; NT) จำนวน 1 ชนิด ดัชนีความหลากหลายชนิด (Diversity index; H) ดัชนีความมากชนิด (Richness index; R) และดัชนีความเท่าเทียม (Evenness index; E) มีค่าเท่ากับ 0.84±0.41, 1.85±0.83 และ 0.61±0.15 ตามลำดับ

บทนำ

แม่น้ำนครนายก เป็นแม่น้ำสายย่อยของกลุ่มน้ำบางปะกง ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทยอยู่ระหว่างลองจิจูดที่ 101°04' ถึง 101°20' เหนือ และอยู่ระหว่างละติจูดที่ 14°20' ถึง 14°24' ตะวันออก มีต้นน้ำจากภูเขาในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ได้แก่ เขาสูง เขาแก้ว เขาสามยอด และเขาเขียว มีแม่น้ำสายเล็ก ๆ ได้แก่ คลองนางรอง คลองวังตะไคร้ คลองแม่น้ำบางปะกวด คลองโบริด คลองจุมกหลวง คลองเหมือง คลองสาริกา คลองห้วยทราย และคลองบ้านนา ไหลรวมกัน แม่น้ำนครนายกมีลักษณะพื้นเป็นหิน ดินเหนียวปนโคลน และเป็นทางคดเคี้ยว ถูกกั้นด้วยเขื่อนขุนด่านปราการชล มีความกว้างของแม่น้ำประมาณ 50-100 เมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร มีพื้นที่ 1,111,024 ไร่ มีระยะทาง 130 กิโลเมตร ไหลผ่านอำเภอเมือง อำเภอบ้านนา อำเภองครักษ์ ไหลไปบรรจบแม่น้ำบาง

ปะกง ที่อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา แม่น้ำนครนายกนับว่ามีความสำคัญต่อประชากรชาวนครนายก เนื่องจากเปรียบเสมือนหลอดเลือดหล่อเลี้ยงประชากรในจังหวัดนครนายก มีระบบนิเวศที่มีความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ (Department of Mineral Resources, 2014; ORDPB, 2021) ในปัจจุบันสภาพแวดล้อมแม่น้ำนครนายกมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมเนื่องจากประชากรใช้ประโยชน์จากแม่น้ำนครนายกเป็นจำนวนมาก เช่น การทำการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว น้ำเสียจากชุมชนบ้านเรือน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมที่เกี่ยวกับการใช้น้ำจะถูกปล่อยลงคลองไหลสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะในฤดูฝนจะมีการชะล้างไหลลงรวมกันสู่แม่น้ำนครนายก ประกอบกับลักษณะภูมิศาสตร์ของลำน้ำที่มีความลาดชันน้อยส่งผลทำให้น้ำทะเลไหลย้อนกลับมาจึงมีการสร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็มเพื่อที่จะทำการปิดกั้นน้ำเค็มที่หนุนสูงที่สุดในเดือนมีนาคมของทุกปี

*Corresponding author

E-mail address: satienpong.k@msu.ac.th (S. Khowhit)

Online print: 30 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.29>

จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านคุณภาพน้ำและนิเวศวิทยาทางน้ำโดยตรง (Wanganon, 2006; Charoenjit et al., 2019; Nakhon Nayok Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2023; Nakhon Nayok Provincial Hall, 2023) จากปัญหาเหล่านี้แม่น้ำนครนายกจึงได้รับผลกระทบโดยตรงส่งผลทำให้คุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงเสื่อมโทรมลง รวมทั้งชนิดและจำนวนของปลาในแม่น้ำนครนายกมีการเปลี่ยนแปลงลดจำนวนลงตามไปด้วย เนื่องจากความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางน้ำที่เป็นที่อยู่อาศัยของปลาลดลงทำให้ปลาที่มีที่อยู่อาศัยและการกินอาหารของปลาลดลงตามไปด้วย ส่งผลทำให้ปลาบางชนิดอาจจะมีแนวโน้มสูญพันธุ์ในอนาคต (Pfauserova et al., 2021; Koushlesh et al., 2023) หรือสูญหายไปจากแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อย้อนกลับต่อคนในชุมชนและผู้ประกอบอาชีพด้านประมงที่พึ่งพาแม่น้ำนครนายกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก จะทำให้ทราบสถานะของความหลากหลายของชนิด ความชุกชุม และการกระจายปลาในแม่น้ำนครนายกในแต่ละอำเภอ เพื่อที่จะใช้เป็นความรู้ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐาน เสนอแนะการกำหนดมาตรการวิธีป้องกันแก้ไข จากการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชากรที่อาศัยบริเวณโดยรอบแม่น้ำนครนายกและการหาแนวทางจัดการอนุรักษ์ทรัพยากรปลาในแม่น้ำนครนายก ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสำรวจชนิดปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก โดยเก็บตัวอย่างชนิดปลาทั้งหมด 2 ครั้ง ได้แก่ เดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) และเดือนตุลาคม (ฤดูน้ำหลาก) 2563 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด 3 อำเภอ เป็นตัวแทนแม่น้ำนครนายก ประกอบด้วย อำเภอเมือง (พิกัดลองติจูดที่ 101°23'5389 ละติจูดที่ 14°20'9606) เป็นจุดที่ได้รับอิทธิพลจากการประกอบอาชีพด้านการท่องเที่ยว อำเภอบ้านนา (พิกัดลองติจูดที่ 101°05'5286 ละติจูดที่ 14°16'9563) เป็นจุดที่ได้รับอิทธิพลจากการประกอบอาชีพด้านการเกษตร และอำเภอองครักษ์ (ลองติจูดที่ 101°08'6085 ละติจูดที่ 14°02'1663) เป็นจุดที่ได้รับอิทธิพลจากการประกอบอาชีพด้านการทำประมงและเลี้ยงสัตว์น้ำ (Figure 1) เก็บตัวอย่างปลาโดยใช้ข่ายจำนวน 8 ขนาดช่องตา คือ 1.5, 2, 3, 4, 5.5, 6, 7 และ 9 เซนติเมตร ความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 45-200 เมตร จุดละ 1 ชั่วโมง ทำการวางข่ายในช่วงเวลาเย็นของวันข้างแรม 15 ค่ำ ทำการเก็บกู้ข่ายในเวลาเช้าของอีกวันหนึ่ง เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (Panchan, 2013) หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพปลาแต่ละชนิดที่เก็บรวบรวมได้และรักษาสภาพตัวอย่างปลาด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลินความเข้มข้น 10 % หลังจากนั้นนำตัวอย่างปลาจำแนกหาชนิดปลาและลักษณะทางอนุกรมวิธานตามคู่มือ (Faculty of Fisheries, 1999; Rainboth, 1996; Kottelat, 2001; Horte et al., 2004) โดยจัดระบบทางอนุกรมวิธานของปลาตาม Nelson (1994) ทำการตรวจสอบสถานภาพของปลาที่พบในพื้นที่ตามวิธีของ ONEP (2017) และ IUCN (2023) นำข้อมูลปลาที่ได้นำไปวิเคราะห์ข้อมูลดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

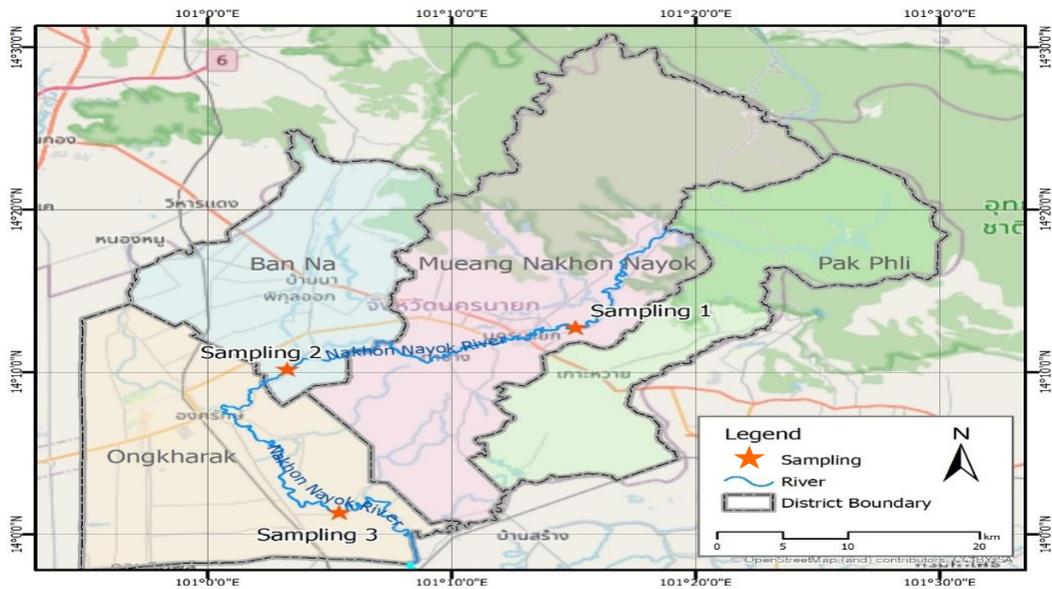


Figure 1 The sample point of fish in Nakhon Nayok river, Nakhon Nayok Province.

1) ความชุกชุมหรือความถี่ของการปรากฏชนิดปลา (Frequency of occurrence)

โดยใช้สูตร ดังนี้ (Pettingill, 1967)

$$F (\%) = (\text{จำนวนครั้งที่พบปลาชนิดนั้นในการสุ่ม/จำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่าง}) \times 100$$

โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับความถี่สัมพัทธ์ของปลาออกเป็น 5 ระดับ คือ

90–100 % หมายถึง พบบ่อยมาก

65–89 % หมายถึง พบบ่อย

31–64 % หมายถึง พบไม่บ่อย

10–31 % หมายถึง หายาก

1–9 % หมายถึง หายากมาก

2) วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Diversity index; H) ของปลา

โดยใช้ Shonon-Weiner diversity index มีสูตรดังนี้ $H = -\sum (\pi \log_2 \pi)$ (Ludwig & Reynold, 1988; Clarke et al., 1994)

เมื่อ H = ดัชนีความหลากหลาย

π = สัดส่วนของจำนวนสิ่งมีชีวิตที่ i ต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในตัวอย่าง

3) วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย (Richness index; R) ของปลา

โดยใช้ Margalef diversity index มีสูตรดังนี้ $R = (S - 1) / \ln(n)$ (Ludwig & Reynold, 1988; Clarke et al., 1994)

เมื่อ R = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบ

n = จำนวนตัวทั้งหมดที่พบ

ln = natural logarithm

4) วิเคราะห์ค่าดัชนีความเท่าเทียม (Evenness index; E) ของปลา

โดยใช้สูตรของ Pielous evenness index มีสูตรดังนี้ $E = H / \ln S$ (Ludwig & Reynold, 1988; Clarke et al., 1994)

เมื่อ E = ดัชนีความเท่าเทียม

H = ดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดที่พบในสถานีสำรวจ หรือ เดือนสำรวจนั้น ๆ

5) วิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์สถิติความหลากหลายของชนิดปลาและความชุกชุม ในแต่ละอำเภอโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA test)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1) ความหลากหลายชนิดปลา

ผลการสำรวจเก็บตัวอย่างปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก สามารถเก็บรวบรวมได้ทั้งหมด 437 ตัว สามารถจำแนกชนิดได้เป็น 10 อันดับ 18 วงศ์ 27 สกุล 31 ชนิด (Table 1) ความหลากหลายชนิด (H) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.43-1.63 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 ± 0.41 ดัชนีความหลากหลาย (R) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.33-3.80 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 ± 0.83 ดัชนีความเท่าเทียม (E) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.34-0.88 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 ± 0.15 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความหลากหลายชนิดปลาในแม่น้ำนครนายก พบว่ามีจำนวน 10 อันดับ 23 วงศ์ 52 สกุล 72 ชนิด ดัชนีความหลากหลายชนิด (H) ดัชนีความหลากหลาย (R) และดัชนีความเท่าเทียม (E) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.68, 11.27 และ 0.61 ตามลำดับ (Termvidchakorn et al., 2009) ซึ่งมีค่า $H < 1.0$ บ่งบอกถึงความหลากหลายชนิดปลาต่ำ ประสิทธิภาพการผลิตปลาของแม่น้ำนครนายกอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ไม่มีความสมดุลและอุดมสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยา (Tudorance et al., 1979) ดังนั้นแม่น้ำนครนายกมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H) ดัชนีความหลากหลาย (R) และดัชนีความ

เท่าเทียม (E) มีค่าแนวโน้มลดต่ำลง สาเหตุเนื่องจากผลกระทบจากกิจกรรมและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปและมีจำนวนมากขึ้น เช่น การเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัยของประชาชน กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว เป็นต้น ความหลากหลายชีวภาพของปลาในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีต ซึ่งมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการใช้พื้นที่เกิดจากมนุษย์จะถูกปล่อยลงคลองไหลลงสู่น้ำน่านครนายกโดยตรงโดยที่น้ำไม่มีการบำบัด (Vijaylaxmi et al., 2010; Lee et al., 2015; Chankaew & Chunta, 2020; Wongroj & Siriwattanarat, 2021) ส่งผลต่อชนิดการแพร่กระจายของปลาและความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางน้ำที่เป็นที่อยู่อาศัยของปลา ทำให้ปลามีที่อยู่อาศัยลดลงและการกินอาหารของปลาส่งผลทำให้ปลาบางชนิดอาจจะมีแนวโน้มสูญพันธุ์ในอนาคต (Pfauserova et al., 2021; Koushlesh et al., 2023) ปลาที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) จำนวน 7 ชนิด (23 %) รองลงมา คือ วงศ์ปลาเลียหิน (Labeonidae) จำนวน 6 ชนิด (19 %) วงศ์ปลาช่อน (Channidae) และวงศ์ปลากราย (Notopteridae) จำนวนวงศ์ละ 2 ชนิด (6 %) วงศ์ปลาหมอไทย (Anabantidae) วงศ์ปลาหมอตา (Helostomatidae) วงศ์ปลากระดี (Osphronemidae) วงศ์ปลาแปบ (Xenocypridae) วงศ์ปลาชิว (Danionidae) วงศ์ปลาจิ้มฟันจระเข้และม้าน้ำ (Syngnathidae) วงศ์ปลากระทิง (Mastacembelidae) วงศ์ปลาบู๋ (Buthidae) วงศ์ปลาหมอช้างเหยียบ (Pristolepidae) วงศ์ปลาแบนแก้ว (Ambassidae) วงศ์ปลาสาวย (Pangasiidae) วงศ์ปลาดุก (Clariidae) วงศ์ปลาแขยง (Bagridae) และวงศ์ปลากระทุงเหว (Belonidae) จำนวนวงศ์ละ 1 ชนิด (3 %) (Figure 2) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความหลากหลายชนิดปลาในแม่น้ำ (Lothongkham, 2008; Noommeechai, 2014; Nokkiew et al., 2016; Petsut et al., 2017; Innak et al., 2019; Seetapan et al., 2020; Tuncharoen et al., 2020) จะพบว่าปลาวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มีจำนวนมากที่สุดและเป็นวงศ์เด่นเช่นเดียวกัน เนื่องจากปลาวงศ์ปลาตะเพียน มีความโดดเด่นมากที่สุด พบ 40 % ของปลาน้ำจืดในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบกับปลาวงศ์ปลาตะเพียนเป็นปลาที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศส่งผลทำให้สามารถพบปลาวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ได้ในแหล่งน้ำจืดทั่วไปมากตามไปด้วย (Nelson, 1994; Alexandre et al., 2010)

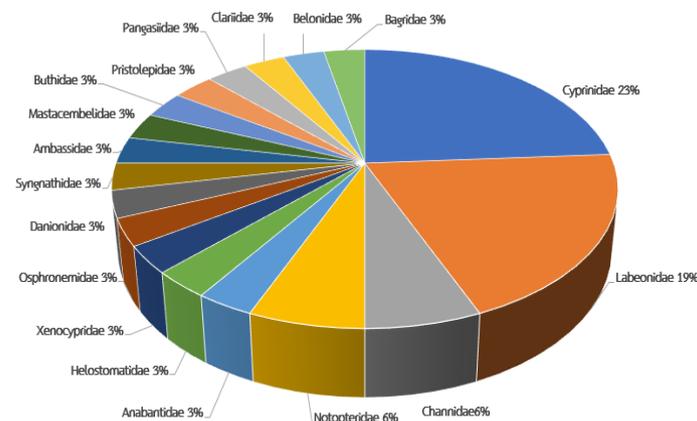


Figure 2 Composition of fish families caught by gillnets in Nakhon Nayok river, Nakhon Nayok Province.

Table 1 Continued Species diversity, distribution, conservation status, frequency of occurrence of fish in Nakhon Nayok river, Nakhon Nayok Province

No.	Order/Family/Scientific name	Common name	Conservation status		Station study (District)						F (%)	
			ONEP ¹	IUCN ²	Mueang		Banna		Ongkarak			
					Mar.	Oct.	Mar.	Oct.	Mar.	Oct.		
23	<i>Doryichthys boaja</i> (Bleeker, 1850) Order Synbranchiformes Family Mastacembelidae	Long-snouted pipefish	-	DD		+						16.67
24	<i>Macrogathus taeniagaster</i> (Fowler, 1935) Order Gobiiformes Family Buthidae	Zizzaq eel	-	LC					+			16.67
25	<i>Oxyeleotris marmorata</i> (Bleeker, 1852) Order Anabantiformes Family Pristolepididae	Marbled Goby	-	LC	+	+						33.33
26	<i>Pristolepis fasciata</i> (Bleeker, 1851) Order Ovalentaria Family Ambassidae	Malayan leaffish	-	LC		+						16.67
27	<i>Parambassis wolffii</i> (Bleeker, 1850) Order Siluriformes Family Pangasiidae	Duskyfin glassy perchlet	-	LC		+	+			+	+	66.67
28	<i>Pangasius bocourti</i> (Sauvage, 1880) Family Clariidae	Bocourt's catfish	-	LC						+		16.67
29	<i>Clarias macrocephalus</i> (Gunther, 1864) Family Bagridae	Broadhead Catfish	NT	DD	+							16.67
30	<i>Hemibagrus nemurus</i> (Valenciennes, 1839) Order Beloniformes Family Belonidae	Yellow Catfish	-	LC						+		16.67
31	<i>Xenentodon cancila</i> (Hamilton, 1822)	Freshwater garfish	-	LC				+			+	33.33

Remark : ¹Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP) (2017).

²The International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2023): Vulnerable (VU); Near threatened (NT); Least concern (LC); Data deficient (DD).

+ = There are fish found.

ปลาเก๋า (*Labeo chrysophekadion*) ปลากทราย (*Chitala omate*) ปลาจิ้มฟันจระเข้ยักษ์ (*Doryichthys boaja*) ปลาหลดลาย (*Macrogathus taeniagaster*) ปลาหมอช้างเหยียบ (*Pristolepis fasciata*) ปลาสรวย (*Pangasius bocourti*) ปลาตุ๊กก้อย (*Clarias macrocephalus*) และปลากดเหลือง (*Hemibagrus nemurus*)

2.2) การประเมินความชุกชุมหรือความถี่ของการปรากฏของปลาแต่ละชนิด แบ่งกลุ่มปลาตามอำเภอในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก (Table 1; Figure 3; Figure 4) มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1) อำเภอเมือง เก็บตัวอย่างปลาได้จำนวน 83 ตัว จำนวน 12 ชนิด ได้แก่ ปลาหมอ (*Anabas testudineus*) ปลาหมอตาล (*Helostoma temminckii*) ปลากะแห (*Barbonymus schwanefeldii*) ปลากะสูบซีด (*Hampala macrolepidota*) ปลาปากหนวด (*Hypsibarbus lagleri*) ปลากระมัง (*Puntioplites proctozysron*) ปลาสร้อยหลอด (*Henicorhynchus caudimaculatus*) ปลาจิ้มฟันจระเข้ยักษ์ (*Doryichthys boaja*) ปลาปู้ทราย (*Oxyeleotris marmorata*) ปลาหมอช้างเหยียบ (*Pristolepis fasciata*) ปลาแป้นยักษ์ (*Parambassis wolffii*) และปลาดุกก้อย (*Clarias macrocephalus*)

2.2.2) อำเภอบ้านนา เก็บตัวอย่างปลาได้จำนวน 168 ตัว 13 ชนิด ได้แก่ ปลากะตื้นนาง (*Trichopodus microlepis*) ปลาตะเพียนทอง (*Barbonymus altus*) ปลากะแห (*Barbonymus schwanefeldii*)

ปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ปลาปากหนวด (*Hypsibarbus lagleri*) ปลากระมัง (*Puntioplites proctozysron*) ปลาซ่า (*Labiobarbus lineatus*) ปลาสร้อยลูกบัว (*Thynnichthys thynnoides*) ปลาแป้นแก้ว (*Parachela siamensis*) ปลาชีวกายแถบดำ (*Rasbora paviana*) ปลาหลดลาย (*Macrogathus taeniagaster*) ปลาแป้นยักษ์ (*Parambassis wolffii*) และปลากะตื้นนาง (*Xenentodon cancila*)

2.2.3) อำเภอองครักษ์ เก็บตัวอย่างปลาได้จำนวน 186 ตัว จำนวน 22 ชนิด ได้แก่ ปลาช่อน (*Channa striata*) ปลากะสง (*Channa lucius*) ปลากะตื้นนาง (*Trichopodus microlepis*) ปลาตะเพียนทอง (*Barbonymus altus*) ปลากะแห (*Barbonymus schwanefeldii*) ปลาตะโกก (*Cyclocheilichthys enoplos*) ปลาปากหนวด (*Hypsibarbus lagleri*) ปลากระมัง (*Puntioplites proctozysron*) ปลาแกง (*Cirrhinus molitorella*) ปลาสร้อยหลอด (*Henicorhynchus caudimaculatus*) ปลาซ่า (*Labiobarbus lineatus*) ปลาสร้อยขาว (*Henicorhynchus siamensis*) ปลาเก๋า (*Labeo chrysophekadion*) ปลาสร้อยลูกบัว (*Thynnichthys thynnoides*) ปลาแป้นแก้ว (*Parachela siamensis*) ปลาชีวกายแถบดำ (*Rasbora paviana*) ปลากทราย (*Chitala omate*) ปลาสลาด (*Notopterus notopterus*) ปลาแป้นยักษ์ (*Parambassis wolffii*) ปลาสรวย (*Pangasius bocourti*) ปลากดเหลือง (*Hemibagrus nemurus*) และปลากะตื้นนาง

(*Xenentodon canila*) ซึ่งอำเภอองครักษ์น้ำในแม่น้ำมีคุณภาพน้ำและความแตกต่างทางนิเวศวิทยาทางน้ำประกอบด้วย น้ำเค็ม น้ำจืด และน้ำกร่อย จึงส่งผลทำให้เกิดความหลากหลายของชนิดปลามากที่สุดตามไปด้วย นอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่ใกล้จุดที่แม่น้ำนครนายกแม่น้ำปราจีน และแม่น้ำบางปะกง มาบรรจบกัน ส่งผลทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และอาหารปลา เช่น แพลงก์ตอนพืชที่สูง (Nokkiew et al., 2016; Tongnunui et al., 2016; Sawasdee & Thowanna, 2019; Khowhit et al., 2022) จึงส่งผลทำให้มีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งวางไข่สัตว์น้ำ (Termvidchakorn & Hanpongkittikul, 2008) ส่งผลทำให้มีชนิดปลาและจำนวนปลาที่สูงพบปลามากที่สุดจำนวน 21 ชนิด 186 ตัว มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอำเภอบ้านนา จำนวน 13 ชนิด 168 ตัว และ อำเภอเมือง จำนวน 12 ชนิด 83 ตัว (Figure 3; Figure 4) ซึ่งมีชนิดและจำนวนของปลาดำเพราะว่าอำเภอเมืองและ

อำเภอบ้านนามีต้นน้ำจากภูเขาในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ประกอบกับลักษณะของแม่น้ำนครนายกอยู่ที่สูงและมีลำน้ำที่มีความคดเคี้ยว น้ำทะเลไม่สามารถหนุนถึง (Department of Mineral Resources, 2014) และคุณภาพน้ำเป็นน้ำจืดอย่างเดียว (Marine Department, 2020) ประกอบกับอำเภอเมืองและอำเภอบ้านนามีความอุดมสมบูรณ์ของอาหารปลาที่ต่ำ เช่น แพลงก์ตอนพืช อาจส่งผลต่อปลาทำให้มีความเหมาะสมต่อชนิด ปริมาณ แหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งวางไข่สัตว์น้ำต่ำตามไปด้วย (Nakhon Nayok Provincial Hall, 2005; Khowhit et al., 2022) ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้ ความหลากหลายของชนิดปลาในแต่ละอำเภอและความชุกชุมหรือความถี่ของการปรากฏในบริเวณแม่น้ำนครนายกนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Figure 3; Figure 4) เนื่องจากอุปสรรคทางการประมงที่ใช้เก็บตัวอย่าง จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง ฤดูกาล ลักษณะภูมิศาสตร์ ภูมิประเทศ แหล่งอาหาร เช่น แพลงก์ตอนพืช



Figure 3 Species and distribution of fish in Nakhon Nayok River ($p < 0.05$).

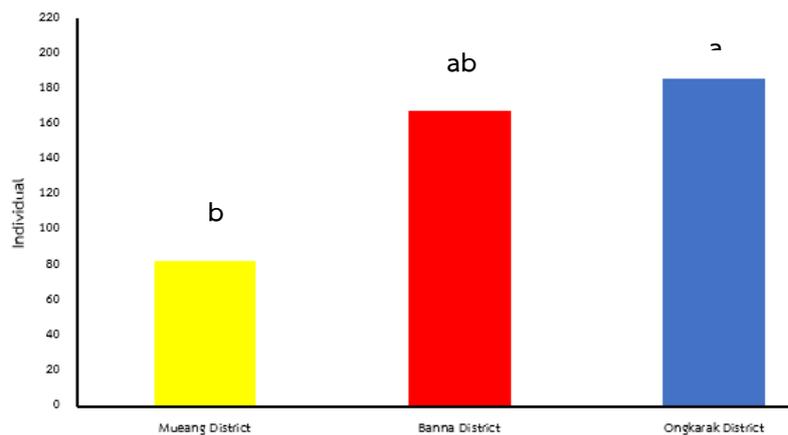


Figure 4 Fish individual in Nakhon Nayok River ($p < 0.05$).

3) การประเมินสถานภาพของปลา

ผลจากการศึกษาการประเมินสถานภาพชนิดของปลาในแม่น้ำนครนายก จังหวัดนครนายก แบ่งตามสถานภาพด้านการอนุรักษ์จากบัญชีแดงตามสำนักงานนโยบายและแผน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สน.) (ONEP, 2017) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มสถานภาพข้อมูลไม่เพียงพอที่จะประเมิน (Data deficient; DD) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ปลาหมอ (*Anabas testudineus*) ปลาปากหนวด

(*Hypsibarbus lagleri*) และกลุ่มสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (Near threatened; NT) จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ ปลาดุกอูย (*Clarias macrocephalus*) การแบ่งตามสถานภาพด้านการอนุรักษ์จากบัญชีแดงองค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN Red List,) (IUCN, 2023) สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มสถานภาพไม่ถูกคุกคาม (Least concern; LC) จำนวน 20 ชนิด ได้แก่ ปลาหมอ (*Anabas testudineus*) ปลาหมอตาเล (*Helostoma*

temminckii) ปลาช่อน (*Channa striata*) ปลากระสง (*Channa lucius*) ปลาตะเพียนทอง (*Barbonymus altus*) ปลากระแห (*Barbonymus schwanenfeldii*) ปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ปลาตะโกก (*Cyclocheilichthys enoplos*) ปลากระสูบขีด (*Hampala macrolepidota*) ปลาแปบแก้ว (*Parachela siamensis*) ปลาชีวกวายนแถบดำ (*Rasbora paviana*) ปลาสร้อยลูกบัว (*Thynnichthys thynnoides*) ปลาสร้อยปลา (*Notopterus notopterus*) ปลาหลดลาย (*Macrogathus taeniagaster*) ปลาบุหราย (*Oxyeleotris marmorata*) ปลาหมอช้างเหยียบ (*Pristolepis fasciata*) ปลาแป้นยักษ์ (*Parambassis wolffii*) ปลาสวาย (*Pangasius bocourti*) ปลา กต เหลี อ ง (*Hemibagrus nemurus*) และ ปลากระทุงเหว (*Xenentodon cancula*) กลุ่มสถานภาพข้อมูลไม่เพียงพอที่จะประเมิน (DD) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ จัมพูนจระเข้ยักษ์ (*Doryichthys boaja*) และปลาตุ๊กตอย (*Clarias macrocephalus*) กลุ่มสถานภาพใกล้สูญคุกคาม (NT) จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ปลาแกง (*Cirrhinus molitorella*) กลุ่มสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable; VU) จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ ปลาปากหนวด

(*Hypsibarbus lagleri*) (Table1; Figure 5; Figure 6) เมื่อเปรียบเทียบกับ การประเมินสถานภาพชนิดของปลาในแม่น้ำนครนายก (Termvidchakorn et al., 2009) พบว่ามีความแตกต่างจากการประเมินสถานภาพด้านการอนุรักษ์จากบัญชีแดงสำนักงานนโยบายและแผน ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม (ONEP, 2017) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (VU) กลุ่มสถานภาพข้อมูลไม่เพียงพอที่จะประเมิน (DD) และกลุ่มสถานภาพใกล้สูญคุกคาม (NT) จำนวน 1 ชนิด ส่วนสถานภาพด้านการอนุรักษ์จากบัญชีแดงองค์การระหว่าง ประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN, 2023) สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มประกอบด้วยกลุ่มสถานภาพไม่ถูกคุกคาม (LC) จำนวน 45 ชนิด รองลงมา คือ กลุ่มสถานภาพข้อมูลไม่เพียงพอที่จะ ประเมิน (DD) จำนวน 4 ชนิด กลุ่มสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (VU) จำนวน 2 ชนิด และ กลุ่มสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered; EN) จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งชนิดของปลาในแม่น้ำนครนายก ถูกคุกคาม และมีจำนวนลดลงอันเนื่องจากผลกระทบจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปและมีจำนวนมากขึ้น

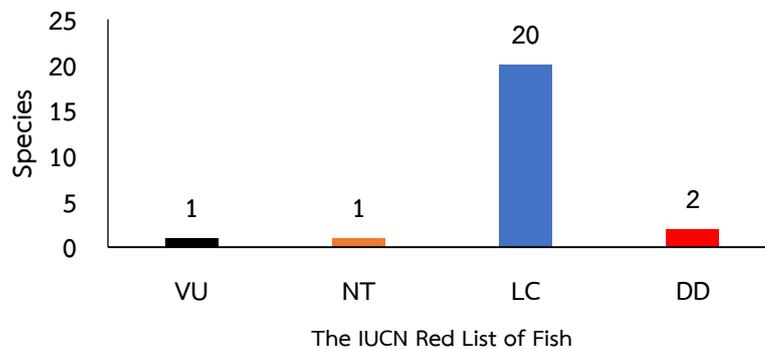


Figure 5 The IUCN Red List of fish in Nakhon Nayok river.



Figure 6 Ray-finned fish (*Hypsibarbus lagleri*) are Vulnerable (VU).

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายและการแพร่กระจายปลาในแม่น้ำ นครนายก จังหวัดนครนายก ผลการศึกษาพบปลาทั้งหมด 437 ตัว จำแนกได้เป็น 10 อันดับ 18 วงศ์ 27 สกุล 31 ชนิด วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) พบมากที่สุดคิดเป็น 23 % กลุ่มปลาที่พบบ่อย จำนวน 3 ชนิด ประกอบด้วย ปลากระแห (*Barbonymus schwanenfeldii*) ปลาปากหนวด (*Hypsibarbus lagleri*) และปลาแป้นยักษ์

(*Parambassis wolffii*) อำเภองครักษ์ พบปลามากที่สุดจำนวน 22 ชนิด 186 ตัว มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอำเภอบ้านนาและอำเภอมือง การประเมิน สถานภาพด้านการอนุรักษ์จากบัญชีแดงองค์การระหว่างประเทศเพื่อ การอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ พบกลุ่มปลา มี สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (VU) จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ ปลา ปากหนวด (*Hypsibarbus lagleri*) ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายชนิด

(H) ดัชนีความมากชนิด (R) และดัชนีความเท่าเทียม (E) มีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.41 , 1.85 ± 0.83 และ 0.61 ± 0.15 ตามลำดับ ซึ่งค่าดัชนีความหลากหลายชนิด มีค่า $H < 1.0$ บ่งบอกถึงความหลากหลายชนิดปลาต่ำ ประสิทธิภาพการผลิตปลาของแม่น้ำนครนายกอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ไม่มีความสมดุลและอุดมสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยา ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิและปริมาณผลผลิตปลาในแม่น้ำนครนายกลดน้อยลง ควรดำเนินการมาตรการขุดลอกแม่น้ำเพื่อเพิ่มความจุของแม่น้ำ เพิ่มแหล่งที่อยู่อาศัย ลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น การเลี้ยงกุ้ง หรือปลาเบญจพรรณ การทำการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และชุมชนบ้านเรือน เป็นต้น ควรที่จะมีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่น้ำในนครนายก การใช้เครื่องมือประมงที่เหมาะสมและถูกกฎหมาย การตั้งกฎ การบังคับใช้กฎหมายการห้ามทำการประมงในช่วงฤดูวางไข่หรือน้ำแดงอย่างจริงจัง รวมถึงการประกาศเขตพื้นที่อนุรักษ์ทางด้านประมงเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้ รหัสนักวิจัยได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่อการทดลอง: นายเสถียรพงษ์ ขาวหิต รหัส U1084032562

References

- Alexandre, C. V., Esteves, K. E., & de Moura e Mello, M. A. M. (2010). Analysis of fish communities along a rural-urban gradient in a neotropical stream (Piracicaba River Basin, Sao Paulo, Brazil). *Hydrobiologia*, 641, 97–114.
- Chankaew, S., & Chunta, S. (2020). Species diversity of economic fish in sago palm swamp, Mueang District, Nakhon Si Thammarat Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(Suppl 1), 153-160. (in Thai)
- Charoenjit, K., Piyapong, C., Phodee, P., Boonkhwang, P., Ciolli, K., & Tattoni, C. (2019). *Development of simulation models for prediction of effect of changing land use on water quality of the river basin system in Eastern Economic Corridor (EEC)*. Chon Buri: Faculty of Geoinformatics, Burapha University. (in Thai)
- Clarke, K. R., Gorley R. N., Somerfield, P., & Warwick, R. M. (1994). *Change in marine community: an approach to dtatistical analysis and interpretation*. Plymouth, UK: Primer-E Ltd.
- Department of Mineral Resources.(2014). *Zone classification for geological and mineral resource management Nakhon Nayok Province*. Bangkok: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Faculty of Fisheries. (1999). *Analysis handbook of fish*. Bangkok: Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (in Thai)
- Hortle, K. G., Lieng, S., & Valbo-Jorgensen, J. (2004). An introduction to Cambodia's inland fisheries. *Mekong Development Series no 4*. Phnom Penh, Cambodia: Mekong river commission.
- Kottelat, M. (2001). *Fishes of Laos*. Sri Lanka: WHT Publications (Pte) Ltds.
- Koushlesh, S. K., Johnson, C., Sarkar, U. K., Das, A. K., Das, B. K., Lianthumlaui, L., Puthiyottil, M., & Naskar, B. K. (2023). Exploring fish assemblage structure, feeding guild, water quality in a typical river-reservoir interface of tropical multistate large reservoir environment, central India. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(1), 2179-2204. doi: 10.1007/s11356-022-22267-7
- Khowhit, S., Lahpun, N., Mathurasa, L., Khowhit, D., & Pimja, M. (2022). Plankton community structure in Nakhonnayok river, Nakhonnayok Province. *Burapha Science Journal*, 27(2), 939-965. (in Thai)
- Innak, N., Naksing, W., Yospim, N., Jaipong, P., Yaemkong, S., Ngoc, T. N., & Kotham, P. (2019). Diversity and distribution of economic fishes in Kwai Noi river Phisanulok Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(Suppl 2), 447-454. (in Thai)
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). (2023). *The IUCN (International union for conservation of nature and natural resources) red list of threatened species*. Accessed May 1, 2023. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org/>
- Lee, W. O., Kim, D. H., Kim, D. H., Baek, J. M., Lee, S. W., & Yang, G. C. (2015). Distribution characteristics of freshwater fish in Jeju-do, Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 8(1), 83-94.
- Lothongkham, A. (2008). *Fish diversity in Yao river (a tributary of the upper Nan river basin) Nan Province, Northern Thailand*. (Master's Thesis). Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)
- Ludwig, J. A., & Reynold, J. F. (1988). *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Marine Department. (2020). *Water quality analysis report of Nakhon Nayok river*. Bangkok: Marine Department, Ministry of Transport. (in Thai)
- Nakhon Nayok Provincial Agriculture and Cooperatives Office. (2023). *Basic information of Nakhon Nayok Province*. Nakhon Nayok: Agriculture Information Group. Nakhon Nayok Provincial Hall. (in Thai)

- Nakhon Nayok Provincial Hall. (2023). *Nakhon Nayok Province development plan (2018-2022)*. Accessed August 1, 2023 . Retrieved from https://ww2.nakhonnayok.go.th/news_devpro
- Nakhon Nayok Provincial Hall. (2005). *Determine the season in which the fish with eggs, spawning fish and type, size of fishing gear for fishery*. Nakhon Nayok: Nakhon Nayok Provincial Hall. (in Thai)
- Nokkiaw, C., Dampin, N., & Chankao, K. (2016). Effect of water quality to biodiversity of fish in the Tha Chin river. *Thai Environmental Engineering Journal*, 30(2), 67-80. (in Thai)
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the world*. (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Noommeechai, S. (2014). *Species diversity of fish in community-based fisheries conservation area in Wa river, Nampang and Sannaongmai Subdistricts, Nan Province*. (Master's Thesis). Bangkok. Chulalongkorn University.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). (2017). *Thailand red data: vertebrates*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Office of the Royal Development Projects Board (ORDPB). (2021). *Khundanprakanchon dam*. Accessed May 1, 2023. Retrieved from <http://www.rdpb.go.th/th>
- Panchan, R. (2013). Factors influencing catching efficiency and selectivity of gillnets. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 15(1), 34-44. (in Thai)
- Pettingill, O. S. (1967). *A laboratory and field manual of ornithology* (3rd ed.). South Yorkshire, United Kingdom: Burgess Pub. Co.
- Petsut, N., Kulabtong, S., & Petsut, J. (2017). Species diversity and distribution of fishes in Pranburi river, Phetchaburi Province and Prachuap Khirikhan Province. *International Journal of Agricultural Technology*, 13(5), 671-682.
- Pfauterova, N., Slavik, O., Horky, P., Turek, J., & Randak, T. (2021). Spatial distribution of native fish species in tributaries is altered by the dispersal of non-native species from reservoirs. *Science of The Total Environment*, 755(Pt. 2), 143108. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143108
- Rainboth, W. J. (1996). *Fishes of the Cambodian Mekong*. Rome: Food and Agriculture Organisation.
- Sawasdee, B., & Thowanna, C. (2019) *A study of natural food in the stomach contents of freshwater fish in Nong Bor Reservoir, Mahasarakham Province*. Maha Sarakham: Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai)
- Seetapan, K., Kaewtip, J., Supawan, C., Wongwut, A., Saensupa, I., Tanitsorn, J., Uppaphong, S., & Pinmongkholgul, S. (2020). Diversity of fish species in Ngim river, Phayao Province. *Burapha Science Journal*, 25(1), 270-284. (in Thai)
- Termvidchakorn, A., & Hanpongkittikul, A. (2008). *Diversity of fishes in the Bangpakong and Prachin Buri river basin*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Termvidchakorn, A., Suksri, S., & Sridee, N. (2009). *Diversity of fishes larvae in the Bangpakong and Prachin Buri basin*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Tongnunui S., Beamish, F. W. H., & Kongchaiya, C. (2016). Fish species, relative abundances and environmental associations in small rivers of the Mae Klong river basin in Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 50(5), 408-415. doi: 10.1016/j.anres.2016.09.001
- Tudorance, C., Green, R. H., & Huebner, J. (1979). Structure, dynamics and production of the benthic fauna in Lake Monitoba. *Hydrobiologia*, 64(1), 59-95.
- Tuncharoen, S., Uppapong, S., & Soontornprasis, K. (2020). Diversity of fishes in Nong Leng Sai wetland, Phayao Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(2), 283-292. (in Thai)
- Vijaylaxmi, C., Rajshekhar, M., & Vijaykumar, K. (2010). Freshwater fishes distribution and diversity status of Mullameri river, a minor tributary of Bheema river of Gulbarga District, Karnataka. *International Journal of Systems Biology*, 2(2), 1-9.
- Wanganon, S. (2006). *Impact of sea water invasion on water quality and aquaculture in Bang Pakong river basin*. (Master's Thesis). Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)
- Wongroj, W., & Siriwattanarat, R. (2021). Species diversity of freshwater fish in the agriculture conservation areas of Eastern Bangkok, Thailand. *Srinakharinwirot Science Journal*, 31(1), 71-85.

Research article

Species diversity and distribution of fish in Nakhon Nayok river, Nakhon Nayok Province

Satienpong Khowhit^{1*} Narongrit Lahpun² Lada Mathurasa³ Doonnaput Khowhit⁴ and Montree Pimjai¹

¹Department of Natural Resources and Environment Management, Faculty of Environment and Resource Studies, Maharakham University, Kantharawichai, Maha Sarakham, 44150

²Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bang Khen, Bangkok, 10220

³Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bang Khen, Bangkok, 10220

⁴Group of Community Nursing, Faculty of Nursing, Maharakham University, Kantharawichai, Maha Sarakham, 44150

ARTICLE INFO

Article history

Received: 25 May 2023

Revised: 12 October 2023

Accepted: 19 October 2023

Online published: 30 October 2023

Keyword

Species diversity

Distribution

Fish

Nakhon Nayok river

ABSTRACT

This study aimed to investigate the species diversity and distribution of fish in the Nakhon Nayok river, located in Nakhon Nayok Province, Thailand. Fish samples were collected on two occasions, in March (dry season) and October (wet season) 2020, from three sampling stations: Muang District, Banna District, and Ongkarak District. The sampling was conducted using gillnets with eight different mesh sizes: 1.5, 2, 3, 4, 5.5, 6, 7, and 9 centimeters. A total of 437 individual fish were collected and classified into 10 orders, 18 families, 27 genera, and 31 species. The most abundant family was Cyprinidae, comprising 7 species (23 % of the total). Following closely was the family Labeonidae, with six (6) species (19 %). Channidae and Notopteridae were represented by two (2) species each (6 %). Furthermore, additional species from various families were identified, with each family contributing one (1) species (3 % of the total). These species include Anabantidae, Helostomatidae, Osphronemidae, Xenocypridae, Danionidae, Syngnathidae, Mastacembelidae, Buthidae, Pristolepidae, Ambassidae, Clariidae, Pangasiidae, Bagridae, and Belonidae. In Ongkarak district, in which contains the highest number of fish species, totaling 22 species with a combined count of 186 individuals, Banna District found the number of fish in 13 species, 168 individuals, and Banna District found the number of fish in 12 species, 83 individuals respectively. According to the International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species (IUCN), out of the identified species, 20 were categorized as Least Concern (LC) while two species fell into the category of Data Deficient (DD). Additionally, one species was classified as Vulnerable (VU) and Near Threatened (NT). The calculated indices for fish diversity in the study area yielded that the diversity index was determined to be 0.84 ± 0.41 , the richness index was 1.85 ± 0.83 , and the evenness index was 0.61 ± 0.15 .

*Corresponding author

E-mail address: satienpong.k@msu.ac.th (S. Khowhit)

Online print: 30 October 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.29>



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

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากวัชพืชในการควบคุมหญ้าอย่างหลังออก

จิราพร โพธิ์งาม และ นิตยา วานิกอร์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการจัดการพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71190

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 17 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 12 ตุลาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 12 ตุลาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 1 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ

สารสกัดจากพืช

หญ้า

หญ้าสาบ

การควบคุมวัชพืชหลังออก

บทคัดย่อ

การใช้สารสกัดจากพืชสำหรับควบคุมวัชพืชเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชของเกษตรกรได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากวัชพืชที่สามารถควบคุมหญ้าอย่างหลังออก โดยมีการทดสอบดังนี้ การทดสอบหาชนิดของวัชพืชที่ใช้ควบคุมหญ้าอย่าง โดยการนำสารสกัดจากใบวัชพืชแห้ง 3 ชนิด ได้แก่ สาบเสือ หญ้าสาบ และหญ้าละออง ด้วยเอทานอล 95% เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าอย่างได้ดีกว่าการไม่ใช้สารสกัด การใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ และสารสกัดจากใบหญ้าละออง

การทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งด้วยเอทานอล 95% ในการควบคุมหญ้าอย่างโดยการนำสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งที่มีความเข้มข้น 3 อัตรา ได้แก่ 100, 75 และ 50% เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100% ให้ผลการควบคุมหญ้าอย่างที่เหมาะสมด้วยสายตาและการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าอย่างในภาคเพาะและฤดูเพาะซ้ำได้ดีกว่าการไม่ใช้สารสกัด และให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าอย่างไม่แตกต่างกับการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75% ดังนั้นในการควบคุมหญ้าอย่างจึงควรเลือกใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75%

บทนำ

วัชพืชจัดว่าเป็นศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตพืช ซึ่งวัชพืชต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับพืชจึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ผลผลิตของพืชลดลง เกษตรกรจึงต้องหาวิธีการควบคุมวัชพืชเพื่อลดการแข่งขันของวัชพืชลง ซึ่งในปัจจุบันการใช้สารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืชเป็นวิธีการที่มีความสะดวก ประหยัด รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง และในปี 2565 ประเทศไทยได้มีการนำเข้าสารเคมีกำจัดวัชพืชในปริมาณ 63.77 % ของวัตถุดิบตราทางการเกษตรทั้งหมด (Office of Agricultural Economics, 2023) อย่างไรก็ตามการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ไม่ถูกวิธี ในปริมาณที่สูงเกินจำเป็นและใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรโดยตรง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศโดยเฉพาะในดิน น้ำ อากาศ สิ่งมีชีวิต และห่วงโซ่อาหาร (Ungsoongnem, 2015) นอกจากนี้แล้วราคากาชา นุเบกษามีประกาศคำสั่งกรมวิชาการเกษตรเรียกคืนพาราควอตและคลอร์ไพริฟอส ภายใน 90 วัน หลังคณะกรรมการวัตถุอันตรายมีมติยกระดับเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ห้ามนำเข้า ผลิต จำหน่าย และครอบครอง (Ministry of Industry, 2020) ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2563 หลังการประกาศแบนครั้งนี้ส่งผลถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรง คือ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ต้องมีบทบาทหลักในการสนับสนุนเกษตรกรทั้งในรูปแบบการฝึกอบรม การให้ข้อมูลความรู้ทาง

วิชาการ หรือการสนับสนุนในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้เกษตรกรใช้วิธีการทางเลือกอื่นในการกำจัดวัชพืช เช่น การใช้เครื่องตัดหญ้า เครื่องจักรกลการเกษตร การปลูกพืชคลุมดิน และการจัดระบบการปลูกพืช เป็นต้น (Thailand Pesticide Alert Network, 2020)

หญ้าอย่าง (*Euphorbia heterophylla* L.) เป็นวัชพืชที่พบโดยทั่วไปทั้งในพื้นที่ไม่ทำการเกษตร และพื้นที่ทำการเกษตร โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม หญ้าอย่างจัดว่าเป็นวัชพืชที่สำคัญในข้าวโพด ข้าวฟ่าง เดือด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ละหุ่ง ทานตะวัน งา มันสำปะหลัง อ้อย สับปะรด ฝ้าย ปอ มันฝรั่ง ปาล์ม น้ำมัน ยางพารา และยาสูบ ซึ่งในไร่ข้าวโพด หญ้าอย่างยังเป็นวัชพืชที่ระบาดรุนแรง ทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง 21 % (Kraokaw et al., 1994) หญ้าอย่างสามารถแพร่กระจายสูง ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด มีการเจริญเติบโตได้ดี พบทั้งพื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่ชื้นแฉะ และพบโดยทั่วไปในทุกภาคของประเทศ นอกจากนี้หญ้ายังเป็นวัชพืชชนิดหนึ่งที่ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดวัชพืช ได้แก่ glyphosate, pendimethalin, atrazine, alachlor และ acetochlor (Jongrakthai et al., 2013; Kraokaw et al., 1994; Maneechote et al., 2011; Sathuwijarn, 2017; Weed research group, 2012)

เนื่องจากหญ้าเป็นวัชพืชที่มีความสำคัญสำหรับการผลิตพืชเศรษฐกิจ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต่อยอดมาจากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสารสกัดจากวัชพืชเพื่อการควบคุมหญ้าอย่างหลังออก ซึ่งพบว่า

*Corresponding author

E-mail address: nit@kru.ac.th (N. Wanikorn)

Online print: 1 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.30>

วัชพืชที่มีคุณสมบัตินำมาทำสารสกัดในการควบคุมการเจริญเติบโตของหญ้ายางดีที่สุดในลำดับ ได้แก่ หญ้าสามม่วง (*Praxelis clematidea* R.M.King & H.Rob.) หญ้าละออง (*Vernonia cinerea* (L.) Less.) และสาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob.) โดยผลการประเมินการควบคุมหญ้ายางด้วยสายตาหลังพ่นสารดีกว่าการไม่ใช้สารสกัด (Wanikorn & Phongam, 2022) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากวัชพืช 3 ชนิด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้ายาง เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรมีสารชนิดอื่นที่ได้จากธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งการควบคุมวัชพืชด้วยวิธีการนี้จะเหมาะกับพื้นที่ทำการเกษตรอินทรีย์ และเกษตรปลอดภัย ทั้งยังเป็นการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เป็นพิษต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม ส่งผลทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพ ปลอดภัยต่อการบริโภคและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมวัชพืชสำหรับทดสอบ

การเตรียมวัชพืชสำหรับทดสอบในภาคเพาะ โดยเก็บรวบรวมเมล็ดวัชพืชในแปลงปลูกพืชและบริเวณใกล้เคียง จังหวัดกาญจนบุรี นำเมล็ดวัชพืชมาให้ความชื้นจนเมล็ดมีรากงอก 80% ของเมล็ดที่นำมาเพาะ จึงย้ายลงปลูกในภาชนะกล้าขนาด 105 หลุม ที่ใส่วัสดุปลูก รดน้ำทุกวันจนกระทั่งวัชพืชมีใบจริง 1-2 ใบ แล้วจึงนำไปทดสอบ ส่วนการเตรียมวัชพืชสำหรับทดสอบในถุงเพาะชำ โดยเก็บรวบรวมเมล็ดวัชพืชเช่นเดียวกับการทดสอบในภาคเพาะ นำเมล็ดวัชพืช มาให้ความชื้นจนเมล็ดมีรากงอก ย้ายลงปลูกในภาชนะกล้าขนาด 105 หลุม ที่ใส่วัสดุปลูก รดน้ำทุกวันจนกระทั่งวัชพืชมีใบจริง 1-2 ใบ จึงย้ายกล้าลงในถุงเพาะชำ จำนวน 10 ต้นต่อถุง จนกระทั่งวัชพืชมีใบจริง 3-4 ใบ แล้วจึงนำไปทดสอบ

การเตรียมสารสกัดด้วยเอทานอล

1. การเตรียมตัวอย่างวัชพืชเพื่อสกัดสาร ทำการเก็บใบวัชพืช 3 ชนิด ได้แก่ สาบเสือ หญ้าสาม และหญ้าละออง จากแปลงปลูกพืชและบริเวณใกล้เคียง จังหวัดกาญจนบุรี มาทำความสะอาด และตากให้แห้ง นำใบวัชพืชแห้งทั้ง 3 ชนิด มาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าให้ละเอียด แล้วนำแต่ละชนิดไปผสมกับเอทานอล 95% ในอัตราส่วนใบวัชพืชแห้ง 1 กรัมต่อ เอทานอล 4 มิลลิลิตร (1:4) กวนด้วยเครื่องกวนสาร (IKA RW20 digital) ที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที นาน 3 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ส่วนกากที่เหลือจากการกรองนำมาสกัดด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นเดียวกัน แล้วนำมากรอง ทำซ้ำด้วยวิธีเดียวกันอีก 2 ครั้ง รวมทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ทั้งหมดมาแยกเอทานอลด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน (BUCHI Rotavapor R-100) เก็บรักษาสารสกัดหยาบที่ได้ในอุณหภูมิ 4°C และนำไปใช้ในการทดสอบการควบคุมวัชพืชต่อไป

2. การเตรียมสารสกัดสำหรับการทดสอบการควบคุมวัชพืช

2.1 สารที่ใช้ทดสอบในการทดสอบที่ 1 นั้น เตรียมสารสกัดจากใบวัชพืชทั้ง 3 ชนิด โดยนำสารสกัดหยาบจากใบวัชพืชแต่ละชนิดมาละลายด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วนสารสกัดหยาบ 1 กรัมต่อเอทานอล 20 มิลลิลิตร (1:20)

2.2 สารที่ใช้ทดสอบในการทดสอบที่ 2 นั้น เตรียมสารสกัดจากใบหญ้าสามความเข้มข้น 3 อัตรา ได้แก่ 100 75 และ 50% โดยความเข้มข้น

100% นำสารละลายที่ได้จากการทดสอบที่ 1 มาใช้ ส่วนความเข้มข้น 75 และ 50% นำสารละลายที่ได้จากข้อที่ 2.1 มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น

การทดสอบการควบคุมวัชพืช

1. การทดสอบหาชนิดของวัชพืชที่เหมาะสมสำหรับทำสารสกัดในการควบคุมหญ้ายาง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) การไม่ใช้สารสกัด 2) การใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ 3) การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาม 4) การใช้สารสกัดจากใบหญ้าละออง ทำการทดสอบการควบคุมหญ้ายาง โดยใช้หญ้ายางอายุ 7-10 วันหลังเพาะหรือมีใบจริง 1-2 ใบ ที่ปลูกในภาชนะ จำนวน 21 หลุม (1 หลุมปลูก 1 ต้น) ต่อกรรมวิธีต่อซ้ำ โดยนำสารสกัดจากใบวัชพืชแต่ละชนิดปริมาณ 10 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดสเปรย์ขนาด 100 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงบนใบหญ้ายางทั้ง 4 ซ้ำ แล้วทำการบันทึกข้อมูล

2. การทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามในการควบคุมหญ้ายาง

นำสารสกัดจากใบวัชพืชที่สามารถควบคุมหญ้ายางได้ จากการทดสอบที่ 1 มาทดสอบโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) การไม่ใช้สารสกัด 2) การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามความเข้มข้น 100% 3) การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามความเข้มข้น 75% 4) การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามความเข้มข้น 50% ทำการทดสอบดังนี้

2.1 การทดสอบในภาคเพาะ นำหญ้ายางอายุ 7-10 วัน หลังเพาะหรือมีใบจริง 1-2 ใบ ที่ปลูกในภาชนะจำนวน 21 หลุม (1 หลุมปลูก 1 ต้น) ต่อกรรมวิธีต่อซ้ำ มาทดสอบการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามแต่ละความเข้มข้นด้วยปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสเปรย์ขนาด 100 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงบนใบหญ้ายางทั้ง 4 ซ้ำ แล้วทำการบันทึกข้อมูล หลังพ่นสารสกัด 24 ชั่วโมง จึงมีการให้น้ำแก่หญ้ายางตามปกติ

2.2 การทดสอบในถุงเพาะชำ นำหญ้ายางที่มีใบจริง 3-4 ใบ ปลูกในถุงเพาะชำ 10 ต้นต่อถุง จำนวน 3 ถุงต่อกรรมวิธีต่อซ้ำ มาทดสอบการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสามแต่ละความเข้มข้นด้วยปริมาณ 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสเปรย์ขนาด 100 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงบนใบหญ้ายางทั้ง 4 ซ้ำ แล้วทำการบันทึกข้อมูล

สำหรับการให้น้ำแก่หญ้ายางหลังพ่นสารสกัดที่ทดสอบในภาคเพาะจะมีการให้น้ำตามปกติแต่ไม่ให้สัมผัสใบพืช ส่วนการทดสอบในถุงเพาะชำงดการให้น้ำ 24 ชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล

1. ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ทดสอบ โดยเก็บวัชพืชที่ทดสอบหลังพ่นสารสกัดเป็นเวลา 21 วัน

2. การยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช คำนวณตามสูตรของ Machado (2007) ดังนี้

$$\% \text{ Reduction} = \frac{[(\text{Control} - \text{Extracts}) / \text{Control}] \times 100}{\% \text{ การยับยั้ง}}$$

$$\% \text{ Reduction} = \% \text{ การยับยั้ง}$$

$$\text{Control} = \text{การเจริญเติบโตของวัชพืชในสภาพควบคุม}$$

$$\text{Extracts} = \text{การเจริญเติบโตของวัชพืชในสภาพที่ได้รับสารสกัด}$$

3. การประเมินการควบคุมวัชพืชด้วยสายตา (visual weed control efficacy) ตามระบบ 0-10 ที่ 1 7 และ 14 วันหลังพ่นสาร ตามลักษณะที่ปรากฏดังนี้ ระดับ 0 เท่ากับ ควบคุมไม่ได้ (no control) ระดับ 1-3 เท่ากับ ควบคุมได้เล็กน้อย (slightly control) ระดับ 4-6 เท่ากับ ควบคุมได้ปานกลาง (moderately control) ระดับ 7-9 เท่ากับ ควบคุมได้ดี (good control) ระดับ 10 เท่ากับ ควบคุมได้สมบูรณ์ (completely control) (Weed research group, 2021)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ผลด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดสอบหาชนิดของวัชพืชที่ใช้ควบคุมหญ้า

การทดสอบการควบคุมหญ้า โดยการใช้สารสกัดจากใบวัชพืชแห้งด้วยเอทานอล 3 ชนิด ได้แก่ สาบเสือ หญ้าสาบ และหญ้าน้ำค้าง โดยใช้ในอัตราส่วนสารสกัดหยาบ 1 กรัมต่อเอทานอล 95 % 20 มิลลิลิตร (1:20) ผลการทดสอบ พบว่าน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าหลังพ่นสารสกัดจากใบวัชพืชแห้งทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้สารสกัด โดยหญ้าที่พ่นด้วยสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้ง มีน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งน้อยกว่าหญ้าที่พ่นด้วยสารสกัดจากใบสาบเสือแห้ง สารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้างแห้ง และการไม่ใช้สารสกัด (Table 1) ส่วนผลการยับยั้งน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้า หลังการพ่นสารสกัดจากใบวัชพืชแห้งทั้ง 3 ชนิด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบ สารสกัดจากใบสาบเสือ และสารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้าง ทำให้น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างลดลง 26.17-56.95 % และ 30.29-67.62 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดตามลำดับ (Table 1)

จากการประเมินการควบคุมหญ้าด้วยสายตาของสารสกัดจากใบวัชพืชแห้งทั้ง 3 ชนิด หลังพ่นสาร 1 7 และ 14 วัน พบว่าการใช้สารสกัดจากใบวัชพืชแห้งทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าได้ดี ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด ซึ่งการประเมินด้วยสายตาที่ 1 และ 7 วันหลังการพ่นสารสกัด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบ ให้ผลการควบคุมหญ้าได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ สารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้าง และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนการใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ สารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้าง ให้ผลในการควบคุมหญ้าได้ดีกว่าการใช้สารสกัด (Table 2; Figure 1) และการประเมินด้วยสายตาที่ 14 วันหลังการพ่นสารสกัด พบว่า การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบ ให้ผลการควบคุมหญ้าได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ สารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้าง และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนการใช้สารสกัดจากใบสาบเสือ ให้ผลการควบคุมหญ้าได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าน้ำค้าง และการไม่ใช้สารสกัด (Table 2)

จากการทดสอบหาชนิดของวัชพืชที่เหมาะสมในการนำมาทำสารสกัดเพื่อควบคุมหญ้าน้ำค้างนั้น พบว่าสารสกัดจากใบหญ้าสาบที่อัตราส่วน 1:20 ให้น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างน้อยกว่าการใช้สารสกัด และให้ผลการควบคุมหญ้าน้ำค้างที่ประเมินด้วยสายตา และผลการยับยั้งน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างดีกว่าการใช้

ใช้สารสกัด ส่วนสารสกัดจากใบสาบเสือที่อัตราส่วน 1:20 นั้น ให้น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างน้อยกว่าการใช้สารสกัด และให้ผลการควบคุมหญ้าน้ำค้างที่ประเมินด้วยสายตาและยับยั้งน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างสูงกว่าการใช้สารสกัด สอดคล้องกับ Patsai (2011) ที่รายงาน ว่า ผลของสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบหญ้าสาบที่อัตราส่วน 1:10 ยับยั้งความยาวของรากและความยาวของต้นกล้าของหญ้าน้ำค้างจวบจนดอกเล็กและถั่วฝักได้อย่างสมบูรณ์ แต่ Lappanitphoonphon et al. (2022) ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากต้นหมอนน้อย (*Vernonia cinerea* Less.) ด้วยเมทานอล มีผลต่อความยาวรากและจำนวนรากหมอนมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวทำลายชนิดอื่น โดยมีผลต่อการแบ่งเซลล์ที่ปลายรากหมอนทำให้ลดการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่ปลายราก และเกิดการรบกวนกระบวนการแบ่งเซลล์ด้วย นอกจากนี้ Kason et al. (2022) ได้ศึกษาพบว่าสารสกัดเมทานอลจากใบสาบเสือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดดาวกระจายใต้หวั่น (*Bidens pilosa* L.) และเมล็ดหญ้าเจ้าชู้ (*Chrysopogon aciculatus* (Retz.) Trin.) ได้ โดยความเข้มข้น 40,000 และ 20,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดดาวกระจายใต้หวั่นสูงที่สุดและความเข้มข้น 40,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้าเจ้าชู้ได้สูงสุด

ผลการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบในการควบคุมหญ้าน้ำค้าง

1. การทดสอบในภาคเพาะกล้า

การทดสอบการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 3 อัตรา ได้แก่ 100 75 และ 50 % เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด จากการทดสอบพบว่าน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างหลังพ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบทั้ง 3 อัตรา มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด โดยหญ้าน้ำค้างที่พ่นด้วยสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 % มีน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งน้อยกว่าหญ้าน้ำค้างที่พ่นด้วยสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 50 % และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนหญ้าน้ำค้างที่พ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งความเข้มข้น 100 % ให้น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกับหญ้าน้ำค้างที่พ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งความเข้มข้น 75 % (Table 3) จากผลการยับยั้งน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างหลังการพ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบที่ความเข้มข้นทั้ง 3 อัตรา พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % ให้น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของหญ้าน้ำค้างลดลง 46.08-75.96 % และ 54.15-83.00 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด ตามลำดับ (Table 3)

การประเมินการควบคุมวัชพืชด้วยสายตาของสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % หลังพ่นสาร 1 7 และ 14 วัน พบว่าการพ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าน้ำค้างได้ดี ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด โดยการประเมินที่ 1 วันหลังการพ่นสารสกัด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าน้ำค้างได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 และ 50 % และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าน้ำค้างได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้า

สาบความเข้มข้น 50 % และการไม่ใช้สารสกัด และการประเมินที่ 14 และ 21 วันหลังการพ่นสารสกัด พบว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 และ 75 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าอย่างได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 50 % และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 50 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าอย่างได้ดีกว่าการไม่ใช้สารสกัด (Table 4)

2. การทดสอบในถุงเพาะชำ

จากการทดสอบพบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้ายางหลังพ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบทั้ง 3 อัตรา มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด โดยหญ้ายางที่พ่นด้วยสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยกว่าหญ้ายางที่ไม่ได้ใช้สารสกัด (Table 5) จากผลการยับยั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้ายางด้วยการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้ายางลดลง 80.58-91.99 % และ 84.24-93.61 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด ตามลำดับ (Table 5)

การประเมินการควบคุมวัชพืชด้วยสายตาของสารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 75 และ 50 % หลังพ่นสาร 1 7 และ 14 วัน พบว่า การพ่นสารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งความเข้มข้น 100 75 และ 50 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าอย่างได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัด ซึ่งการประเมินที่ 1 7 และ 14 วันหลังการพ่นสารสกัด พบว่า การใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าอย่างได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 และ 50 % และการไม่ใช้สารสกัด ส่วนการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 และ 50 % มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าอย่างได้ดีกว่าการไม่ใช้สารสกัด (Table 6)

การทดสอบหาอัตราที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบหญ้าสาบที่นำมาใช้ในการควบคุมหญ้ายางทั้งในสภาพเพาะและในถุงเพาะชำนั้น พบว่าการใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 % ให้ผลการควบคุมหญ้ายางที่ประเมินด้วยสายตาดีกว่าการใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 %

และให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้ายางไม่แตกต่างกับการใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 % จึงควรเลือกใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 % เนื่องจากผลการควบคุมหญ้ายางที่ประเมินด้วยสายตาของการใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 75 % อยู่ในระดับควบคุมได้ดีและลดปริมาณการใช้สารสกัดได้ถึง 25 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 % อย่างไรก็ตามผลการควบคุมหญ้ายางที่ประเมินด้วยสายตาและการยับยั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้ายางเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบที่สูงขึ้นสอดคล้องกับ Patsai (2011) ได้รายงาน ว่า ผลของสารสกัดด้วยเมทานอลจากใบหญ้าสาบด้วยตัวทำละลายเมทานอลในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าของหญ้ายางจรจอบดอกเล็ก (*Penisetum polystachyon* (L.) Schult.) และถั่วผี (*Phaseolus lathyroides* L.) หลังงอก โดยสารสกัดทุกอัตราส่วนยับยั้งความยาวของรากและลำต้นของต้นกล้าหญ้ายางจรจอบดอกเล็กและถั่วผีให้สั้นกว่าการใช้น้ำกลั่น ซึ่งสารสกัดจากใบหญ้าสาบด้วยเมทานอลมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังงอกได้ดี รวมทั้งการศึกษาของ Thepphakhun et al. (2019) ที่พบว่าผลของการคลุกดินด้วยสาบม่วง (*Praxelis clematidea* R.M.King & H.Rob.) ที่ความเข้มข้น 1:10 สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าตีนนก (*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.) และก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) ได้ 100 % ตามด้วยความเข้มข้น 1:20, 1:40 และ 1:80 ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Poonpaiboonpipa (2019) รายงานว่า ผลของสารสกัดหญ้าด้วยเอทานอลและฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีของใบแก้ว (*Murraya paniculata* (L.) Jack) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) T. Beauv.) และผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum* L.) โดยสารสกัดหญ้าจากเอทานอล 100 % ยับยั้งความยาวรากของหญ้าข้าวนกและผักเบี้ยหินสูงสุด ระดับการยับยั้งลดลง เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลลดลง นอกจากนี้ Suenoy & Intanon (2022) ได้ศึกษาผลของสารสกัดใบช้อ (*Gmelina arborea* Roxb.) ด้วยตัวทำละลายเมทานอลยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวรากและความยาวลำต้นของต้นกล้าก้นจ้ำขาวได้อย่างสมบูรณ์ 100 %

Table 1 Fresh and dry weight of *E. heterophylla* after applying three weeds extracts and reduction effect of fresh and dry weight of painted spurge 21 days after using weeds extracts

Type of weed extract	Weight of <i>E. heterophylla</i> (g/21 plants)			
	Fresh weight	% Reduction	Dry weight	% Reduction
No weed extract (control)	15.40 ^d	0.00	3.83 ^d	0.00
Siam weed extracts	9.60 ^b	37.66	2.18 ^b	43.08
Praxelis extracts	6.63 ^a	56.95	1.24 ^a	67.62
Little ironweed extracts	11.37 ^c	26.17	2.67 ^c	30.29
F-test	**	-	**	-
CV (%)	9.43	-	10.82	-

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

Table 2 Efficacy of weed control by visual rating after applying three weed extracts at 1, 7 and 14 days after using weeds extracts

Type of weed extract	<i>E. heterophylla</i> control by visual rating		
	1 DAA	7 DAA	14 DAA
no weed extract (control)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
siam weed extracts	6.75 ^b	4.00 ^b	1.50 ^b
praxelis extracts	9.50 ^c	8.25 ^c	6.50 ^c
little ironweed extracts	5.75 ^b	2.50 ^b	0.00 ^a
F-test	**	**	**
CV (%)	13.56	28.67	26.36

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

DAA = days after application.

Table 3 Fresh and dry weight of *E. heterophylla* after applying praxelis extracts at different concentration levels and reduction effect of fresh and dry weight of painted spurge at 21 days after using weed extracts

Type of weed extract	Weight of <i>E. heterophylla</i> (g/21 plants)			
	Fresh weight	% Reduction	Dry weight	% Reduction
No weed extract (control)	9.07 ^c	0.00	2.53 ^c	0.00
Praxelis extracts at 100 % concentration	2.18 ^a	75.96	0.43 ^a	83.00
Praxelis extracts at 75 % concentration	3.06 ^{ab}	66.26	0.66 ^{ab}	73.91
Praxelis extracts at 50 % concentration	4.89 ^b	46.08	1.16 ^b	54.15
F-test	**	-	**	-
CV (%)	28.32	-	34.72	-

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

Table 4 Efficacy of weed control by visual rating after applying praxelis extracts at different concentration levels of 1, 7 and 14 days after using weed extracts

Type of weed extract	<i>E. heterophylla</i> control by visual rating		
	1 DAA	7 DAA	14 DAA
No weed extract (control)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Praxelis extracts at 100 concentration	9.00 ^d	8.75 ^c	7.50 ^c
Praxelis extracts at 75 % concentration	7.25 ^c	9.00 ^c	7.88 ^c
Praxelis extracts at 50 % concentration	3.00 ^b	4.13 ^b	2.75 ^b
F-test	**	**	**
CV (%)	11.09	16.57	18.96

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

DAA = days after application.

Table 5 Fresh and dry weight of *E. heterophylla* after applied praxelis extracts by 95 % ethanol at different concentration levels and reduction effect fresh and dry weight of painted spurge at 21 days after applied weed extracts

Type of weed extract	Weight of <i>E. heterophylla</i> (g/30 plants)			
	Fresh weight	% Reduction	Dry weight	% Reduction
No weed extract (control)	96.62 ^b	0.00	18.15 ^b	0.00
Praxelis extracts at 100 % concentration	7.74 ^a	91.99	1.16 ^a	93.61
Praxelis extracts at 75 % concentration	12.09 ^a	87.49	1.74 ^a	90.41
Praxelis extracts at 50 % concentration	18.76 ^a	80.58	2.86 ^a	84.24
F-test	**	-	**	-
CV (%)	50.08	-	59.76	-

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT

Table 6 Efficacy of weed control by visual rating after applied praxelis extracts by 95 % ethanol at different concentration levels of 1 7 and 14 days after applied weed extracts

Type of weed extract	<i>E. heterophylla</i> control by visual rating		
	1 DAA	7 DAA	14 DAA
No weed extract (control)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Praxelis extracts at 100 % concentration	9.92 ^c	9.67 ^c	8.67 ^c
Praxelis extracts at 75 % concentration	9.33 ^b	8.42 ^b	6.67 ^b
Praxelis extracts at 50 % concentration	9.08 ^b	8.00 ^b	6.25 ^b
F-test	**	**	**
CV (%)	3.71	10.92	13.20

Remark: Mean with the same letter in the same column is not significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

DAA = days after application.



Figure 1 Using the extracts from dry leaves of three types of plant with 1:20 ratio for painted spurge control 1 day after using weed extracts.

สรุปผลการวิจัย

หญ้าสาบเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาทำสารสกัดควบคุมวัชพืชหลังงอก ซึ่งการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบแห้งด้วยเอทานอลในอัตราส่วนสารสกัดหยาบ 1 กรัมต่อเอทานอล 95 % 20 มิลลิลิตร สามารถควบคุมหญ้าหลังงอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความเข้มข้นของสารสกัดจากใบหญ้าสาบ 75 % เพียงพอต่อการควบคุมหญ้าได้ โดยให้ผลการควบคุมหญ้าที่ประเมินด้วยสายตาอยู่ในระดับดีและการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าไม่แตกต่างกับการใช้สารสกัดจากใบหญ้าสาบความเข้มข้น 100 %

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

References

- Jongrakthai, T., Zungsontipom, S., & Pruekpan, K. (2013). Seed morphology of Euphorbia weeds. In *Plant protection research and development office annual report 2013* (pp. 2106-2120). Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- Kason, P., Phetbunrueang, C., & Manoruang, W. (2022). Effect of methanolic extract from *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob leaf on inhibition of seed germination of *Bidens pilosa* L. and *Chrysopogon aciculatus* (RETZ.) TRIN. *PSRU Journal of Science and Technology*, 7(1), 71-82. (in Thai)
- Kraokaw, S., Chinchet, A., Dithasanthia, C., Dithasanthia, S., & Pamomjun, A. (1994). Growth and yield of corn in corn/mungbean row intercropping intested by painted spurge under low rainfall. *Thai Agricultural Research Journal*, 12(3), 203-212. (in Thai)
- Lappanitphoonphon, C., Khiaosanga, P., & Chaemchaiyaporn, T. (2022). Allelopathic effects of little weed (*Vernonia cinerea* (L.) Less) on mitotic cell division of onion root. *Proceedings of the 14th NPRU National academic conference 2022* (pp. 87-92). Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University. (in Thai)
- Machado, S. (2007). Allelopathic potential of various plant species on downy brome: implications for weed control in wheat production. *Agronomy Journal*, 99(1), 127-132. doi: 10.2134/agnonj2006.0122
- Maneechote, C., Thantawil, W., Chaokongchak S., Anantanamane, Y., & Sathuwijam, S. (2011). Widespread and management of glyphosate resistant weeds. In *Plant protection research and development office annual report 2011* (pp. 953-962). Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- Ministry of Industry. (2020). *Notification of ministry of industry subject: list of hazardous substances (No.6) B.E. 2563 (2020)*. Accessed June 11, 2023. Retrieved from https://www.jetro.go.jp/ext_images/thailand/pdf/2020ENMOINotiListHazNo6BE2563.pdf
- Office of Agricultural Economics. (2023). *Quantity and value of imports of pesticides in agriculture 2018-2022*. Accessed September 27, 2023 Retrieved from <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH> (in Thai)
- Patsai, S. (2011). *Allelopathic effect of Praxelis clematidea (Griseb.) R.M.King & H.Rob on germination and growth of some crops*. (Master' thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Poonpaiboonpipa, T. (2019). Effect of various ethanol concentrations on extracting crude yield and allelopathic activity of *Murraya paniculate* leaf. *Naresuan Agricultural Journal*, 16(1), 1-8. (in Thai)
- Sathuwijam, S. (2017). Situation of herbicide resistance weeds and management in maize plantation. In *Plant protection research and development office annual report 2017* (pp. 1215-1224). Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- Suenoy, Y., & Intanon, S. (2022). Allelopathic effect of *Gmelina arborea* on seed germination and growth of *Bidens Pilosa*. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 50 (Suppl.1), 450-456. (in Thai)
- Thailand Pesticide Alert Network. (2020). *The Royal Gazette announced a ban on paraquat and chlorpyrifos*. Accessed September 28, 2023. Retrieved from <https://thaipan.org/highlights/1386> (in Thai)
- Thepphakhun, T., Phimsri, M., & Intanon, S. (2019). Total phenolic content and allelopathic effect of soil incorporation of *Praxelis clematidea* on emergence and growth of plants. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47 (Suppl.1), 73-78. (in Thai)
- Ungsoongnem, S. (2015). Environmental impact from pesticide utilization. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 9(1), 50-63. (in Thai)
- Wanikorn, N., & Phongam, J. (2022). Development of weed extracts for post-emergent painted spurge control. *Journal of Kanchanaburi Rajabhat University*, 11(2), 324-338. (in Thai)
- Weed research group. (2021). *Recommendations for preparing plans and reporting results of herbicide efficiency trials for registration of agricultural hazardous substances in 2021*. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Weed research group. (2012). *Weed control and herbicide use recommendations 2012*. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Research article

Efficacy of plant extracts for post-emergent painted spurge (*Euphorbia heterophylla* L.) control

Jiraporn Phongam and Nittaya Wanikorn *

Modern Technology for Crop Management Program, Faculty of Science and Technology Kanchanaburi Rajabhat University, Muang, Kanchanaburi, Province 71190

ARTICLE INFO

Article history

Received: 17 August 2023

Revised: 12 October 2023

Accepted: 12 October 2023

Online published: 1 November 2023

Keyword

Plant extract

Painted spurge

Praxelis

Post-emergent weed control

ABSTRACT

Using plant extracts for weed control is one of the practical options for farmers to reduce the use of chemicals. The primary focus of this study is to determine the efficacy of plant extracts in post-emergent painted spurge management. The research encompasses experiments involving the identification of suitable weed species for effective painted spurge control and the evaluation of the impact of extracts from dried leaves of three distinct plant varieties, specifically siam weed, praxelis, and little ironweed, treated with 95% ethanol, in contrast to untreated controls. The study's results indicate that praxelis leaf extracts exhibited superior inhibition of painted spurge growth compared to untreated controls, as well as when compared to siam weed and little ironweed extracts. The subsequent experiment aimed to identify the optimal extract concentration from praxelis leaves for controlling painted spurge, utilizing three concentration levels: 100%, 75%, and 50% with 95% ethanol, in contrast to untreated controls. The findings revealed that using praxelis extracts at 100% concentration resulted in more effective painted spurge control, with noticeable growth inhibition in seedling trays and nursery bags, surpassing the untreated controls. Interestingly, there was no significant difference in growth inhibition between the 100% and 75% concentration extracts. Therefore, for effective painted spurge control, praxelis leaf extracts at a 75% concentration appear to be the preferred choice.

*Corresponding author

E-mail address: nit@kru.ac.th (N. Wanikorn)

Online print: 1 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.30>



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

บทความวิจัย

ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสารสกัดสาหร่ายต่อการเจริญเติบโต ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของกัญชา

กษิดิ์เดช อ่อนศรี* เกศินี ศรีปฐมกุล กัญตนา หลอดทองกลาง วีระเดช ภัทรภิญโญกุล และ วิศรุฒ นาจรถิลมงคล

คณะนวัตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 20 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 12 กันยายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 7 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 13 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ

กัญชา

ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน

คีเลต

การเจริญเติบโต

สารประกอบฟีนอลิกรวม

บทคัดย่อ

การปลูกกัญชาต้องมีการควบคุมการผลิตเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพตามมาตรฐานเหมาะแก่การนำไปใช้ทางการแพทย์ การเลือกปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของกัญชา งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสารสกัดสาหร่ายต่อการเจริญเติบโต ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของกัญชา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สนใจเพาะปลูกและการวิจัยต่อไปในอนาคต วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) การให้ปุ๋ยน้ำเคมี เป็นปัจจัยควบคุม (Fertilizer; Control) 2) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน (VE) 3) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต (VE+CL) และ 4) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) ให้ปุ๋ยด้วยการรดลงวัสดุปลูก ปริมาณ 2,000 มิลลิลิตรต่อกระถาง ทุก ๆ 7 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การให้ VE+CL+SE ทำให้ต้นกัญชามีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 โดยมีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบ เท่ากับ 166.40 57.03 1.37 23.30 20.76 เซนติเมตร และ 49.75 SPAD unit ตามลำดับ และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์รวมมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 5.67, 7.48, 13.16 และ 2.37 g_{FW}^{-1} ส่วนการให้ปุ๋ยน้ำเคมี (Fertilizer; Control) ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ มี EC_{50} เท่ากับ 77.28 g_{FW}^{-1} และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด เท่ากับ 15.37 g_{GAE}^{-1} ดังนั้นการให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) อาจเพียงพอสำหรับการปลูกกัญชาของเกษตรกรที่ต้องการจำหน่ายเฉพาะใบสด แต่สำหรับเกษตรกรที่ต้องการปลูกกัญชาเพื่อจำหน่ายใบแห้ง และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยาสมุนไพร ซึ่งอาจต้องคำนึงถึงปริมาณสารสำคัญ จึงควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกกัญชาด้วย

บทนำ

ปัจจุบันกัญชาเป็นพืชที่ได้รับการยอมรับทางการแพทย์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ จึงได้รับอนุญาตให้เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง ซึ่งในอดีตเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2522 มาตรา 26 (Bureau of Drug and Narcotics, 2021) ที่ไม่ได้รับอนุญาตในการครอบครองหรือจำหน่ายใดๆ กระทั่งได้รับการยอมรับทางการแพทย์ โดยเฉพาะอาการของผู้ป่วยโรคมะเร็ง (Copeland & Clement, 2014) รวมทั้งอาการอื่นๆที่สำคัญ เช่น อาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง อาการลมบ้าหมู อาการเครียด และอาการปวดหัวไมเกรน เป็นต้น (Corral, 2001) จึงเป็นเหตุผลทำให้กัญชาที่เคยถูกมองเป็นสิ่งเสพยาเสพติดกลายเป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณประโยชน์ทางการแพทย์

สารสำคัญที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ในกัญชาเป็นผลจากสารแคนนาบินอยด์ (Cannabinoid) ซึ่งเป็นสารเฉพาะที่พบได้ในพืชวงศ์ Cannabaceae ได้แก่ เตตราไฮโดรแคนนาบินอล (Δ^9 -Tetrahydrocannabinol:

Δ^9 -THC) สารแคนนาบินิโดล (Cannabidiol: CBD) และแคนนาบินอล (Cannabinol, CBN) (Howlett et al., 2002) สามารถพบได้ทุกส่วนของต้นโดยเฉพาะบริเวณยอดของช่อดอกเพศเมีย หรือที่เรียกว่าช่อดอก (Pistil late flower or Buds) (Trofin et al., 2012) นอกจากนี้สารสำคัญในกัญชาที่กล่าวไปข้างต้น ยังพบว่าพืชในวงศ์ Cannabaceae มีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบสำคัญเช่นกัน (Cantele et al., 2020) โดยสารประกอบฟีนอลิกถูกจัดเป็นกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มักพบทั่วไปในสมุนไพรไทย ซึ่งนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นอาหารและเครื่องดื่ม นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังมีบทบาทในการป้องกันโรคที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น (Halee & Ratanaphan, 2017) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในพืชวงศ์ Cannabaceae ของกัญชา ก็เป็นอีกสารหนึ่งที่สำคัญไม่น้อยกว่าสารกลุ่มแคนนาบินอยด์ ซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกในกัญชามีปัจจัยสำคัญจากปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับ ดังเช่นรายงานของ

*Corresponding author

E-mail address: kasideh.o@gmail.com (K. Onsri)

Online print: 13 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.31>

Thaokaenchan et al. (2018) ที่ทำการศึกษาค่าผลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของจิงจูฉ่าย พบว่าชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุอาหารที่ต่างกันและปริมาณการให้ผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในจิงจูฉ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และรายงานของ Methawarakul et al. (2017) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของการตัดแต่งกิ่งและการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในสถานีวิจัยเพชรบูรณ์ พบว่าปริมาณธาตุอาหารที่กาแฟได้รับจากปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ

เกษตรอินทรีย์เป็นการทำเกษตรที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์และสารชีวภาพโดยไม่มีการใช้สารเคมีนั้น เป็นการป้องกันการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตรที่อาจปนเปื้อนในผลผลิตจากก่อปัญหาให้กับผู้บริโภค โดยปัจจุบันได้มีการใช้คีเลตธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพืชมากขึ้น ซึ่งคีเลตมาจากคำว่า Chelation เป็นปฏิกิริยาการรวมกันทางอินทรีย์เคมีกับธาตุอาหารที่มีประจุบวก เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้ เป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืชอยู่แล้ว เมื่อทำปฏิกิริยารวมกันจนกลายเป็นสารประกอบคีเลตธรรมชาติแล้ว จะทำให้ละลายน้ำได้ดี ยังคงรูปเป็นสารอาหารที่พืชดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่โดยไม่สูญเสียไป (Phayungtham et al., 2012) นอกจากนี้มีเกษตรกรบางรายนำสารสกัดสาหร่ายทะเลมาใช้เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสารสกัดจากสาหร่ายทะเลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายรูปแบบ เช่น เร่งการแตกตาและใบอ่อน เร่งการออกราก เพิ่มการต้านทานของโรค และกระตุ้นการออกดอก เป็นต้น (Osotsapar, 2014) อีกทั้งสารสกัดสาหร่ายยังช่วยย่อยสลายและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดีมากขึ้น (Khan et al., 2009) โดยการรายงานของ Maneema et al. (2023) ระบุว่าสารสกัดสาหร่าย สามารถนำมาใช้เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักคะน้าได้ และจากการรายงานของ Khunpradit (2018) ได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยไมคอร์ไรซาเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตสำหรับนาข้าวอินทรีย์ โดยคัดแยกและคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราไมคอร์ไรซา และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขนาดใหญ่จากนาข้าวในพื้นที่ อำเภอบางบาล และอำเภอบางบาล จังหวัดชัยภูมิ ปลูกถ่ายลงในวัสดุที่เหมาะสมเพื่อขยายพันธุ์และพัฒนาแบบการใช้ งานโดยหาวัสดุทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีและสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาค่าผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสารสกัดสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญของกัญชา เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับกัญชาให้กับเกษตรกรผู้ปลูก และได้ผลผลิตกัญชาที่ปลอดภัยต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมการทดลอง

การเตรียมพืชทดลอง โดยคัดเลือกเมล็ดพันธุ์กัญชา RSU01 ที่มีขนาดเท่ากัน เป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าว นำมาเพาะลงในวัสดุปลูกพีทมอส (Peat moss) มีการให้น้ำวันละ 2 ครั้ง คือช่วงเช้าและช่วงเย็น หลังจากทำการเพาะเมล็ดไปแล้ว

เป็นระยะเวลาประมาณ 2 เดือน คัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี แข็งแรงและสมบูรณ์ จำนวน 40 ต้น ย้ายปลูกลงกระถางขนาด 15 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูกประกอบด้วย ขุยมะพร้าว: กาบมะพร้าวสับ: แกลบดำ อัตราส่วน 1: 1: 1 โดยปริมาตร จำนวน 40 กระถาง เพื่อเริ่มการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) การให้ปุ๋ยน้ำเคมี (ปุ๋ยไฮโดรโปนิคส์) เป็นปัจจัยควบคุม (Fertilizer; Control) 2) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน (VE) 3) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต (VE+CL) และ 4) การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) จำนวน 10 ข้ว ๆ ละ 1 กระถาง เมื่อย้ายต้นกล้าลงกระถางแล้วให้ปุ๋ยตามแต่ละทรีตเมนต์ด้วยการรดลงวัสดุปลูก ปริมาณ 2,000 มิลลิลิตรต่อกระถาง ทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

การบันทึกข้อมูล

1. ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบ บันทึกทุก 7 วัน เป็นจำนวน 56 วัน หลังจากย้ายปลูก

2. การวัดปริมาณ Chlorophyll A Chlorophyll B Total Chlorophyll และ Total Carotenoid

เมื่อกัญชามีอายุครบ 9 สัปดาห์หลังจากย้ายปลูก วัดปริมาณ Chlorophyll A, Chlorophyll B, Total Chlorophyll และ Total Carotenoid โดยตัดแปลงตามวิธีการของ Minocha et al. (2009) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

สุ่มเก็บตัวอย่างใบ นำมาทำความสะอาด ตัดใบให้มีขนาด 3-4 เซนติเมตร โดยไม่เอาเส้นใบ ซึ่งชิ้นส่วนใบแต่ละทรีตเมนต์ให้มีน้ำหนัก 15 มิลลิกรัม นำมาสกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร แล้วเก็บในที่มืดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8000 รอบ/วินาที แยกเอาส่วนสกัดไปวิเคราะห์ โดยนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 470 664 และ 649 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ Chlorophyll A Chlorophyll B Total Chlorophyll และ Total Carotenoid ดังสมการ

$$\text{Chlorophyll A (Chl A)} = (13.36 \times A_{664}) - (5.19 \times A_{649})$$

$$\text{Chlorophyll B (Chl B)} = (27.43 \times A_{649}) - (8.12 \times A_{664})$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chlorophyll A} + \text{Chlorophyll B}$$

$$\text{Total Carotenoids} = [(1000 \times A_{470}) - 2.13\text{ChlA} - 97.64\text{ChlB}]/209$$

A_{470} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่มีความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

A_{664} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่มีความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

A_{649} sample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่มีความยาวคลื่น 649 นาโนเมตร

3. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

ทำการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ ดัดแปลงตามวิธีการของ Duvivier et al. (2008) โดยสกัดสารต่าง ๆ ของใบกัญชาด้วย เอทานอล 95 % อัตราส่วน 1:2 (w/v) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8000 รอบ/นาที่ แยกเอาส่วนสกัดไปวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ เริ่มจากนำ สารละลายที่สกัดได้ไปเจือจางที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้เอทานอล 95 % เป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำสารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรผสม กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืดนาน 20 นาที นำไปวัดค่า ดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณสารต้านอนุมูลอิสระดังสมการ ด้านล่าง และนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อหาค่า EC₅₀ โดยแทนค่า y = 50 ในสมการเส้นตรงที่ได้จากการสร้างกราฟ จะได้ค่า x คือความเข้มข้นที่ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระลดลง

$$\text{สารต้านอนุมูลอิสระ} = [(A_{517\text{blank}} - A_{517\text{sample}}) / A_{517\text{blank}}] \times 100$$

A_{517blank} = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร DPPH ที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

A_{517sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดผสมกับสาร DPPH ที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีการของ Gao et al. (2000) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) สุ่มเก็บตัวอย่างใบมาทำความสะอาดแล้วสกัดด้วยเอทานอล 95 %

ในอัตราส่วน 1:2 (w/v) เขย่าตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องและเก็บในที่มืด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบ/วินาที แยกเอาส่วนสกัดไปวิเคราะห์ วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดโดยวิธี total phenolic compounds โดยใช้สารสกัด 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่มีน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และเติม Folin & Ciocalteu's Phenol Reagent 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง 3 นาที จากนั้นเติม 20 % โซเดียมคาร์บอเนต 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตรด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ของกรดแกลลิก (Figure 1) รายงานผลเป็นสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/มิลลิลิตร)

ผลและการวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสาร สกัดสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญของกัญชา พบว่า ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบ มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งต้นกัญชามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ทุกสัปดาห์ และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 8 การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) ทำให้มีความสูงต้นสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบที่สุด มีค่าเท่ากับ 166.40 57.03 1.37 23.30 20.76 เซนติเมตร และ 49.75 SPAD unit (Table 1-6)

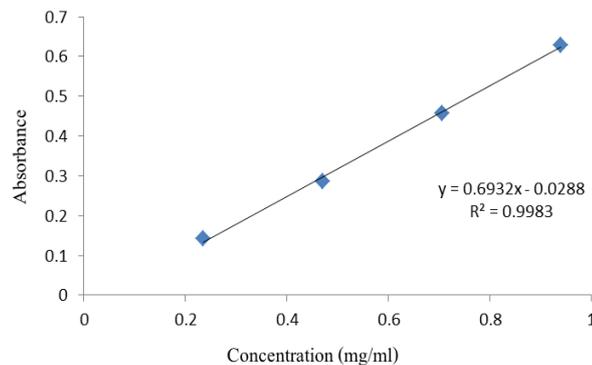


Figure 1 Gallic acid standard curve with various dilution concentrations and taken to measure the absorbance by a spectrophotometer with a wavelength of 765 nm.

Table 1 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis plant height (cm.)

Treatment	Plant height (cm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	51.60 ± 1.52 c ^{1/}	80.12 ± 2.48 c	108.70 ± 3.90 c	134.78 ± 2.43 c
VE	45.70 ± 2.11 c	72.00 ± 4.64 d	99.96 ± 3.68 d	122.74 ± 6.03 d
VE+CL	59.08 ± 5.59 b	88.00 ± 2.74 b	121.40 ± 5.13 b	147.00 ± 4.73 b
VE+CL+SE	70.60 ± 3.71 a	98.40 ± 3.51 a	136.20 ± 4.15 a	166.40 ± 7.80 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	6.34	4.07	3.65	3.92

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 2 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis bush width (cm.)

Treatment	Canopy width (cm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	37.53 ± 7.83 bc ^{1/}	38.13 ± 7.90 bc	38.93 ± 8.08 bc	39.99 ± 6.80 bc
VE	30.96 ± 6.68 c	32.93 ± 7.27 c	33.94 ± 6.65 c	35.75 ± 6.78 c
VE+CL	42.87 ± 3.77 b	44.53 ± 2.75 b	45.85 ± 2.63 b	47.43 ± 2.62 b
VE+CL+SE	48.87 ± 3.43 a	51.01 ± 2.94 a	53.48 ± 2.54 a	57.03 ± 3.58 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.34	13.77	12.90	11.74

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 3 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis stem diameter (cm.)

Treatment	Stem diameter (cm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	0.67 ± 0.04 a ^{1/}	0.87 ± 0.03 bc	1.03 ± 0.04 b	1.13 ± 0.02 b
VE	0.56 ± 0.05 b	0.78 ± 0.06 c	0.87 ± 0.10 c	0.95 ± 0.09 c
VE+CL	0.70 ± 0.07 a	0.94 ± 0.05 b	1.1 ± 0.07 b	1.20 ± 0.02 b
VE+CL+SE	0.77 ± 0.03 a	1.04 ± 0.05 a	1.24 ± 0.05 a	1.37 ± 0.10 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	7.68	5.51	6.79	5.85

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 4 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis leave width (cm.)

Treatment	Leave width (cm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	12.90 ± 1.02 c ^{1/}	15.50 ± 0.50 b	17.40 ± 0.42 bc	18.60 ± 0.42 bc
VE	11.10 ± 0.74 d	14.00 ± 0.79 c	16.20 ± 0.45 c	17.80 ± 1.04 c
VE+CL	14.70 ± 0.57 b	16.50 ± 0.35 b	19.00 ± 0.61 b	20.50 ± 0.94 b
VE+CL+SE	16.60 ± 0.96 a	17.80 ± 0.76 a	22.10 ± 2.38 a	23.30 ± 2.11 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	6.11	3.93	6.79	6.39

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 5 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis leave length (cm.)

Treatment	Leave length (cm)			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	12.34 ± 0.42 c ^{1/}	15.20 ± 0.27 b	16.00 ± 0.71 bc	17.00 ± 0.35 bc
VE	10.96 ± 0.76 d	12.80 ± 1.35 c	15.10 ± 0.74 c	16.24 ± 0.49 c
VE+CL	14.50 ± 0.71 b	15.90 ± 0.22 ab	17.20 ± 0.45 b	18.40 ± 0.55 b
VE+CL+SE	15.70 ± 0.45 a	17.00 ± 0.61 a	19.00 ± 1.41 a	20.76 ± 1.40 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	4.52	5.01	5.32	4.48

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 6 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the cannabis SPAD value

Treatment	SPAD unit			
	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Fertilizer (Control)	39.43 ± 0.65 bc ^{1/}	40.07 ± 0.94 bc	40.86 ± 1.55 bc	41.78 ± 1.90 bc
VE	37.56 ± 0.69 c	38.23 ± 0.87 c	38.55 ± 0.79 c	38.97 ± 0.68 c
VE+CL	42.47 ± 2.15 b	43.08 ± 2.40 b	43.65 ± 2.25 b	45.22 ± 2.99 b
VE+CL+SE	45.77 ± 3.08 a	46.79 ± 4.40 a	47.35 ± 4.32 a	49.75 ± 5.22 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	4.69	6.13	6.07	7.22

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน คีเลต และสารสกัดสาหร่าย มีศักยภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นแนวทางในการผลิตกัญชาอินทรีย์ต่อไปได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานทดลองของ Marubodee & Ruanpan (2020) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักชีวภาพสูตรจุลินทรีย์หมักกล้วย มีผลทำให้ความเข้มข้นของต้นท้ายอายุหม่อมสูงที่สุดคือ 40.22 SPAD unit มีความยาวใบ และจำนวนหัวของต้นท้ายอายุหม่อมมีค่าสูงที่สุดคือ 16.62 เซนติเมตร และ 8.70 หัวต่อต้น ตามลำดับ และสอดคล้องกับการรายงานของ Tarangsri et al. (2023) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในด้านความสูงต้นพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9 สามารถส่งผลให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คมีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ ความยาวใบ และจำนวนใบสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6 และเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ได้รับปุ๋ยเคมี แต่ไม่สอดคล้องกับงานทดลองของ Puangbut & Phisayatrai (2022) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมี มีผลทำให้ความสูงและค่าความเขียวใบไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ นอกจากนี้พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีทุกอัตรา ทำให้ผลผลิตผักสด

ข้าวโพดไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี

นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับการรายงานของ Benchasri et al. (2021) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลสุกร ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวสูงมากที่สุดที่ 2 สัปดาห์หลังปลูก ในขณะที่ความกว้างของลำต้นกระเจี๊ยบเขียว มีขนาดเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ โดย 8 สัปดาห์หลังปลูก มีความกว้างมากที่สุดเช่นเดียวกับผลการเจริญเติบโตของกัญชาในการทดลองนี้ เนื่องมาจากเมื่อพืชเจริญเติบโตมากขึ้น พื้นที่ใบก็จะสร้างมากขึ้น ส่งผลต่อความสูง ความกว้างใบ ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตมีปริมาณแตกต่างกัน และสอดคล้องกับการรายงานของ Tiamiyu et al. (2012) ที่รายงานผลการทดลองว่า อิทธิพลของการจัดการปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยที่กระเจี๊ยบเขียวได้รับมีผลต่อคุณภาพ ลักษณะของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อกัญชามีอายุครบ 9 สัปดาห์หลังย้ายปลูก บันทึกปริมาณ Chlorophyll A Chlorophyll B Total Chlorophyll Total Carotenoid สารต้านอนุมูลอิสระ และ Total Phenolic compound พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนผสมคีเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) ทำให้ปริมาณ Chlorophyll A, Chlorophyll B, Total Chlorophyll และ Total Carotenoid มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 5.67 7.48 13.16 และ 2.37 g_{FWL}^{-1} ตามลำดับ (Table 7)

การให้ปุ๋ยน้ำเคมี ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ รายงานผลเป็นค่า EC_{50} คือ การกวาดล้างอนุมูลอิสระลดลงได้ครึ่งหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 77.28 g_{FWL}^{-1} และ Total Phenolic compound สูงที่สุด เท่ากับ 15.37 g_{GAE}^{-1} (Table 8)

Table 7 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to the chlorophyll A, chlorophyll B, total chlorophyll and total carotenoids in cannabis leaves

Treatment	Chlorophyll A (g_{FWL}^{-1})	Chlorophyll B (g_{FWL}^{-1})	Total Chlorophyll (g_{FWL}^{-1})	Total Carotenoid (g_{FWL}^{-1})
Fertilizer (Control)	3.33 ± 0.30 bc ^{1/}	4.90 ± 0.32 bc	8.23 ± 0.55 bc	1.39 ± 0.14 bc
VE	2.42 ± 0.57 c	3.80 ± 0.81 c	6.23 ± 1.27 c	1.04 ± 0.23 c
VE+CL	4.34 ± 0.25 b	5.57 ± 0.23 b	9.91 ± 0.42 b	1.76 ± 0.10 b
VE+CL+SE	5.67 ± 0.87 a	7.48 ± 1.53 a	13.16 ± 2.38 a	2.37 ± 0.37 a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.05	16.30	14.84	14.38

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

Table 8 Effects of vermicompost, chelate, and seaweed extracts to DPPH scavenging activity EC_{50} (g_{FWL}^{-1}) and total phenolic compound (g_{GAE}^{-1}) in cannabis leaves

Treatment	DPPH scavenging activity	Total phenolic compound
	EC_{50} (g_{FWL}^{-1})	(g_{GAE}^{-1})
Fertilizer (Control)	77.28 ± 9.48 a ^{1/}	15.37 ± 4.43 a
VE	88.40 ± 8.51 b	10.72 ± 1.08 b
VE+CL	96.25 ± 8.02 b	10.25 ± 1.48 b
VE+CL+SE	90.53 ± 4.76 b	11.67 ± 1.61 b
F-test	**	**
C.V. (%)	8.95	21.04

^{1/} The vertical mean followed by an english letter obtained from the comparison of statistical values.

** There was a statistically significant difference at the 99 % confidence level.

เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ และมีปริมาณธาตุอาหารอยู่น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับงานทดลองของ Thaimuang & Sumrit (2007) ระบุว่าทำให้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ในอัตราส่วนดินต่อปุ๋ยหมัก เท่ากับ 3:1 ทำให้หน้าหนักสดและน้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินและใต้ดินของกระชายดำที่ดีที่สุด ถึงแม้ว่าการให้ปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในเรื่องน้ำหนักผลผลิต แต่ผลการทดลองพบว่า ดินที่ได้รับปุ๋ยมีการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าดินที่ไม่ได้รับปุ๋ยทั้งส่วนเหนือดินและใต้ดิน แต่ไม่สอดคล้องกับงานทดลองของ Kowwilaisang & Anilbon (2020) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตและสารประกอบฟีนอลิกรวมในถั่วลันเตา ผลการทดลองพบว่า ชนิดปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมในเมล็ดถั่วลันเตา แต่มีแนวโน้มว่าการใช้ปุ๋ยมูลค่างควาหมักทำให้สารฟีนอลิกในเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยเคมีและการไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ งานทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลค่างควาหมักมีแนวโน้มว่าจะสามารถช่วยเพิ่มสารฟีนอลิกในเมล็ดได้

นอกจากนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Thaokanchan et al. (2018) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นจิงจูฉ่าย พบว่า ต้นจิงจูฉ่ายที่ได้รับปุ๋ยมูลวัวจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด เท่ากับ 4.85 mg_{GAE/g}DW แต่ไม่สอดคล้องกับงานทดลองของ Buakham & Sanprasert (2017) ได้ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตบวบกที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่าง ๆ กันในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีการปลูกบวบกในดินทรายร่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำภายใต้สภาพอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้มีปริมาณ Asiaticoside ในส่วนแผ่นใบของบวบกสูงที่สุด ดังนั้น เกษตรกรที่ต้องการปลูกบวบกเพื่อจำหน่ายผลผลิตแห้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยาสมุนไพร จึงควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกบวบก ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในแต่ละครั้งอัตรา 7.5 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบในแต่ละครั้งอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ก่อนปลูกและหลังย้ายปลูก 1 เดือนทำให้ปริมาณ Asiaticoside เพิ่มขึ้นสูงสุด

สรุปผลการวิจัย

การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน ผสมคิเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) ทำให้ต้นกัญชามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุด ในสัปดาห์ที่ 8 ส่วนการให้ปุ๋ยน้ำเคมี ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ดังนั้นการให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือน ผสมคิเลต และสารสกัดสาหร่าย (VE+CL+SE) จะเพียงพอสำหรับการปลูกกัญชาของเกษตรกรที่ต้องการจำหน่ายเฉพาะใบสดเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 8 สัปดาห์ แต่สำหรับเกษตรกรที่ต้องการปลูกกัญชาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยาสมุนไพรที่ต้องคำนึงถึงปริมาณสารสำคัญ ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกด้วย

References

Benchasri, S., Suwannasin, W., Domyos, S., & Domyos, P. (2021). Influence of fertilizer types on growth and yield in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) in

Southern Thailand. *Journal of Vocational Institute of Agriculture*, 5(2), 59-69. (in Thai)

- Buakham, B., & Sanprasert, R. (2017). Comparison of growths and yields of Asiatic Pennyworth (*Centella asiatica* (L.) Urb.) with chemical and organic fertilizers. *Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University*, 19(1), 101-110. (in Thai)
- Bureau of Drug and Narcotics. (2021). *Supplement 2021 online*. Accessed January 4, 2021. Retrieved from <https://bdn.go.th/th/aboutus/81/>. (in Thai)
- Cantele, C., Bertolino, M., Bakro, F., Giordano, M., Jedryczka, M., & Cardenia, V. (2020). Antioxidant effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) inflorescence extract in stripped linseed oil. *Antioxidants*, 9(11), 1131. doi.org/10.3390/antiox9111131.
- Copeland, J., & Clement N. (2014). *The use of cannabis for medical purposes*. Accessed January 4, 2021. Retrieved from <https://www.dalgarnoinstitute.org.au> Retrieved 4th, 2021.
- Corral, V. L. (2001). Differential effects of medical marijuana based on strain and route of administration. *Journal of Cannabis Therapeutics*, 1(3- 4), 43-59. doi.org/10.1300/J175v01n03_05.
- Duvivier, P., Hsieh, P. C., Lai, P. Y., & Charles, A. L. (2008). Evaluation of drying methods on antioxidant activity, total phenolic and total carotenoid contents of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) var. Tainong73. *Journal of International Cooperation*, 3(2), 73-86.
- Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Bjork, L., & Trajkovski, V. (2000). Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4(5), 1485-1490. doi.org/10.1021/jf991072g.
- Halee, A., & Ratanaphan, B. (2017). Study of antioxidant efficacies of 15 local herbs. *KMUTT Research and Development Journal*, 40(2), 283-293. (in Thai)
- Howlett, A. C., Barth, F., Bonner, T. I., Cabral, G., Casellas, P., Devane, W. A., Felder, C. C., Herkenham, M., Mackie, K., Martin, B. R., Mechoulam, R., & Pertwee, R. G. (2002). International union of pharmacology. XXVII. classification of cannabinoid receptors. *Pharmacological Reviews*, 54(2), 161-202. doi: 10.1124/pr.54.2.161.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development.

- Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399. doi: 10.1007/s00344-009-9103-x
- Khunpradit, T. (2018). *The bio-fertilizer from local macro algae and mycorrhiza for using instated of chemical fertilizer and enhanced the rice yield*. Chiang Mai: Chiang Mai Rajabhat University. (in Thai)
- Kowwilaisang, N., & Anilbon, C. (2020). Influence of organic fertilizer types on yield components and total phenolic compounds in peanut. *Thai Science and Technology Journal*, 28(2), 265-273. doi: 10.14456/tstj.2020.22 (in Thai)
- Maneema, C., Chaikul, S., & Suwannarat, Y. (2023). Effects of brown seaweed extract in combination with foliar fertilizer on growth of Chinese kale. *Journal of Agriculture*, 39(2), 129-140. (in Thai)
- Marubodee, R., & Ruanpan, W. (2020). Effect of bioextract on growth and yield of arrowroot (*Tacca leontopetaloides*). *RMUTSB Academic Journal*, 8(2), 153-164. (in Thai)
- Methawarakul, T., Manochai, B., Chulaka, P., Pichakum, N., & Changlek, P. (2017). Effect of pruning and fertilizer applications on productivity and quality of arabica coffee beans at Phetchabun Research Station. *Agricultural Science Journal*, 48(2), 284-296. (in Thai)
- Minocha, R., Martinez, G., Lyons, B., & Long, S. (2009). Development of a standardized methodology for quantifying total chlorophyll and carotenoids from foliage of hardwood and conifer tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(4), 849-861. doi: 10.1139/X09-015
- Osotsapar, Y. (2014). Bio accelerators as plant growth promoting. *Thai Journal of Soils and Fertilizers*, 36(1-4), 27-54. (in Thai)
- Phayungtham, A., Kaewpradit, W., & Siri, B. (2012). Influences of amino acid chelate foliar fertilizer on growth and seed quality of hybrid tomato seeds. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 40(2), 167-178. (in Thai)
- Puangbut, D., & Phisayatrai, W. (2022). Effects of vermicompost combined with chemical fertilizer application on growth and yield of sweet wax corn. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, 10(3), 119-133. (in Thai)
- Tarangsri, P., Phasinaam, K., Nuansri, C., Phasinam, T., Yamkong, S., & Srila-or, C. (2023). A study on effectiveness of compost from elephant dung with organic matter on green oak lettuce growth. *Life Sciences and Environment Journal*, 24(1), 214-225. doi: 10.14456/lsej.2023.17 (in Thai)
- Thaimuang, W., & Sumrit, B. (2007). Effects of fertilizer on yield and nutrient accumulation in black galingale. *Proceedings of the 4th KU-KPS Conference: Plants, Biotechnology, Engineering, Education Social Sciences and Humanities, Health and Sports Science, Science Technology and Environment, Animal and Veterinary Medicine* (pp. 25-32). Nakhon Pathom: Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, (in Thai)
- Thaokaenchan, N., Areesrisom, P. Suton, W., & Manuya, W. (2018). Effect of organic fertilizers on growth and total phenolic content of *Artemisia lactiflora*. *Agricultural Science Journal*, 49(1 Suppl), 132-138.
- Tiamiyu, R. A., Ahmed, H. G., & Muhammad, A. S. (2012). Effect of sources of organic manure on growth and yields of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in Sokoto, Nigerian. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 20(3), 213-216.
- Trofin, I. G., Vlad, C. C., Noja, V. V., & Dabija, G. (2012). Identification and characterization of special types of herbal cannabis. *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*, 74(1), 119-130.

Research article

Effect of vermicompost extracts, chelate and seaweed extract on growth, antioxidant activity and total phenolic compound content of cannabis

Kasideth Onsri* Kesinee Sripathomkul Kantana Lodthonglang
Teeradach Phatharapinyokul and Wisarut Natthasinmongkhon

Faculty of Agricultural Innovation, Rangsit University, Mueang Pathum Thani District, Pathum Thani Province, 12000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 20 August 2023

Revised: 12 September 2023

Accepted: 7 November 2023

Online published: 13 November 2023

Keyword

Rubber

Rubber wood

Rubber wood fuel

Wood chipper

Wood shredding system

ABSTRACT

Cannabis cultivation requires production to control the quality of raw materials for medical grade. The cultivation process is important because it is to affect the quality of cannabis. This research was to study the effect of vermicompost extracts, chelate extract and seaweed extract on growth, antioxidant activity, and the total phenolic compound content of cannabis to provision the basic information for those who are interested in future cultivation and research. The experiment was conducted in a Completely Randomized Design (CRD) with ten replications for four treatments. Fertilizer was a control factor (Fertilizer; Control), vermicompost extracts (VE), vermicompost extracts mixed with chelate (VE+CL), and vermicompost extracts mixed with chelate and seaweed extract (VE+CL+SE). Fertilize by pouring onto the planting material at the amount of 2,000 ml per pot once a week for 8 weeks. The results showed that the VE+CL+SE had the best cannabis plant growth in the 8th week with plant height, canopy width, stem diameter, leaf width, leaf length and SPAD values were 166.40, 57.03, 1.37, 23.30, 20.76 cm and 49.75 SPAD units, respectively. The chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and total carotenoids had the highest values of 5.67, 7.48, 13.16 and 2.37 $\text{g}_{\text{FW}}\text{L}^{-1}$. Fertilizer application (control) showed the highest antioxidant activity with an EC_{50} of 77.28 $\text{g}_{\text{FW}}\text{L}^{-1}$ and a total phenolic compound content of 15.37 $\text{g}_{\text{GAE}}\text{L}^{-1}$. Therefore, VE+CL+SE may be sufficient just for growing cannabis farmers who want to sell only fresh leaves. But for farmers who want to grow cannabis to sell dried leaves to be used as raw materials for producing herbal medicines, it may be important to consider active ingredients. Organic fertilizers should be added together with chemical fertilizers to the soil used to grow cannabis as well.

*Corresponding author

E-mail address: kasideth.o@gmail.com (K. Onsri)

Online print: 13 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.31>



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

บทความวิจัย

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและไฟโตสเตอรอลในข้าวไทยบางชนิด

วีระชาติ นันตะเวช สำราญ พิมราช และ พรพิชญ์ ธรรมปัทม์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 23 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 29 กันยายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 31 ตุลาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 15 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ

เวลา

การงอก

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ข้าวกล้อง

บทคัดย่อ

ข้าวประกอบด้วยกลีบ เอนโดสเปิร์มและชั้นรำ ซึ่งมีส่วนประกอบทางโภชนาการและหน้าที่ทางชีวภาพที่หลากหลาย การงอกเป็นเทคนิคหนึ่งในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางโภชนาการของข้าว โดยทำการงอกข้าวกล้องนิลสุรินทร์ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอล ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอลของข้าวนิลสุรินทร์ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการงอกที่นานขึ้น การงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณไฟโตสเตอรอลสูงสุด ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ($p < 0.05$)

บทนำ

ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Graminaceae) จัดเป็นกลุ่มอาหารหลักที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของประชากรมากกว่าครึ่งโลก มีการปลูกและบริโภคอย่างแพร่หลายในฐานะอาหารที่บริโภคประจำวันโดยไม่ต้องปรุงรสร่วมกับอาหารชนิดอื่น ๆ (Hu et al., 2023) ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยมาตั้งแต่ครั้งบรรพกาลและถือเป็นชีวิตวิญญาณของคนไทย การทำนาจึงเป็นอาชีพหลักของประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ และถือได้ว่าข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญยิ่งที่นำรายได้จำนวนมากเข้าสู่ประเทศ (ORDPB, 2017) ข้าวจัดเป็นผลิตผลทางการเกษตรของไทยที่มีปริมาณผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งมาหลายทศวรรษติดต่อกัน การส่งออกข้าวของไทยในปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณการส่งออกถึง 7.69 ล้านตัน โดยปริมาณส่งออกเพิ่มขึ้น 22.10 % เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยประเทศผู้นำเข้าข้าวไทย 5 อันดับแรก ประกอบด้วยอิรัก แอฟริกาใต้ จีน สหรัฐอเมริกา และเบนิน (Office of agricultural economics, 2023)

ข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากเมล็ดของธัญพืชพวกหญ้า สามารถเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) ซึ่งโครงสร้างเมล็ดข้าวประกอบด้วยเปลือกแข็ง หุ้มเมล็ดหรือกลีบ (hull) ทำหน้าที่หุ้มเมล็ดเอาไว้ภายในเปลือกหุ้มผล (pericarp) เป็นเซลล์รูปแท่งห่อหุ้มรอบเมล็ด เมล็ด (seed) ภายใน

เมล็ดประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) เป็นผนังเซลล์บาง รูปร่างยาวรี อุดมไปด้วยไขมัน จึงทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำไม่ให้เข้าสู่เนื้อเมล็ด ส่วนชั้นเยื่อโปร่งใส (hyaline layer หรือ nucellus) อยู่ติดกับชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดประกอบด้วยสารให้สี ถัดมาเป็นชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) มีลักษณะเซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์และมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ประกอบด้วยโปรตีนเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ชั้นต่อมาเป็นคัพภะ (germ หรือ embryo) เป็นส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าวเป็นตำแหน่งรวมของส่วนที่จะงอกเป็นต้นข้าวต้นใหม่ คัพภะเป็นส่วนที่ จะงอกเป็นยอดอ่อน (plumule) และส่วนที่จะงอกเป็นรากกำเนิด (radicle) และส่วนเนื้อเมล็ด (endosperm) มีประมาณ 68-70 % ของเมล็ดข้าว ภายในเซลล์ประกอบด้วยสตาร์ช (starch) และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ (Matin & Kang, 2010)

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) โดยดั้งเดิมผลิตขึ้นเพื่อเพิ่มรสชาติของข้าวกล้อง การงอกทำให้รำข้าวอ่อนลงลดระยะเวลาการหุง และกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพใหม่ ข้าวกล้องงอกเป็นผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวกู้อาศัยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย โดยในปัจจุบันกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกได้มีการพัฒนามาโดยตลอด เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละระดับการผลิตก็มีเทคนิคที่แตกต่างกัน บางส่วน แต่กระบวนการผลิตส่วนใหญ่แล้วมีขั้นตอนการผลิต

*Corresponding author

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

Online print: 15 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.32>

ที่คล้ายกัน คือประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักต่อเนื่องกัน ได้แก่ 1) การแช่และการงอก (soaking and germination) 2) การทำแห้งหรืออบแห้ง (drying) และ 3) การสี (hulling) หรือแกะเปลือกออก (Oli et al., 2014) การแช่และการงอกเป็นกระบวนการที่สำคัญ โดยการนำข้าวเปลือกแช่ในน้ำประมาณ 6-24 ชั่วโมง เพื่อให้หน้าที่แช่ซึมผ่านเปลือกเข้าไปสู่เนื้อในเมล็ดข้าวจนอิมตัว แล้วทำการงอกเป็นระยะเวลา 12-72 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งเป็นการนำข้าวงอกมาทำการอบแห้ง โดยการตากแดดหรืออบให้แห้ง เพื่อให้ข้าวเปลือกมีความชื้นเหมาะสมต่อการสีและการเก็บรักษา และการสีหรือแกะเปลือกออก คือ การแยกเปลือกออกไป เพื่อให้ได้ข้าวในลักษณะข้าวกล้อง (Kumar et al., 2018)

ข้าวกล้องงอกที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยเฉพาะสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น วิตามินอี โฟลโตสเตอร์อล สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น กระบวนการแช่น้ำทำให้งอกเป็นต้นอ่อนขึ้น ซึ่งถือเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน ข้าวกล้องงอกเป็นสินค้าที่มีศักยภาพในการแข่งขันในตลาดสูง เพราะมีจุดเด่นหลายประการ อาทิ มีกลิ่นหอม สีสวย อุดมด้วยคุณค่าทางอาหาร เป็นที่ต้องการของตลาดและขายได้ราคาสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป ซึ่งข้าวกล้องงอกยังอุดมไปด้วยวิตามินบี เกลือแร่ เส้นใย และมียังประกอบที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมทางชีวภาพของร่างกายได้ดีกว่าข้าวกล้องปกติ (Patil & Khan, 2011; Thammapat et al., 2016; Weng et al., 2019) ปัจจุบันมีการศึกษาถึงผลของกระบวนการงอกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าว Trachoo et al. (2006) ได้ทำการศึกษาระบบการงอกข้าวพบว่าสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก Choi et al. (2006) ได้ทำการศึกษาระบบการงอกข้าวเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส 3.4 เท่า น้ำตาลรีดิคัล 2.75 เท่า และสารประกอบ GABA (Gamma-aminobutyric acid) 7.97 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก นอกจากนี้ Ukpong et al. (2023) พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการงอกส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีน สารประกอบ GABA และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลของการงอกต่อการเปลี่ยนแปลงสารโฟลโตสเตอร์อลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวที่ปรับปรุงพันธุ์ยังมีน้อยมาก ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โฟลโตสเตอร์อลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวปรับปรุงพันธุ์บางชนิดของไทย ซึ่งจะเป็นแหล่งสารสนเทศในการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกให้มีความสามารถในการแข่งขันในตลาดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัตถุดิบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้าวนิลสุรินทร์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวทับทิมชุมแพ ทำการเก็บเกี่ยวในช่วงปี พ.ศ. 2563

การเตรียมตัวอย่างข้าวกล้องงอก

นำข้าวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวนิลสุรินทร์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวทับทิมชุมแพ มาคัดแยกสิ่งปลอมปนและทำการแกะเปลือก

หลังจากนั้นคัดเฉพาะข้าวที่สมบูรณ์และเต็มเมล็ด ล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำข้าวมาแช่น้ำโดยปริมาณข้าว : น้ำ คือ 1 : 3 (w/v) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการล้างและเปลี่ยนน้ำใหม่ทุก 8 ชั่วโมง นำข้าวที่ผ่านการแช่แล้วมาทำการงอกโดยประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Thammapat et al. (2016) โดยการใช้ผ้าขาวบางทอไว้และวางไว้บนตะแกรงเพื่อไม่ให้ความชื้นระเหยออกไปเร็วเกินไปและเพื่อให้ความชื้นคงที่ ทำการงอกในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง หลังผ่านการงอก นำข้าวที่ผ่านการงอกไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ได้ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 16 % (d.b.) หลังจากนั้นนำข้าวที่ได้ไปทำการบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อน (sieving) ขนาด 180 เมช (mesh) และเก็บตัวอย่างในถุงทึบแสงที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวิเคราะห์การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu method ตามวิธีของ Abootalebian et al. (2016) โดยนำตัวอย่างมา 500 มิลลิกรัม ทำการเติมสารละลายเมทานอล 80 % ทำการปั่นผสมและกรองเอาตัวอย่างมา 0.5 มิลลิลิตร ทำการเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (0.2 N) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ทำการตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วทำการเติมสารละลาย sodium carbonate (7.5 %, w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-visible spectrophotometer ใช้สารละลาย gallic acid เป็นสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (mg GAE)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดูการละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ 3 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดจากตัวอย่าง 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel & Hashinaga, 2005) เพื่อคำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(X-Y)/X] \times 100$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
X คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control

การวิเคราะห์ปริมาณโฟลโตสเตอร์อล

การวิเคราะห์ปริมาณโฟลโตสเตอร์อล ประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Thammapat et al. (2016) โดยนำตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม มาทำการซาฟอนิไฟด์ไขมันออก ด้วย KOH 2 มิลลิกรัม (600 กรัม/ลิตร) NaCl 2 มิลลิกรัม (10 กรัม/ลิตร) 95 % Ethanol 2 มิลลิกรัม และ Ethanol pyrogallol 5 มิลลิกรัม (60 กรัม/ลิตร) โดยใช้ 5 α -Cholestane เป็น Internal standard หลังจากนั้นทำการอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา

45 นาที ทำให้เย็นและสกัดด้วย n-hexane : ethyl acetate (9 : 1) หลังจากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เปลี่ยนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ โดยใช้ BSTFA : TMCS (99 : 1) 10 ไมโครลิตร และ pyridine 1 มิลลิลิตร ละลายกลับด้วย n-heptane และนำไปวิเคราะห์ปริมาณไฟโตสเตอรอล โดยใช้ GC-MS (Gas-Chromatography Mass-Spectrometry)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาผลของสภาวะในการงอกข้าว nil-surin ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวทับทิมชุมแพ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสูงสุด (213.95 mgGAE/100 g) รองลงมาคือ ไรซ์เบอร์รี่ (196.97 mgGAE/100 g) และ nil-surin (193.94 mgGAE/100 g) ตามลำดับ เมื่อทำการงอกเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ($p < 0.05$) จนถึงระยะเวลาในการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง (Table 1) โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ทำการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (288.22 mgGAE/100 g) เนื่องจากกระบวนการงอกจะทำให้เอนไซม์ต่าง ๆ (phosphoenolpyruvate, d-erythrose-4-phosphate) ภายในเมล็ดข้าวเริ่มทำงานและย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่เพื่อใช้ในกระบวนการสร้างอาหารให้กับต้นอ่อนของข้าว จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกดังกล่าวเพิ่มขึ้น

(Thammapat et al., 2016) ข้าวประกอบด้วยกรดฟีนอลิกและไกลโคไซด์ที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ สารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะจับกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผนังเซลล์ของพืช (Miller et al., 2000) การงอกที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด หลังจากผ่านกระบวนการงอกระยะเวลานานขึ้นโดยใช้เวลาในการงอก 72 ชั่วโมง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ($p < 0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอื่นเพื่อการเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yang et al. (2001) และ Tian et al. (2004) ที่รายงานไว้ว่า กระบวนการงอกกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารและสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างกระบวนการงอก โดยระหว่างกระบวนการงอกผนังเซลล์ของพืชถูกย่อยทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกและกรดฟีนอลิกเพิ่มขึ้นได้ในระหว่างการงอก Vongsudin et al. (2012) ได้รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวกล้อง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และระยะเวลางอก 48 ชั่วโมง พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ที่ผ่านกระบวนการงอกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก

ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ (Table 2) พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (45.45 % Inhibition) รองลงมาคือ nil-surin (42.40 % Inhibition) และทับทิมชุมแพ (41.41 % Inhibition) ตามลำดับ เมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าข้าวทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ($p < 0.05$) โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ทำการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (79.54 % Inhibition) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin et al. (2015) และ Ukpong et al. (2023) ที่พบว่าเมื่อทำการงอกข้าวเป็นระยะเวลานานขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

Table 1 Phenolic content (mgGAE/100 g) of ungerminated and germinated some rice cultivars

Germination Time (h)	Varieties		
	Nil-Surin	Riceberry	Tubtim Chumphae
0	193.94±2.26 ^{Cb}	196.97±2.23 ^{Db}	213.95±3.45 ^{Da}
24	223.78±10.16 ^{Bb}	237.11±4.63 ^{Cab}	237.82±3.12 ^{Ca}
48	258.14±20.33 ^{Aa}	288.22±18.49 ^{Aa}	273.37±3.30 ^{Aa}
72	239.59±9.04 ^{ABb}	267.39±2.82 ^{Ba}	245.68±2.40 ^{Bb}

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples.

Values with the different capital and small letter in each column and row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2 Antioxidant activities (% Inhibition) of ungerminated and germinated some rice cultivars

Germination Time (h)	Varieties		
	Nil-Surin	Riceberry	Tubtim Chumphae
0	42.40±1.84 ^{Cb}	45.45±0.97 ^{Da}	41.41±0.73 ^{Db}
24	74.80±1.12 ^{Aa}	57.18±0.26 ^{Cc}	60.46±0.26 ^{Cb}
48	70.22±0.52 ^{Bb}	79.54±0.18 ^{Aa}	68.54±0.52 ^{Ac}
72	70.60±0.95 ^{Bb}	76.31±0.16 ^{Ba}	62.63±0.25 ^{Bc}

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples.

Values with the different capital and small letter in each column and row are significantly different ($p < 0.05$).

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณไฟโตสเตอรอล

จากผลการศึกษาสภาวะในการงอกข้าวที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่มีต่อปริมาณไฟโตสเตอรอล ผลการศึกษาพบว่าไฟโตสเตอรอลที่พบในข้าวประกอบด้วย Campesterol Stigmasterol

β -Sitosterol Δ 5-Avenasterol Δ 7-Stigmasterol และ Δ 7-Avenasterol โดยไฟโตสเตอรอลหลักที่พบในข้าว คือ Campesterol เมื่อทำการงอกเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไฟโตสเตอรอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การงอกข้าวชนิดสุรินทร์และ

ทับทิมชุมแพระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณไฟโตสเตอรอลรวมสูงสุดเท่ากับ 313.54 mg/100 g และ 310.95 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chu et al. (2020) ที่พบว่าเมื่อทำการงอกข้าวเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การสังเคราะห์สารในกลุ่มไฟโตสเตอรอลนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์กลูตาเมตทีคาร์บอกซิเลสจากการกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโนแอล-กลูตาเมตในระหว่างกระบวนการงอก (Komatsuzaki et al., 2007)

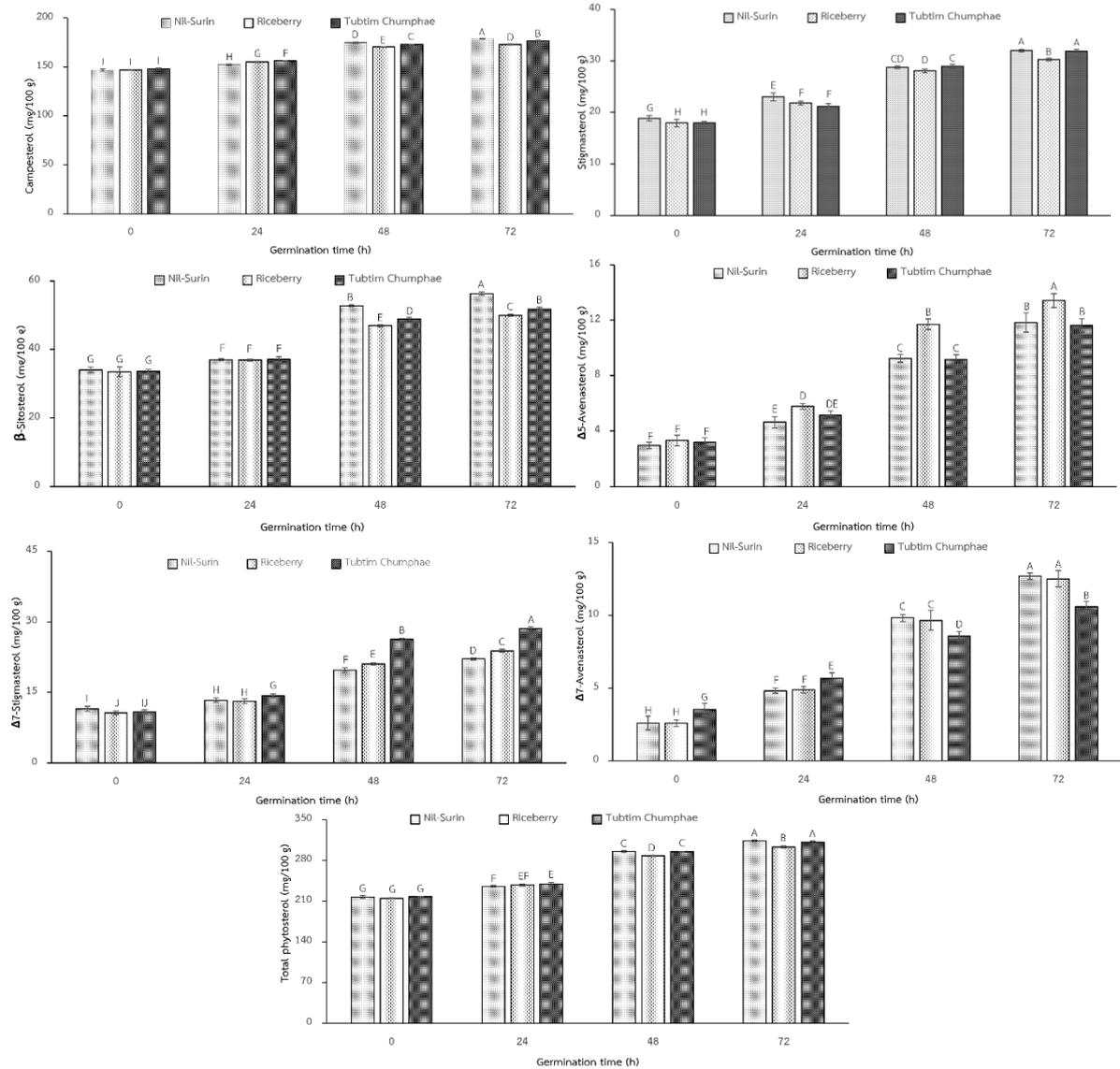


Figure 1 Phytosterol content of ungerminated and germinated some rice varieties. Different letters above the bars indicate significant differences ($p < 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของระยะเวลาในการงอกนั้นส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอล เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการงอกนานขึ้นทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอลสูงขึ้น โดยการงอกข้าวทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ

37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมง จะมีปริมาณไฟโตสเตอรอลสูงสุด ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

References

- Abootalebian, M., Keramat, J., Kadivar, M., Ahmadi, F., & Abdinian, M. (2016). Comparison of total phenolic and antioxidant activity of different *Mentha spicata* and *M. longifolia* accessions. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 175-179. doi: 10.1016/j.aoas.2016.10.002
- Choi, I. D., Kim, D. S., Son, J. R., Yang, C. I., Chun, J. Y., & Kim, K. J. (2006). Physicochemical properties of giant embryo brown rice (Keunnunbyeon). *Journal of Applied Biological Chemistry*, 49(3), 95-100.
- Chu, C., Du, Y., Yu, X., Shi, J., Yuan, X., Lui, X., Lui, Y., Zhang, H., Zhang, Z., & Yan, N. (2020). Dynamics of antioxidant activities, metabolites, phenolic acids, flavonoids, and phenolic biosynthetic genes in germinating Chinese wild rice (*Zizania latifolia*). *Food Chemistry*, 318, 126483. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126483
- Hu, X., Fang, C., Zhang, W., Lu, L., Guo, Z. Li, S., & Chen, M. (2023). Change in volatiles, soluble sugars and fatty acids of glutinous rice, japonica rice and indica rice during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 174, 114416. doi:10.1016/j.lwt.2022.114416
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., & Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 556-560. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.10.036
- Kumar, D., Das, P. K., & Sarmah, B. K. (2018). Reference gene validation for normalization of RT-qPCR assay associated with germination and survival of rice under hypoxic condition. *Journal of Applied Genetic*, 59(4), 419-430. doi: 10.1007/s13353-018-0466-1
- Lin, Y. T., Pao, C. C., Wu, S. T., & Chang, C. Y. (2015). Effect of different germination conditions on antioxidative properties and bioactive compounds of germinated brown rice. *BioMed Research International*, 608761. doi: 10.1155/2015/608761
- Matin, M. N., & Kang, S. G. (2010). Morphological characteristics of the rice (*Oryza sativa* L.) with red pigmentation. *Journal of Life Science*, 20(1), 22-26.
- Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(Suppl.3), 312S-319S. doi: 10.1080/07315724.2000.10718966
- Mokbel, M. S., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv.Cavendish) fruits peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125-131. doi: 10.3844/ajbbsp.2005.125.131
- Office of Agricultural Economics. (2023). *Agricultural economic information by product in 2020*. Bangkok: Ministry of agriculture and cooperatives. (in Thai)
- Office of the Royal Development Projects Board (ORDPB). (2017). *Knowledge of rice: rice of sufficient people*. Bangkok: ORDPB. (in Thai)
- Oli, P., Ward, R., Adhikari, B., & Torley, P. (2014). Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *Journal of Food Engineering*, 124, 173-183. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.010
- Patil, S. B., & Khan, M. K. (2011). Germinated brown rice as a value added rice product: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 661-667. doi: 10.1007/s13197-011-0232-4
- Thammapat, P., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2016). Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, γ -oryzanol and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*, 194(21), 230-236. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.014
- Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germination brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4808-4813. doi: 10.1021/jf049446f
- Trachoo, N., Boudreaux, C., Moongngarm, A., Samappito, S., & Gaensakoo, R. (2006). Effect of germinated rough rice media on growth of selected probiotic bacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(14), 2657-2661. doi: 10.3923/pjbs.2006.2657.2661
- Ukpong, E. S., Onyeka, E. U., & Oladeji, B. S. (2023). Bioactive compounds, nutrients and pasting properties of parboiled milled rice, brown rice and germinated brown rice of selected cultivars and the effects of germination durations. *Food Chemistry Advances*, 2, 100234. doi: 10.1016/j.focha.2023.100234
- Vongsudin, W., Ratthanatham, P., Laohakunjit, N., & Kerdchoechuen, O. (2012). Change of bioactive compounds in germinated rice. *Journal of Agricultural Science*, 43(Suppl. 2), 553-556. (in Thai)
- Weng, X., Sun, M., Gao, H., Liu, Z., Huang, J., Liao, X., & Shen, G. X. (2019). Germinated brown rice, a whole grain with health benefits for common chronic diseases. *Nutrition and Food Science Journal*, 2(1), 01-017.
- Yang, F., Basu, T. K., & Oraikul, B. (2001). Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(4), 319-330. doi: 10.1080/09637480120057567

Research article

Effects of germination time on total phenolic content, antioxidant activity and phytosterol of some Thai rice cultivars

Weerachart Nantawetcht Sumran Pimratch and Pornpisanu Thammapat*

Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, Province 44000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 23 August 2023

Revised: 29 September 2023

Accepted: 31 October 2023

Online published: 15 November 2023

Keyword

Time

Bioactive compound

Germination

Brown rice

ABSTRACT

Rice contains husk, endosperm, and bran layers, which contain a variety of nutritional and biofunctional components. Germination is one of the techniques used to improve the texture and nutritional qualities of rice. Germinated brown rice was produced from the Nil-Surin, Riceberry, and Tubtim Chumphae cultivars by dehusking the paddy grains and germinating them at 37°C for 0, 24, 48, and 72 hours. Total phenolic content, antioxidant activities, and phytosterol were analyzed and compared to that of non-germinated brown rice. The results showed that the total phenolic content, antioxidant activity, and phytosterol of the Nil-Surin, Riceberry, and Tubtim Chumphae rice exhibited an increasing trend as the germination time increased. Germination at 37°C for 72 hours provided the highest phytosterol content among the germination treatments tested ($p < 0.05$). However, the amount of total phenolic content and antioxidant activity was found to be the highest at 37°C for 48 hours of germination ($p < 0.05$).

*Corresponding author

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

Online print: 15 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.32>



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

บทความวิจัย

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา ศรัณย์ รักษาพรหมณ์* ณิชพล ราชูภิมนต์ นฤมล อัครเวศมณี นิศา มาชู สบาย ต้นไทย และ อวิกา ศิริรัตนากร

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 7 กรกฎาคม 2566

แก้ไข: 6 กันยายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 10 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 27 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ

แพลงก์ตอนพืช

ความหลากหลาย

คลองหอยโข่ง

สงขลา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา เก็บตัวอย่างทุกเดือน ในช่วงเดือนสิงหาคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และเดือนมกราคม-เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 3 สถานี ในการศึกษาครั้งนี้พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 63 สกุล ประกอบด้วย ดิวิชัน Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta และ Euglenophyta โดยพบ ดิวิชัน Chlorophyta มากที่สุด จำนวน 29 สกุล คิดเป็น 46.03 % ของจำนวนสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมด % ความถี่ของแพลงก์ตอนพืชที่พบมากที่สุด 100 % มี 25 สกุล ส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Chlorophyta และ Bacillariophyta องค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนทั้งหมดแบ่งตามการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานในระดับของดิวิชันที่พบมากที่สุด คือ Bacillariophyta (43.15 %) และแบ่งตามการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานในระดับของสกุลที่พบมากที่สุด คือ *Navicula* spp. (20.59 %) ดัชนีความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืช ในสถานีที่ 2 มีค่ามากที่สุด (2.55) ดัชนีความหลากหลายชนิดพบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.88 โดยแพลงก์ตอนพืชที่พบได้บ่อยในทุกสถานี และมีความหนาแน่นมาก ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ได้แก่ *Fragilaria* spp. (กลุ่มไดอะตอม) *Oscillatoria* spp. (กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) และ *Trachelomonas* spp. (กลุ่มยูกลีนา) คุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช คือ ความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งมีค่าสัมพันธ์เท่ากับ 0.361 ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ชุมชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของแหล่งน้ำและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ส่งผลให้มีการร่วมมือกันในการจัดทำแผนการเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บทนำ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จัดโครงการพัฒนาชุมชนต้นแบบตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา เรื่องการทำเกษตรผสมผสาน ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 นั้น ซึ่งมีการจัดกิจกรรมอนุรักษ์คลองทอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นในด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยให้ชุมชนในท้องถิ่นได้ตระหนักและทราบถึงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสามารถนำผลข้อมูลที่ได้ วางแผนพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ ดังนั้นการสำรวจแพลงก์ตอนพืชในคลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา จึงเป็นการสร้างฐานข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญให้กับชุมชนและท้องถิ่น เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการการอนุรักษ์แหล่งน้ำ และทรัพยากร เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารให้กับแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำวัยอ่อน และแพลงก์ตอนพืชยังเป็นผู้ผลิตออกซิเจน (Paibulkichakul et al., 2015) และมีบทบาทที่สำคัญในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบนิเวศทางน้ำ (Hassan et al., 2023) ซึ่งกล่าวได้ว่าแพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศ (Primary productivity) โดยผลิตสารอินทรีย์ด้วยการสังเคราะห์แสง แพลงก์ตอนพืช

เป็นต้นกำเนิดของห่วงโซ่อาหาร และถูกถ่ายทอดพลังงานไปสู่ผู้บริโภคในสายใยอาหารขั้นต่อไป (Fenchel, 1988) ดังนั้นการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในประเด็นของทั้งสกุลของแพลงก์ตอนพืช ความหนาแน่น และดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพจึงมีความสำคัญ และสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและระบบนิเวศ เพื่อนำผลข้อมูลที่ได้วางแผนพัฒนาชุมชนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวางแผนการวิจัย

กำหนดสถานีสำรวจในคลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา ดังแสดงใน Figure 1 แบ่งเป็น 3 สถานี ได้แก่ สถานีต้นน้ำ (สถานีที่ 1) สถานีกลางน้ำ (สถานีที่ 2) และสถานีปลายน้ำ (สถานีที่ 3) รวมระยะทาง 2.5 กิโลเมตร ระยะเวลาดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลในเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งสถานีที่ 1 เป็นบริเวณที่จะวางแผนการเลี้ยงสัตว์น้ำในอนาคต สถานีที่ 2 เป็นบริเวณที่ทำการเกษตรทั้งสวนยางพาราและปลูกผัก และสถานีที่ 3 เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง

*Corresponding author

E-mail address: saran.ra@skru.ac.th (S. Rucksapram)

Online print: 27 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.33>

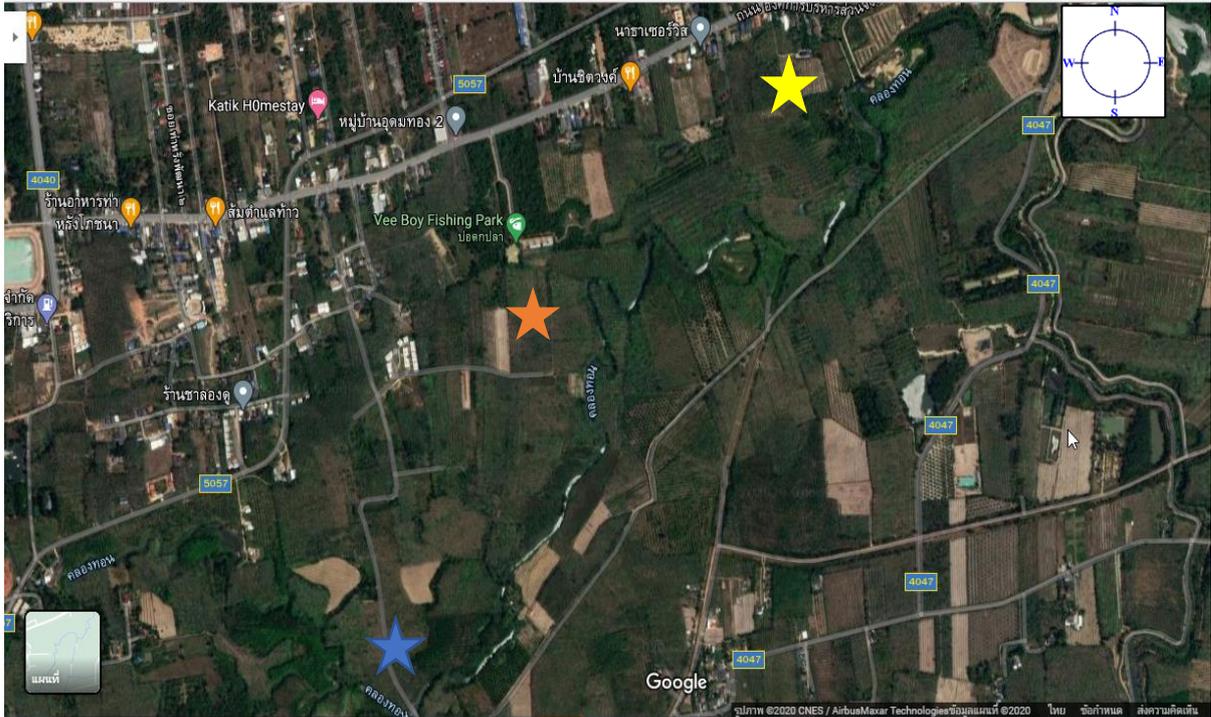


Figure 1 The sampling station at Thon Canal, Thung Lan Subdistrict, Khlong Hoi Khong District, Songkhla Province

- ★ = The upstream station (Station 1; 6°54'55.39"N 100°25'32.57"E)
- ★ = The midstream station (Station 2; 6°55'25.26"N 100°25'26.93"E)
- ★ = The downstream station (Station 3; 6°55'41.68"N 100°26'03.46"E)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำรวจชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยการสุ่มตัวอย่างซึ่งใช้ถังน้ำขนาด 10 ลิตร ตักน้ำบริเวณผิวน้ำที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร จากผิวน้ำ จากนั้นกรองน้ำปริมาตร 20 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton net) ขนาดตา (Mesh size) 25 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว โดยรวบรวมไว้ในขวดรวบรวมตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช (bucket) ที่กั้นถุงกรองแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสามารถรวบรวมปริมาตรน้ำได้ 90 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดวาล์วปล่อยน้ำใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง เก็บรักษาด้วยฟอร์มาลิน 4 % จัดบันทึกสถานที่สำรวจเก็บตัวอย่าง และวันที่เก็บตัวอย่าง บนขวดเก็บตัวอย่าง ตรวจนับและคำนวณความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการโดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgwick - Rafter Counting chamber) ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร ซึ่งสุ่มนับในแต่ละสถานีสำรวจๆ ละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูล และนำไปจำแนกตามคู่มือการจำแนกและจัดลำดับอนุกรมวิธานตามวิธีการของ Wongrat (1999) และตรวจวัดคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ความลึก ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า สารแขวนลอย แอมโมเนีย และไนโตรเจน (Coastal Aquaculture Department of Fisheries, 2008) เครื่องมือที่ใช้ คือ แผ่น Secchi Disc และเครื่องวัดคุณภาพน้ำพารามิเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. % ของโอกาสการพบชนิดแพลงก์ตอน (Frequency of occurrence) (ดัดแปลงจาก Keawkhiew et al., 2013)

$$F \% = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พบแพลงก์ตอนชนิดนั้นในการสุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่าง}} \times 100$$

2. องค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืช (Percentage species composition; E-value) (ดัดแปลงจาก Swingle, 1950)

$$E\text{-value} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่พบ} \times 100}{\text{จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด}}$$

3. ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species Diversity Index) ใช้ในการคำนวณ Shannon-Weiner Diversity Index ตามวิธีของ Washington (1984)

$$H = - \sum p_i \ln(p_i)$$

โดยที่ p_i คือ สัดส่วนของจำนวนสิ่งมีชีวิตที่ i ต่อจำนวนทั้งหมดในตัวอย่าง

4. ดัชนีความเท่าเทียม (Evenness index) เป็นค่าที่บ่งบอกการแพร่กระจายของชนิดแพลงก์ตอนพืชของแต่ละเดือนสำรวจ ถ้ามีค่าสูง แสดงว่าเดือนสำรวจนั้นมีชนิดแพลงก์ตอนพืชที่มีจำนวนใกล้เคียง และมีการกระจายตัวที่เหมือนกัน ตามวิธีการของ Pielou's index (Clarke & Warwick, 1994)

$$E = \frac{H}{\ln S}$$

โดยที่ H คือ ดัชนีความหลากหลาย
 S คือ จำนวนชนิดที่พบในเดือนสำรวจนั้น ๆ

5. ดัชนีความมากชนิด (Richness index) เป็นค่าที่บ่งชี้ความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืชแต่ละเดือนสำรวจ หากมีค่ามาก แสดงว่ามีความหลากหลายชนิดมากกว่า คำนวณตามวิธีการของ Margalef index (Clarke & Warwick, 1994)

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

โดยที่ S คือ จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบ
 n คือ จำนวนตัวทั้งหมดที่พบ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยคุณภาพน้ำ ปริมาณแพลงก์ตอนทั้งหมด ดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพ ด้วยวิธี ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ ปริมาณแพลงก์ตอน และดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพ โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจแพลงก์ตอนพืชในคลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา พบแพลงก์ตอนพืชทั้งสิ้น 6 ตรีวิชน 63 สกุล ประกอบด้วยตรีวิชน Cyanophyta (กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) 7 สกุล ตรีวิชน Chlorophyta (กลุ่มสาหร่ายสีเขียว) 29 สกุล ตรีวิชน Bacillariophyta (กลุ่มไดอะตอม) 15 สกุล ตรีวิชน Pyrrophyta (กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต) 2 สกุล ตรีวิชน Chrysophyta (กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง) 5 สกุล และตรีวิชน Euglenophyta (กลุ่มยูกลีนา) 5 สกุล โดยพบตรีวิชน Chlorophyta มากที่สุด จำนวน 29 สกุล คิดเป็น 46.03 % ของจำนวนสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช ในโครงการแก้มลิงบึงบ้านขอมอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.จันทบุรี ที่พบกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมากที่สุด คิดเป็น 51.61 % (Lommetta et al., 2020) ซึ่งเป็นไปได้ว่ากลุ่มสาหร่ายสีเขียวมักเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบได้ทุกเดือนและทุกสถานที่ทำการสำรวจตลอดการศึกษามี 25 สกุล (% ความถี่ของแพลงก์ตอนพืชที่พบเท่ากับ 100 %) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในตรีวิชน Chlorophyta และ Bacillariophyta ดังแสดงใน Table 1 แพลงก์ตอนพืชที่สำรวจในครั้งนี้มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยต่อครั้งที่เก็บตัวอย่างเท่ากับ 4.87×10^3 เซลล์/ลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Paibulkichakul et al. (2015) จากการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชบริเวณบ้านบางสระแก้ว อ.แหลมสิงห์ จ.จันทบุรี ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 7.15×10^3 เซลล์/ลิตร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดแบ่งตามการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานในระดับของตรีวิชนที่พบมากที่สุดคือ Bacillariophyta ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.15 % (Figure 2) และแบ่งตามการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานในระดับของสกุลที่พบมากที่สุดคือ *Navicula* spp. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.59 % (Figure 3) ซึ่งเป็นกลุ่มไดอะตอมที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Paibulkichakul et al. (2015) ที่พบกลุ่มไดอะตอมมากที่สุดเช่นกัน

เมื่อพิจารณาดัชนีบ่งชี้ในแต่ละสถานที่สำรวจ พบว่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ในสถานที่ที่ 2 มีมากกว่าสถานที่ที่ 1 ($P > 0.05$) และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.25-2.55 (มีค่าความหลากหลายปานกลาง) และดัชนีความเท่าเทียม ในสถานที่ที่ 1 และ 2 มีค่ามากกว่าสถานที่ที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.62-0.72 ซึ่งอาจเกิดจากสถานที่ที่ 3 เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงปลานิลในกระชัง ส่งผลให้มีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์และดัชนีความเท่าเทียมต่ำกว่าสถานที่อื่น ๆ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชสามารถเป็นอาหารให้กับปลานิลได้ ในขณะที่

ดัชนีความมากชนิดในแต่ละสถานที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.53-4.77 (Figure 4) เมื่อพิจารณาดัชนีบ่งชี้ในแต่ละเดือนที่สำรวจ พบว่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.12- 2.69) และดัชนีความเท่าเทียม (มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.62-0.75) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และดัชนีความมากชนิดพบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (Figure 5) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.88 โดยแพลงก์ตอนพืชที่พบได้บ่อยในทุกสถานที่ และมีความหนาแน่นมาก ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ได้แก่ *Fragilaria* spp. (กลุ่มไดอะตอม) *Oscillatoria* spp. (กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) และ *Trachelomonas* spp. (กลุ่มยูกลีนา) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Paibulkichakul et al. (2015) ที่พบว่าในเดือนสิงหาคมพบปริมาณแพลงก์ตอนมากกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงต้นฤดูฝน อาจเกิดจากธาตุอาหารจากบ้านเรือนชุมชน กิจกรรมทางการเกษตร และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำถูกชะล้างด้วยฝน จากนั้นไหลลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม มีปริมาณแพลงก์ตอนน้อย เนื่องจากมีฝนตกชุก และเกิดอุทกภัยทางน้ำในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 อีกด้วย Hynes (1971) กล่าวว่า ในระบบนิเวศน้ำไหลส่วนใหญ่มักพบกลุ่มไดอะตอม สอดคล้องกับการทดลองนี้ที่พบ *Fragilaria* spp. เป็นสกุลเด่นในคลองทอนซึ่งเป็นระบบนิเวศน้ำไหลเช่นกัน ซึ่งในการทดลองนี้พบ *Trachelomonas* spp. และ *Oscillatoria* spp. เป็นสกุลเด่น ซึ่งเป็นไปได้ว่าในคลองทอนมีสารอินทรีย์สูง และพบว่าคุณภาพน้ำของคลองทอนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 (Table 2) เมื่อประเมินคุณภาพน้ำร่วมกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบ สามารถจัดได้ว่าคลองทอนเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลาง

เมื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำกับดัชนีความมากชนิดของแพลงก์ตอนพืช พบว่าสารแขวนลอยทั้งหมดมีอิทธิพลในระดับต่ำต่อดัชนีความมากชนิดของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.351 แสดงว่าสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ดัชนีความมากชนิดของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นด้วย และนอกจากนั้น พบว่า pH มีอิทธิพลในระดับต่ำต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.361 แสดงว่า pH ในน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นด้วย (Table 3) ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Moonsin et al. (2018) รายงานว่า *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความลึกที่แสงส่องถึง pH, DO, BOD₅ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นด่าง ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ฟิโคลแบคทีเรีย และปริมาณไนเตรต

Table 1 List of phytoplankton species surveyed in Thon Canal at Thung Lan Subdistrict, Khlong Hoi Khong District, Songkhla Province

List of species	Station			2020					2021						F %	
	1	2	3	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun		Jul
Cyanophyta																
1. <i>Oscillatoria</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
2. <i>Microcystis</i> spp.	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	86.67
3. <i>Anabaena</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	93.33
4. <i>Merimopedia</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	60.00
5. <i>Chroococcus</i> spp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	33.33
6. <i>Spirulina</i> spp.	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	66.67
7. <i>Nostoc</i> spp.	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	80.00
Chlorophyta																
8. <i>Pandorina</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
9. <i>Eudorina</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
10. <i>Pleodorina</i> spp.	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	73.33
11. <i>Volvox</i> spp.	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	66.67
12. <i>Pediastrum</i> spp.	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	86.67
13. <i>Botryococcus</i> spp.	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	60.00
14. <i>Planktosphaeria</i> spp.	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	80.00
15. <i>Dictyosphaerium</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	46.67
16. <i>Crucigenia</i> spp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	13.33
17. <i>Oocystis</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
18. <i>Ankistrodesmus</i> spp.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	86.67
19. <i>Scenedesmus</i> spp.	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	80.00
20. <i>Oedogonium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
21. <i>Spirogyra</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
22. <i>Zygnema</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	46.67
23. <i>Closterium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
24. <i>Cosmarium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
25. <i>Kirchneriella</i> spp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	20.00
26. <i>Euastrum</i> spp.	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	73.33
27. <i>Arthrodesmus</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	53.33
28. <i>Plurotaenium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
29. <i>Microsterias</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	93.33
30. <i>Staurastrum</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
31. <i>Coelastrum</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	53.33
32. <i>Hyalotheca</i> spp.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	40.00
33. <i>Xanthidium</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	46.67
34. <i>Mougeotia</i> spp.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	86.67
35. <i>Desmidiium</i> spp.	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00
36. <i>Spondylosium</i> spp.	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	26.67
Bacillariophyta																
37. <i>Gyrosigma</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
38. <i>Fragilaria</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
39. <i>Licmophora</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
40. <i>Navicula</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
41. <i>Amphora</i> spp.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	26.67
42. <i>Surirella</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
43. <i>Epithemia</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	86.67
44. <i>Cyclotella</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
45. <i>Bacillaria</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
46. <i>Melosira</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	33.33
47. <i>Pinnularia</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
48. <i>Synedra</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	66.67
49. <i>Cymbella</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
50. <i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	86.67
51. <i>Nitzschia</i> spp.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93.33
Pyrrophyta																
52. <i>Peridinium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
53. <i>Ceratium</i> spp.	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	73.33

Table 1 Continued List of phytoplankton species surveyed in Thon Canal at Thung Lan Subdistrict, Khlong Hoi Khong District, Songkhla Province

List of species	Station			2020					2021						F %	
	1	2	3	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun		Jul
Chrysophyta																
54. <i>Synura</i> spp.	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	60.00
55. <i>Mallomonas</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
56. <i>Dinobryon</i> spp.	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	73.33
57. <i>Tribonema</i> spp.	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	53.33
58. <i>Centritractus</i> spp.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	46.67
Euglenophyta																
59. <i>Trachelomonas</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
60. <i>Phacus</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
61. <i>Euglena</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
62. <i>Strombomonas</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100.00
63. <i>Colacium</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	80.00

- = not found, + = found.

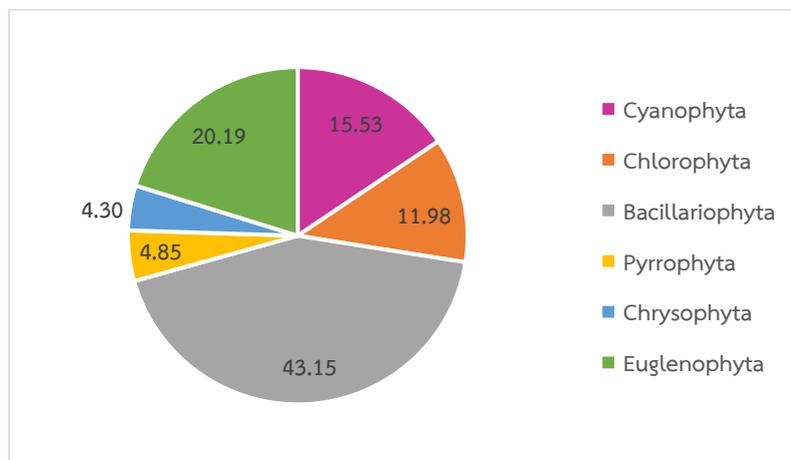


Figure 2 E-value of phytoplankton, divided by taxonomic classification at the level of divisions. The number shows the proportion as a percentage

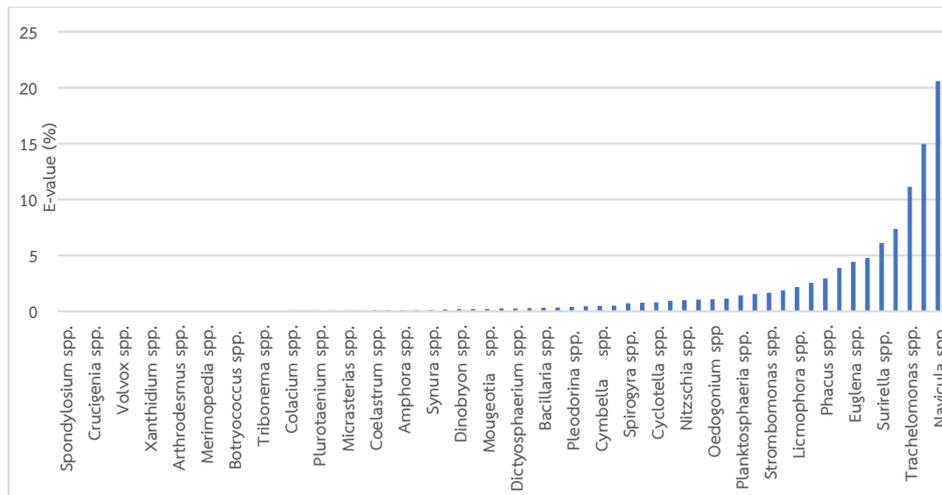


Figure 3 E-value of phytoplankton, divided by taxonomic classification at the level of genus. The number shows the proportion as a percentage

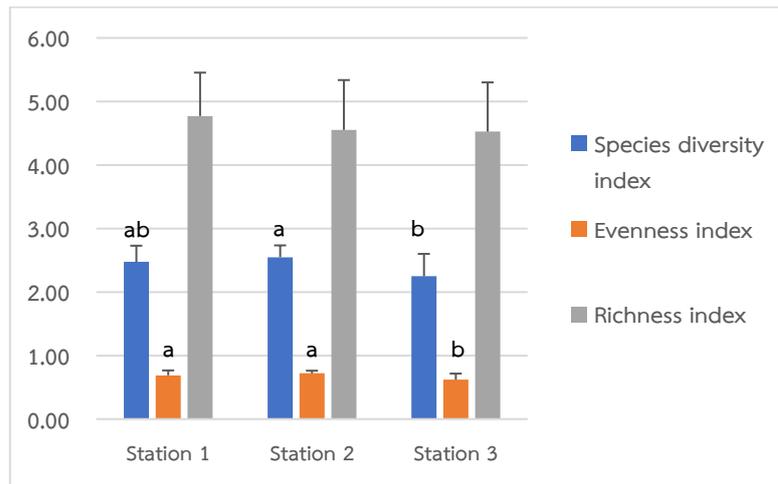


Figure 4 Species diversity index, Evenness index and Richness index of phytoplankton at each station. Different letters indicate statistically significant difference ($p < 0.05$).

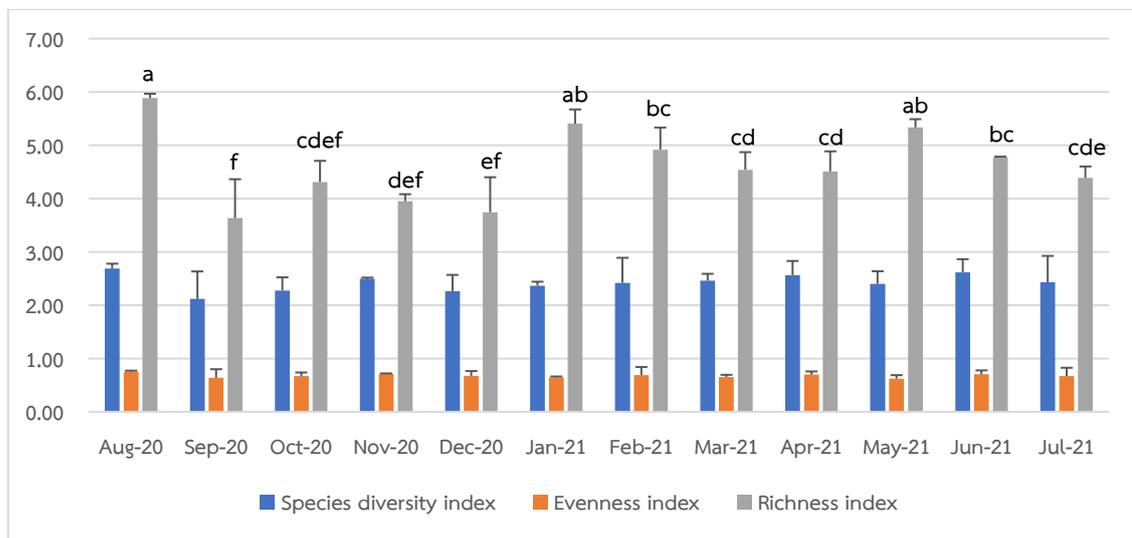


Figure 5 Species diversity index, Evenness index and Richness index of phytoplankton at each month. Different letters indicate statistically significant difference ($p < 0.05$).

Table 2 Different parameters of water quality in each station and in each month

Station/ Month	Parameters									
	Water temperature (C°)	Depth (m)	Water transparency (cm)	TSS (mg-SS/L)	pH	EC (µs/cm)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	TAN (mg-N/L)	NO ₂ (mg-N/L)
Station 1	28.22±0.86 ^y	2.03±0.52 ^y	48.17±14.19 ^y	14.51±4.72 ^z	6.88±0.22 ^y	91.71±4.41 ^y	6.19±0.54 ^y	1.41±0.70 ^y	0.046±0.051 ^y	0.008±0.006 ^y
Station 2	28.48±1.13 ^y	1.40±0.48 ^z	47.33±13.03 ^y	25.02±19.02 ^y	6.86±0.27 ^y	91.86±4.68 ^y	5.99±0.57 ^y	1.38±0.65 ^y	0.035±0.030 ^y	0.003±0.003 ^z
Station 3	28.14±0.97 ^y	1.26±0.36 ^z	47.33±13.03 ^y	16.00±5.54 ^{yz}	6.81±0.25 ^y	92.60±5.99 ^y	6.08±0.60 ^y	1.23±0.61 ^y	0.034±0.025 ^y	0.003±0.004 ^z
Aug-20	28.00±0.36 ^c	2.40±0.61 ^a	20.0±0 ^e	25.70±5.26 ^b	6.47±0.20 ^j	89.50±7.76 ^d	5.39±0.50 ^{cd}	1.61±0.61 ^{cd}	0.020±0.016 ^{bcd}	0.011±0.004 ^a
Sep-20	29.10±0.44 ^a	1.60±0.40 ^{bcd}	50.0±0 ^b	9.25±4.09 ^c	6.72±0.27 ^{fs}	89.81±0.29 ^d	4.82±0.90 ^d	2.43±0.77 ^a	0.017±0.008 ^{cd}	0.008±0.0004 ^{ab}
Oct-20	28.80±0.32 ^{ab}	1.60±0.60 ^{bcd}	56.0±3.16 ^a	18.10±14.59 ^{bc}	6.84±0.09 ^{de}	98.68±0.71 ^a	5.75±1.60 ^{bc}	0.63±0.33 ^f	0.011±0.015 ^{cd}	0.003±0.005 ^{bc}
Nov-20	27.55±0.40 ^d	1.55±0.60 ^{bcd}	50.0±0 ^b	40.04±29.73 ^a	6.56±0.04 ^{hi}	94.16±1.63 ^{bc}	5.90±0.40 ^{abc}	0.67±0.21 ^f	0 ^d	0 ^c
Dec-20	27.29±0.35 ^d	1.70±0.16 ^{bc}	23.0±0 ^d	15.89±1.92 ^{bc}	6.64±0.07 ^{gh}	80.36±1.49 ^e	6.34±0.24 ^{ab}	0.98±0.99 ^{ef}	0.039±0.044 ^a	0.006±0.006 ^{abc}
Jan-21	26.42±0.35 ^e	1.70±0.16 ^{bc}	50.0±0 ^c	15.15±5.01 ^{bc}	6.75±0.03 ^{ef}	90.35±0.81 ^d	6.53±0.33 ^a	1.35±0.54 ^{de}	0.046±0.031 ^b	0.004±0.003 ^{abc}
Feb-21	28.16±0.42 ^c	1.92±0.19 ^b	53.0±4.83 ^b	16.00±9.82 ^{bc}	6.87±0.05 ^d	96.41±4.66 ^{ab}	5.72±0.44 ^{bc}	1.88±0.17 ^{bc}	0.024±0.025 ^{bcd}	0.003±0.002 ^{bc}
Mar-21	29.12±0.45 ^a	1.38±0.52 ^{cde}	51.0±3.16 ^c	12.85±3.37 ^c	7.12±0.08 ^{ab}	97.09±3.52 ^{ab}	5.49±0.69 ^c	2.21±0.36 ^{ab}	0.002±0.001 ^d	0.008±0.018 ^{ab}
Apr-21	28.87±0.29 ^{ab}	1.20±0.26 ^{de}	50.0±0 ^c	16.60±1.79 ^{bc}	6.98±0.11 ^c	91.93±2.97 ^{cd}	6.39±0.36 ^{ab}	0.94±0.11 ^{ef}	0.096±0.056 ^a	0.005±0.003 ^{abc}
May-21	28.75±0.33 ^{ab}	1.05±0.16 ^e	50.0±0 ^c	17.10±2.12 ^{bc}	6.99±0.07 ^c	91.21±1.38 ^d	6.50±0.29 ^a	0.89±0.40 ^{ef}	0.073±0.011 ^a	0.003±0.003 ^{abc}
Jun-21	28.49±0.17 ^{bc}	1.50±0.71 ^{bcd}	50.0±0 ^c	19.05±13.84 ^{bc}	7.01±0.04 ^{bc}	89.23±0.29 ^d	6.57±0.40 ^a	1.01±0.09 ^{ef}	0.038±0.008 ^{bc}	0.003±0.002 ^{bc}
Jul-21	28.50±1.46 ^{bc}	1.38±0.49 ^{cde}	50.0±0 ^c	16.40±8.78 ^{bc}	7.14±0.10 ^a	95.01±1.32 ^b	5.99±0.64 ^{abc}	1.29±0.69 ^{de}	0.088±0.069 ^a	0.004±0.005 ^{abc}

Note: TSS = Total Suspended Solids, pH = positive potential of the hydrogen ions, EC = Electrical Conductivity, DO = Dissolved oxygen, BOD = Biological Oxygen Demand, TAN = Total ammonia nitrogen and NO₂ = Nitrite, The statistical analysis of each column using letters a-i shows the statistical differences of the parameters for each month and y-z letters represented statistical differences of parameters in each station ($p < 0.05$).

Table 3 Pearson correlation coefficient

		Parameters									
		T	D	Tr	TSS	pH	EC	DO	BOD	TAN	NO ₂
H	Pearson Correlation	0.117	0.202	-0.123	0.141	0.060	0.019	0.235	-0.246	0.149	0.014
	P-value	0.495	0.238	0.476	0.411	0.727	0.914	0.168	0.148	0.386	0.936
E	Pearson Correlation	0.060	0.300	-0.160	0.094	-0.042	-0.014	0.023	-0.131	0.100	-0.045
	P-value	0.730	0.075	0.353	0.584	0.809	0.935	0.895	0.445	0.561	0.794
R	Pearson Correlation	-0.173	0.071	-0.110	0.351*	-0.100	-0.028	0.319	-0.207	-0.098	0.102
	P-value	0.313	0.679	0.522	0.036	0.563	0.869	0.058	0.225	0.569	0.552
cell volume	Pearson Correlation	0.325	-0.096	0.114	-0.199	0.361*	0.172	-0.016	0.011	0.020	0.091
	P-value	0.053	0.576	0.510	0.245	0.031	0.316	0.924	0.951	0.910	0.598

Note: * show that there is a relationship, H = Species diversity index, E = Evenness index, R = Richness index, T = Water temperature, D = Depth, Tr = Water transparency, TSS = Total Suspended Solids, pH = positive potential of the hydrogen ions, EC = Electrical Conductivity, DO = Dissolved oxygen, BOD = Biological Oxygen Demand, TAN = Total ammonia nitrogen and NO₂ = Nitrite.

สรุปผลการวิจัย

คลองทอน ตำบลทุ่งลาน อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา พบแพลงก์ตอนพืชชนิดวิชัน Chlorophyta มีจำนวนสกุลมากที่สุด พบแพลงก์ตอนพืชชนิดวิชัน Bacillariophyta สกุล *Navicula* spp. มีปริมาณมากที่สุด ในเดือนสิงหาคมช่วงต้นฤดูฝนมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด ซึ่งมีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น คือ *Fragilaria* spp. (กลุ่มไดอะตอม) *Oscillatoria* spp. (กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) และ *Trachelomonas* spp. (กลุ่มยูกลีนา) พบว่าบริเวณต้นน้ำและกลางน้ำมีปริมาณแพลงก์ตอนมากกว่าปลายน้ำ คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอนพืช คือ ความเป็นกรด-ด่าง และสารแขวนลอยในน้ำ ตามลำดับ ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ชุมชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของแหล่งน้ำและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ส่งผลให้มีการร่วมมือกันในการจัดทำแผนการเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้จัดสรรงบประมาณในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณชุมชนในตำบลทุ่งลาน อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา ที่ได้ให้การช่วยเหลือและให้ข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ และขอขอบคุณ นางสาวกาญจนา คงเพชร นางสาวสุพรรณษา กระจนิล นางสาวสุรยนา ชำนาญรักษ์ นางสาวอินทุพร พิพัฒนานนท์ นางสาวจุฬาลักษณ์ เกื้อสุวรรณ นางสาวโชติพิย หวาทาบ นายราเชนร์ พันธุ์ฤกษ์ และนายธีระวัฒน์ ชายหอมรส ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ

References

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1994). *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (1st ed.). Plymouth, United Kingdom: Plymouth Marine Laboratory.

Coastal Aquaculture Department of Fisheries. (2008). *Methods for analyzing water quality for coastal aquaculture*. (2nd ed). Bangkok: Agricultural Co-Operative Federation of Thailand Ltd. (in Thai)

Fenchel, T. (1988). *Marine plankton food chains*. Annual Review of Ecology and Systematics, 19(1), 19-38. doi:10.1146/annurev.es.19.110188.000315

Hassan, F. M., El-Sheekh, M. M., & Wahhab, T. A. (2023). Environmental factors drive phytoplankton primary productivity in a shallow Lake. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 27(2), 1-12. doi:10.21608/EJABF.2023.288620

Hynes, H. B. N. (1971). *The ecology of running water*. Toronto, Canada: University of Toronto Press,

Keawkhiew, P., Keawtip, S., Seetakroses, P., & Montien-art, B. (2013). Biodiversity of fish in Maesaw Creek at the initiative highland agricultural development station project, Ban Santisuk, Khunkual subdistrict, Phong district, Phayao Province. *Journal of Fisheries Technology Research*, 7(2), 70-81. (in Thai)

Lommetta, K., Phaewcham, S., & Matchakuea, U. (2020). Diversity of phytoplankton in the monkey cheeks water detention project's (Bung Ban Khom) under Royal Initiative of his Majesty, Chanthaburi Province. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, 14(1), 42-51. (in Thai)

Moonsin, P., Piyawong, C, Ruksil, M., & Moonsin, R. (2018). Diversity of phytoplankton as bioindicator in Rasi Salai Dam, Si Sa Ket Province. *Journal of Fisheries Technology Research*, 12(2), 63-75. (in Thai)

Paibulkichakul, B. C., Kraisin, L., Chimphe, S., & Paibulkichakul, C. (2015). Phytoplankton diversity at Baan Bang Sa Kaow, Laem Sing District, Chanthaburi Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 43 (Suppl. 1), 568-573. (in Thai)

Swingle, H. S. (1950). *Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish population* (1st ed.). Alabama, United States. Agricultural Experiment Station of the Alabama Polytechnic Institute.

Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18(6), 653-694.

Wongrat, L. (1999). *Phytoplankton*. Bangkok: Kasatsart University, (in Thai)

Research article

Diversity of phytoplankton in Thon canal at Thung Lan subdistrict, Khlong Hoi Khong district, Songkhla Province

Sarun Rucksapram* Natthaphon Rachuphimon Naruemon Usawakesmanee Nisa Machoo Sabai Tunthai and Avika Siriratanakorn

Agricultural Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla Province, 90000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 7 July 2023

Revised: 6 September 2023

Accepted: 10 November 2023

Online published: 27 November 2023

Keyword

Phytoplankton

Diversity

Khlong Hoi Khong District

Songkhla Province

ABSTRACT

This research focused on phytoplankton diversity and water quality in Thon Canal, Thung Lan Sub-district, Khlong Hoi Khong District, Songkhla Province. Samples were collected monthly from August-December 2020 and January-July 2021, at three sampling stations. This study revealed that phytoplankton were found in six divisions, including Chlorophyta, Bacillariophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, and Euglenophyta. Among these divisions, The Chlorophyta division was the most abundant, with 29 genera, making up 46.03 % of the total number of phytoplankton genera identified. The most common phytoplankton had a frequency percentage of 100 %, consisting of 25 genera. Most of these genera were discovered within the Chlorophyta and Bacillariophyta divisions. The percentage species composition was classified according to the taxonomic hierarchy of the most common division, Bacillariophyta (43.15 %), and by the taxonomic hierarchy of the most common genus, *Navicula* spp. (20.59 %). The phytoplankton species diversity index at Station 2 was the highest, with a value of 2.55. The richness index was found to be highest in August 2020, reaching 5.88. Phytoplankton that were frequently found in all stations and had high densities, which were the dominant phytoplankton genera, included *Fragilaria* spp. (diatom group), *Oscillatoria* spp. (blue-green algae group), and *Trachelomonas* spp. (euglenoid group). The water's pH showed a correlation of 0.361 with the phytoplankton community. The findings of this study raised awareness within the community about the significance of water sources and the diversity of aquatic life within them. As a result, there was a collaborative effort to develop a plan for cultivating environmentally friendly aquatic species.

*Corresponding author

E-mail address: saran.ra@skru.ac.th (S. Rucksapram)

Online print: 27 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.33>



บทความวิจัย

ผลการเสริมรสส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเปลือกไข่

เจษฎา รัตนวุฒิ^{1*} อูมาพร แพทย์ศาสตร์¹ และ อารีรัตน์ ทศดี²

¹โครงการจัดตั้งคณะนวัตกรรมการเกษตรและประมง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

²คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 11 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 1 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 10 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 30 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ

สารเพิ่มความเป็นกรด

น้ำส้มควันไม้

กรดอินทรีย์

คุณภาพเปลือกไข่

บทคัดย่อ

ไก่ไข่ที่อายุมากจะมีคุณภาพของเปลือกไข่ลดลงและทำให้ไข่ที่แตกเสียหายเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการให้ผลผลิต ดังนั้นจึงควรหาวิธีการต่าง ๆ ในการเพิ่มคุณภาพของเปลือกไข่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเสริมรสส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเปลือกไข่ ทดลองในไก่ไข่สายพันธุ์ไฮเซก-บราวน์ อายุ 70 สัปดาห์ จำนวน 48 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ไก่ไข่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมรสส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมที่ระดับ 0.4 % ของอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเสริม ทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่น้ำหนักไข่ มวลไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ อัตราไข่ที่แตกเสียหาย และตรวจสอบคุณภาพไข่ในวันสุดท้ายของการทดลอง ผลการทดลองพบว่า การเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดทั้งสองชนิดในอาหารมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่ ($p = 0.085$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ ($p = 0.053$) ดีกว่ากลุ่มควบคุม และมีอัตราไข่ที่แตกเสียหายลดลง ($p = 0.055$) ในด้านคุณภาพไข่ พบว่า การเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดมีผลทำให้ความหนาเปลือกไข่ ($p < 0.05$) และความแข็งแรงของเปลือกไข่ ($p = 0.075$) มากกว่ากลุ่มควบคุม ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.4 % มีผลช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพของเปลือกไข่

บทนำ

ในอุตสาหกรรมเลี้ยงไก่ไข่ ผู้เลี้ยงมักจะปลดไก่ออกจากฟาร์มเมื่ออายุการให้ไข่ประมาณ 12 เดือน (อายุไข่ 72 สัปดาห์) แต่ในปัจจุบันพบว่าผู้เลี้ยงมักจะยืดเวลาการปลดไก่ออกไป ซึ่งบางครั้งอาจยาวนานจนกระทั่งแม่ไก่มีอายุ 85-90 สัปดาห์ คุณภาพเปลือกไข่เป็นปัญหาที่พบบ่อยเสมอในไก่ไข่อายุมาก เมื่อไก่อายุมากขึ้นจะมีขนาดและน้ำหนักไข่ที่เพิ่มขึ้นแต่การสะสมของแคลเซียมในเปลือกไข่ไม่ได้เพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นจึงมีผลทำให้ความหนาของเปลือกไข่ลดลง นอกจากนั้นเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียมจากลำไส้จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่อายุน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ไข่ที่แตกเสียหายจึงมีมากขึ้นในช่วงท้ายของการให้ผลผลิต (Swiatkiewicz et al., 2015) ผู้เลี้ยงไก่ไข่ได้พยายามหาวิธีต่าง ๆ ในการเพิ่มคุณภาพของเปลือกไข่ เช่น การเพิ่มระดับแคลเซียม การเสริมวิตามินดี การเสริมโพสไบโอติก การเสริมพรีไบโอติก การเสริมกรดอินทรีย์ ฯลฯ การศึกษาเกี่ยวกับผลของโภชนาตต่อคุณภาพเปลือกไข่มีมุ่งเน้นไปที่การจัดการแคลเซียมในอาหารเป็นหลัก การใช้แคลเซียมในอาหารในระดับที่เหมาะสม (3.6-3.8 %) มีผลช่วยเพิ่มคุณภาพเปลือกไข่ แต่การเพิ่มระดับแคลเซียมที่มากเกินไปไม่ได้มีผลช่วยปรับปรุง

คุณภาพเปลือกไข่ (Swiatkiewicz et al., 2010) นอกจากนั้นระดับของแคลเซียมที่มากเกินไปยังส่งผลทำให้การกินอาหารลดลงทำให้ขาดโภชนาตตัวอื่น ๆ ไปด้วย Jiang et al. (2013) ได้รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีแคลเซียมสูง (4.4 %) มีผลทำให้ความหนาของเปลือกไข่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีระดับแคลเซียม 3.7 % ดังนั้น การเพิ่มระดับแคลเซียมในอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่อาจจะไม่ใช่วิธีที่เหมาะสม แต่การส่งเสริมการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมในทางเดินอาหารอาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ผลจากการศึกษาต่าง ๆ ได้ชี้ให้เห็นว่าสารเพิ่มความเป็นกรดมีผลช่วยปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุในทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว และการเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดมีผลช่วยลด pH ในลำไส้ ซึ่งช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหารและเพิ่มการละลายของแร่ธาตุ (Swiatkiewicz et al., 2015) งานทดลองในไก่ไข่พบว่า การเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดในอาหารส่งผลต่อผลผลิตไข่และคุณภาพไข่ (Khan & Iqbal, 2016)

น้ำส้มควันไม้ (bamboo vinegar) เป็นผลผลิตที่ได้จากการเผาถ่านไม้ เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟ ประกอบด้วยสารต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด ได้แก่ กรดอินทรีย์ สารประกอบฟีนอล

*Corresponding author

E-mail address: jassada.r@psu.ac.th (J. Rattanawut)

Online print: 30 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.34>

อัลเคน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ โดยมีกรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบหลัก (Wang et al., 2018) กรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้ช่วยส่งเสริมการเจริญของ *Bifidobacterium* และ *Enterococcus* แต่ยับยั้งการเจริญของเชื้อซัลโมเนลลา (Watarai & Tana, 2005) นอกจากนี้ น้ำส้มควันไม้ยังช่วยส่งเสริมการดูดซึมของแคลเซียมในลำไส้ของหนูทดลองโดยการเพิ่มการละลายของแคลเซียม (Kishi et al., 1999) งานทดลองเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้พบว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้ในอาหารไก่ไข่มีผลทำให้การแตกเสียหายของไข่ลดลง (Rattanawut et al., 2018) สำหรับกรดอินทรีย์เป็นกรดอ่อน พบทั่วไปในธรรมชาติซึ่งเป็นส่วนประกอบของพืชและสัตว์ ส่วนใหญ่กรดอินทรีย์อยู่ในรูปของเหลว เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดฟูมาริก (fumaric acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และ กรดแลคติก (lactic acid) เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความเป็นกรด มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารของสัตว์ และช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร (Vinus & Tewatia, 2017) น้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตไก่ไข่ แต่การใช้ในไก่ไข่ที่อายุมากยังมีข้อจำกัด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารไก่ไข่เพื่อดูผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเปลือกไข่ของไก่ไข่ที่อยู่ในระยะสุดท้ายของการให้ผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาผลของการเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ ได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบของคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์: U1-04206-2559) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ไฮเซก-บราวน์ อายุ 70 สัปดาห์ จำนวน 48 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว เลี้ยงในกรงไก่ขนาด 40 ซม. × 45 ซม. × 35 ซม. (กรงละ 2 ตัว) ไก่ไข่จะได้รับอาหารทดลองซึ่งประกอบสูตรตามความต้องการโภชนาของสายพันธุ์ไฮเซก-บราวน์ (Table 1) กลุ่มการทดลองประกอบด้วย 1) กลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมสารเพิ่มความเป็นกรด 2) กลุ่มที่เสริมด้วยน้ำส้มควันไม้ในอาหารที่ระดับ 0.4 % และ 3) กลุ่มที่เสริมด้วยกรดอินทรีย์รวมในอาหารที่ระดับ 0.4 % เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ให้ได้รับอาหารแบบเต็มที่ให้น้ำด้วยระบบนิปเปิ้ล และได้รับแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ น้ำส้มควันไม้ที่ใช้ทดลองเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งได้จากการเผาถ่านไม้ มีสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ กรดอินทรีย์ สารประกอบฟีนอล คีโตน ฟอร์มาลดีไฮด์ เมธานอล (pH 2.7) กรดอินทรีย์รวมที่ใช้ในการทดลองเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งประกอบด้วย กรดฟอร์มิก โพรพิโอนิก และเกลือของกรด (pH 3.65) สารเพิ่มความเป็นกรดที่ใช้ทั้ง 2 ชนิดจะฉีดสเปรย์ลงในอาหารไก่ไข่และผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารขนาดเล็ก

การวัดสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

ทำการชั่งน้ำหนักไก่ไข่เมื่อเริ่มต้นการทดลอง (อายุไก่ 70 สัปดาห์) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (อายุไก่ 78 สัปดาห์) เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง การวัดสมรรถภาพการผลิตจะใช้

ข้อมูลเฉลี่ยของทั้ง 8 สัปดาห์ โดยมีการบันทึกผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ และอัตราไข่ที่แตกเสียหาย โดยไข่ที่แตกเสียหายประกอบด้วยไข่แตก ไข่ร้าว และไข่ที่ไม่มีเปลือก สำหรับการตรวจสอบคุณภาพไข่จะทำในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยสุ่มไข่จำนวน 8 ฟอง/กลุ่ม (ไข่ละ 2 ฟอง) นำมาตรวจสอบน้ำหนักฟองไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง สีไข่แดง และค่า Haugh unit น้ำหนักของไข่ทำการชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ความแข็งแรงของเปลือกไข่ทำการวัดด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของเปลือกไข่ น้ำหนักของเปลือกไข่ น้ำหนักไข่ขาว และน้ำหนักไข่แดงทำการชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ความหนาของเปลือกไข่ทำการวัดด้วยเวอร์เนียร์ไมโครมิเตอร์ โดยทำการวัด 3 จุด คือ ด้านปาน ตรงกลาง ด้านแหลม และนำมาหาค่าเฉลี่ย สำหรับสีของไข่แดง และค่า Haugh unit ทำการวัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ (Digital Egg Tester DET 6000, NABEL Co., Ltd, Kyoto, Japan)

ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ น้ำหนักตัว ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ อัตราไข่ที่แตกเสียหาย และคุณภาพไข่ จะนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ผลการทดลองแสดงในรูปค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย ค่า $p < 0.05$ จะพิจารณาว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า $p < 0.1$ จะถูกพิจารณาว่ามีแนวโน้ม

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของการเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ แสดงใน Table 2 ซึ่งพบว่า น้ำหนักตัว น้ำหนักไข่ มวลไข่ และปริมาณอาหารที่กินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่การเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่ ($p = 0.085$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ ($p = 0.053$) ดีกว่ากลุ่มควบคุม และมีอัตราไข่ที่แตกเสียหายลดลง ($p = 0.055$)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหารมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตไข่ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอาจมีผลมาจากสารเพิ่มความเป็นกรดช่วยลดความเป็นกรดต่าง (pH) ในทางเดินอาหาร ส่งผลให้สภาวะแวดล้อมในทางเดินอาหารเหมาะสมต่อการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ทำให้ใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้ค่า pH ในกระเพาะอาหารที่ลดลงยังเป็นการช่วยกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเปปซิน ทำให้การดูดซึมของโปรตีนและแร่ธาตุต่าง ๆ เพิ่มขึ้น Swiatkiewicz et al. (2010) รายงานว่า การเสริมกรดอินทรีย์มีผลช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหารในลำไส้และทำให้การย่อยได้ของโภชนาต่าง ๆ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้สารเพิ่มความเป็นกรดยังช่วยควบคุมสมดุลของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ลดจำนวน

แบคทีเรียก่อโรค จึงมีผลช่วยปรับปรุงสุขภาพในทางเดินอาหารของไก่ให้ดีขึ้น สิ่งเหล่านี้มีผลทำให้ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารในกลุ่มที่ใช้สารเพิ่มความเป็นกรดดีกว่ากลุ่มควบคุม Hedayati et al. (2014) รายงานว่า กรดอินทรีย์ทำหน้าที่ส่งเสริมการทำงานของลำไส้ในสัตว์ปีกโดยลดค่า pH ในลำไส้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลดการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร และมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหาร ผลของการเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมในอาหาร

ต่อคุณภาพไข่ไก่แสดงใน Table 3 จากการตรวจคุณภาพไข่ พบว่าการเสริมน้ำส้มควันไม้และกรดอินทรีย์รวมไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว สีไข่แดง และค่า Haugh unit ($p > 0.05$) แต่พบว่าความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ใช้สารเพิ่มความเป็นกรด ($p < 0.05$) ในขณะที่ความแข็งแรงของเปลือกไข่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p = 0.075$) ในกลุ่มที่เสริมสารเพิ่มความเป็นกรดทั้ง 2 ชนิด

Table 1 Feed formulation and chemical composition of the basal diet

Item	Amount (%)
Ingredient	
Corn	56.94
Soybean meal (44 % CP)	22.48
Rice bran	4.00
Fish meal (55 % CP)	3.00
Oyster shell	8.30
Dicalcium phosphate (18 % P)	2.00
Plant oil	2.55
DL-Methionine	0.13
Salt	0.30
Vitamin and mineral premixes	0.30
Calculated analysis	
Crude protein	16.5
Metabolizable energy (kcal/kg)	2800
Crude fiber	3.43
Crude fat	5.69
Calcium	4.08
Available phosphorus	0.45
Lysine	0.88
Methionine	0.42

Table 2 Production performance of laying hens fed diet supplemented with bamboo vinegar and mixed organic acids during 70-78 weeks of age

Parameters	Treatment			SEM	P-value
	Control	Bamboo vinegar 0.4 %	Mixed organic acids 0.4 %		
Initial body weight (g)	1732.50	1727.50	1723.80	2.34	0.340
Final body weight (g)	1763.80	1753.80	1746.20	3.91	0.195
Body weight change (g)	31.30	26.30	22.40	4.32	0.748
Egg production (%)	78.50	80.60	79.37	0.40	0.085
Egg weight (g)	63.17	63.15	63.22	0.21	0.990
Egg mass (g)	49.58	50.89	50.17	0.30	0.222
Feed intake (g/hen/day)	115.50	113.50	112.50	0.65	0.179
Feed conversion ratio (g of feed consumed/g of egg mass)	2.32	2.23	2.24	0.02	0.053
Damaged egg rate	2.02	1.82	1.85	0.03	0.055

Table 3 Egg quality traits of laying hens fed diet supplemented with bamboo vinegar and mixed organic acids at 78 weeks of age

Parameters	Treatment			SEM	P-value
	Control	Bamboo vinegar 0.4 %	Mixed organic acids 0.4 %		
Whole egg weight (g)	63.22	63.40	63.30	0.16	0.928
Shell weight (g)	6.90	6.85	6.92	0.04	0.831
Shell thickness (mm)	0.374 ^b	0.381 ^a	0.384 ^a	0.001	0.037
Eggshell strength (kg/cm ²)	3.61	3.75	3.80	0.03	0.075
Yolk weight (g)	16.12	16.22	16.15	0.02	0.360
Albumen weight (g)	40.20	40.32	40.22	0.16	0.950
Yolk color score	8.65	8.75	8.55	0.04	0.261
Haugh unit	82.17	81.82	83.12	0.29	0.192

^{a,b} Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเสริมน้ำส้มคว้นไม้ไผ่และกรดอินทรีย์รวมในอาหารมีแนวโน้มทำให้อัตราไข่ที่แตกเสียหายลดลง การลดลงของไข่ที่แตกเสียหายเป็นผลโดยตรงจากคุณภาพเปลือกไข่ที่ดีขึ้น ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในกลุ่มที่ใช้สารเพิ่มความเป็นกรด ในขณะที่ความแข็งแรงของเปลือกไข่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เสริมสารเพิ่มความเป็นกรด ผลของการทดลองนี้เป็นไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ Sengor et al. (2007) ที่รายงานว่า การเสริมสารเพิ่มความเป็นกรด (short-chain fatty acids) ในอาหารไก่พ่อแม่พันธุ์มีผลทำให้ความแข็งแรงของเปลือกไข่เพิ่มขึ้น และมีการแตกเสียหายของไข่ลดลง Soltan (2008) ก็ได้รายงานเช่นกันว่า การเสริมกรดอินทรีย์รวม (formic acid, propionic acid, lactic acid) ในอาหารที่ระดับ 780 ppm ในไก่ไข่ที่อายุมาก (70 สัปดาห์) มีผลทำให้ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น โดยคุณภาพเปลือกไข่ที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับแคลเซียมในเลือด ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของกรดอินทรีย์ในการเพิ่มการละลายและการดูดซึมของแคลเซียม Khan & Iqbal (2016) ได้รายงานว่า การเสริมกรดอินทรีย์มีผลทำให้เกิดสภาพกรดในทางเดินอาหารเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้การดูดซึมของแร่ธาตุหลักเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ การเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดอาจจะช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่โดยผ่านกลไกต่าง ๆ เช่น การลดค่า pH ในทางเดินอาหาร การกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค และการเพิ่มการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุต่าง ๆ ความหนาและความแข็งแรงของเปลือกไข่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเก็บรักษาและการขนส่งไข่ และคุณภาพเปลือกไข่ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถลดการแตกเสียหายของไข่ได้

สรุปผลการวิจัย

การเสริมน้ำส้มคว้นไม้ไผ่และกรดอินทรีย์รวมในอาหารไก่ไข่มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้นในด้านคุณภาพไข่ พบว่า การใช้สารเพิ่มความเป็นกรดมีผลทำให้คุณภาพของเปลือกไข่เพิ่มขึ้นจึงมีผลช่วยลดอัตราไข่ที่แตกเสียหายจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมสารเพิ่มความเป็นกรดในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.4 % มีแนวโน้มทำให้สมรรถนะการผลิตไข่และคุณภาพไข่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะความหนาของเปลือกไข่

References

Hedayati, M., Manafi, M., Yari, M., & Avara, A. (2014). The Influence of an acidifier feed additive on biochemical parameters and immune response of broilers. *Annual Research & Review in Biology*, 4(10), 1637-1645. doi: 10.9734/ARRB/2014/8210

Jiang, S., Cui, L., Shi, C., Ke, X., Luo, J., & Hou, J. (2013). Effects of dietary energy and calcium levels on performance, egg shell quality and bone metabolism in hens. *The Veterinary Journal*, 198(1), 252-258. doi: 10.1016/j.tvjl.2013.07.017

Khan, S. H., & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied*

Animal Research, 44(1), 359-369. doi: 10.1080/09712119.2015.1079527

Kishi, M., Fukaya, M., Tsukamoto, Y., Nagasawa, T., Takehana, K., & Nishizawa, N. (1999). Enhancing effect of dietary vinegar on the intestinal absorption of calcium in ovariectomized rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 63(5), 905-910. doi: 10.1271/bbb.63.905

Rattanawut, J., Pimpa, O., & Yamauchi, K. (2018). Effects of dietary bamboo vinegar supplementation on performance, eggshell quality, ileal microflora composition, and intestinal villus morphology of laying hens in the late phase of production. *Animal Science Journal*, 89(11), 1572-1580. doi: 10.1111/asj.13080

Sengor, E., Yardimci, M., Cetingul, S., Bayram, I., Sahin, H., & Dogan, I. (2007). Short communication effects of short chain fatty acid (SCFA) supplementation on performance and egg characteristics of old breeder hens. *South African Journal of Animal Science*, 37(3), 158-163.

Soltan, M. A. (2008). Effect of dietary organic acid supplementation on egg production, egg quality, and some blood serum parameters in laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 7(6), 613-621. doi: 10.3923/ijps.2008.613.621

Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., Krawczyk, J., Puchala, M., & Jozefiak, D. (2015). Dietary factors improving eggshell quality: an updated review with special emphasis on microelements and feed additives. *World's Poultry Science Journal*, 71(1), 83-93. doi:10.1017/S0043933915000082

Swiatkiewicz, S., Koreleski, J., & Arczewska -Wlosek, A. (2010). Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech Journal of Animal Science*, 55(7), 294-306. doi: 10.17221/207/2009-CJAS

Vinus, S. N., & Tewatia, B. S. (2017). Organic acids as alternatives to antibiotic growth promoters in poultry. *The Pharma Innovation Journal*, 6(11), 164-169.

Wang, L., Ge, S., Liu, Z., Zhou, Y., Yang, X., Yang, W., Li, D., & Peng, W. (2018). Properties of antibacterial bioboard from bamboo macromolecule by hot press. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(3), 465-468. doi: 10.1016/j.sjbs.2017.08.010

Watarai, S., & Tana, T. (2005). Eliminating the carriage of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in domestic fowls by feeding activated charcoal from bark containing wood vinegar liquid (Nekka-Rich). *Poultry Science*, 84(4), 515-521. doi: 10.1093/ps/84.4.515

Research article

Effect of dietary supplementation of bamboo vinegar and organic acids on production performance and eggshell quality in laying hens

Jessada Rattanawut^{1*} Umaporn Pastsart¹ and Areerat Todsadee²

¹*Faculty of Innovative Agriculture and Fishery Establishment Project, Prince of Songkla University, Mueang, Surat Thani Province, 84000*

²*Faculty of Liberal Arts and Management Sciences, Prince of Songkla University, Mueang, Surat Thani Province, 84000*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 11 August 2023

Revised: 1 November 2023

Accepted: 10 November 2023

Online published: 30 November 2023

Keyword

Acidifier

Bamboo vinegar

Organic acid

Eggshell quality

ABSTRACT

Aged laying hens have a decreased eggshell quality and an increased incidence of broken eggs in the late phase of production. Therefore, various methods should be sought to increase the quality of eggshells. This study investigated the effects of dietary supplementation of bamboo vinegar and mixed organic acids in laying hens on production performance and eggshell quality. A total of 48 Hisex Brown hens (70-week-old) were assigned into treatments with 4 replicates of 4 birds each, with a completely randomized design. The laying hens were fed a diet supplemented with bamboo vinegar and mixed organic acids at 0.4 % level compared to the control group without supplementation for 8 weeks. Feed intake, egg production, egg weight, egg mass, damaged egg rate, and feed conversion ratio were recorded. Egg qualities were measured on the last day of the experiment. The results found that supplementation of both acidifiers in the diet tended to improve egg production ($p = 0.085$), feed conversion ratio ($p = 0.053$), and reduce damaged egg rate ($p = 0.055$) when compared to the control group. For egg quality, supplementation of acidifiers increased eggshell thickness ($p < 0.05$) and eggshell strength ($p = 0.075$) compared to the control group. The results of the experiment showed that supplementation of acidifiers in the laying hen diet at 0.4 % level improved egg production performance and eggshell quality.

*Corresponding author

E-mail address: jassada.r@psu.ac.th (J. Rattanawut)

Online print: 30 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.34>



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

บทความวิจัย

ผลของพริกฮาบานเโรและมะขามป้อมต่อประชากรแบคทีเรียในทางเดินอาหาร คุณภาพเนื้อและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระตัง

ณัฐรินทร์ พิสิทธิ์อักษร ธนาธิป ทรัพย์เจริญกุล เซาว์วิทย์ ระฆังทอง ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และ วิริยา ลุ่งใหญ่*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 31 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 2 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 24 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 4 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

ไก่กระตัง

คุณภาพเนื้อ

แบคทีเรียในทางเดินอาหาร

พริกฮาบานเโร

มะขามป้อม

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมพริกฮาบานเโรร่วมกับมะขามป้อมยักษ์อินเดียต่อประชากรแบคทีเรียในทางเดินอาหาร คุณภาพเนื้อและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระตัง โดยศึกษาในไก่กระตัง (Ross 308) เพศผู้ จำนวน 24 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานเป็นกลุ่มควบคุม (CON) และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานเสริมด้วยพริกฮาบานเโร 0.01 % ร่วมกับมะขามป้อมยักษ์อินเดีย 0.02 % (IHP) จากการวัดการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่าการเสริมพริกฮาบานเโรร่วมกับมะขามป้อมยักษ์อินเดีย ไม่ส่งผลน้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่พบการตายของไก่ การศึกษาคุณภาพเนื้อ ไม่พบความแตกต่างของความผิดปกติของเนื้อหน้าอก ค่าการสูญเสีย น้ำ และแรงเฉือนของเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณ *Lactobacillus* sp. ในทางเดินอาหาร ส่วนซีรัมของไก่กระตังที่เสริมด้วย IHP มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในขณะที่ *E. coli* ไม่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าพริกฮาบานเโรร่วมกับมะขามป้อมยักษ์อินเดียช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกในซีรัมและช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ของไก่กระตังได้

บทนำ

การพัฒนาสายพันธุ์ไก่กระตังให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและกล้ามเนื้อหน้าอกขนาดใหญ่ เพื่อให้ได้ปริมาณเนื้อสูงสุดและเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และด้วยสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีอากาศร้อนชื้น ประกอบกับ การจัดการการเลี้ยงที่ไม่ดี ส่งผลต่อทั้งระบบภายในร่างกาย ความเสี่ยงต่อการเกิดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Kuttappan et al., 2016; Petracci et al., 2015) และเกิดการกดภูมิคุ้มกันทำให้ติดเชื้อได้ง่าย อันส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระตังลดลง นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังมีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่ปลอดภัยหรือยาปฏิชีวนะเพิ่มสูงขึ้น แต่การลดการใช้ยาปฏิชีวนะนั้นอาจส่งผลกระทบต่อควบคุมโรคได้ (Dibner & Richards, 2005; Wierup, 2001) ปัจจุบันมีการใช้สารเสริมเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะมากขึ้น โดยสารสกัดจากพืชหรือสารจากธรรมชาติเป็นสารเสริมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอลที่ได้จากพืช เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหาร และเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพเนื้อของไก่กระตังได้

พริกฮาบานเโร (*Capsicum chinense*) มีสารสำคัญ คือ แคปไซซิน (69 %) และโพลีฟีนอล (0.76 %) จึงช่วยปกป้องเซลล์และเนื้อเยื่อของทางเดินอาหารจากความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยา

ออกซิเดชัน และอาจส่งผลในการลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อหน้าอกในไก่กระตัง (Liu et al., 2021; Paraksa et al., 2005; Suganya et al., 2016) จากการศึกษาของ Li et al. (2022) พบว่าการเสริมพริกฮาบานเโรช่วยปรับปรุงสุขภาพทางเดินอาหารและลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ เช่นเดียวกับงานศึกษาของ Wang et al. (2020) ที่พบว่าพริกสามารถลดจำนวนแบคทีเรียก่อโรคและเพิ่มจำนวนแบคทีเรียดีที่ผลิต Short-chain fatty acids (SCFAs) ในทางเดินอาหารได้ นอกจากนั้น สารแคปไซซินที่อยู่ในพริกยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารและช่วยการเผาผลาญพลังงานในร่างกายโดยเฉพาะกลูโคสและไขมัน ส่งผลให้สัตว์มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นและช่วยลดการเกิดกลุ่มอาการเมตาบอลิซึมที่ผิดปกติได้ (Panchal et al., 2018; Sanati et al., 2018) สอดคล้องกับการศึกษาของ Shahverdi et al. (2013) และ Moradi et al. (2016) ที่พบว่าไก่มีการเพิ่มของน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อได้รับอาหารที่เสริมด้วยพริกแดง 0.02 % และเสริมด้วยพริกแดงร่วมกับพริกไทยดำที่ 0.02 % เมื่อเทียบกับอาหารควบคุม และไม่พบอัตราการตายของไก่

มะขามป้อมยักษ์อินเดีย หรือ Indian gooseberry (*Embllica*

*Corresponding author

E-mail address: agrwyl@ku.ac.th (W. Loongyai)

Online print: 4 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.35>

officinalis Gaertn. หรือ *Phyllanthus emblica* Linn.) มีสารโพลีฟีนอลเป็นสารสำคัญหลัก ประกอบไปด้วยกรดแกลลิก กรดเอลลาจิก แทนนิน และฟลาโวนอยด์ (Kumar et al., 2018) นอกจากนี้ในมะขามป้อมยังมีสารอินทรีย์ที่มีแทนนินที่สามารถถูกย่อยสลายได้คือ Emblicanins A (37 %) Emblicanins B (33 %) Punigluconin (12 %) และ Pedunculagin (14 %) ซึ่งเป็นแทนนินที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงมาก (Bhattacharya et al., 1999; Ghosal et al., 2010; Santos et al., 1999) จากการศึกษาพบว่ามะขามป้อมยักซ์อินเดียมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Kumar et al., 2018) และปรับปรุงการย่อยอาหารและการดูดซึมของไก่กระทงได้ (Kumar & Singh, 2005) จากการศึกษาของ Patel et al. (2016) พบว่าการเสริมมะขามป้อมยักซ์อินเดีย (0.4 และ 0.8 %) ส่งเสริมประสิทธิภาพการเติบโตและกำไรสุทธิของไก่กระทงเชิงพาณิชย์ได้ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Tangade (2007) ที่พบว่า การเสริมมะขามป้อม 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ช่วยปรับปรุงน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นรายสัปดาห์ การกินอาหาร และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การศึกษาของ Kumar et al. (2011) พบว่าสารในมะขามป้อมยักซ์อินเดียช่วยในการควบคุมแบคทีเรียก่อโรค สอดคล้องกับการศึกษาของ Saeed & Tariq (2007) ที่แสดงให้เห็นว่ามะขามป้อมช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแบคทีเรียก่อโรคได้

ด้วยคุณสมบัติของพริกและมะขามป้อมที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหาร เพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพเนื้อของไก่กระทงได้เหมือนกัน ซึ่งงานศึกษาก่อนหน้านี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมพริกหรือมะขามป้อมชนิดเดียวเท่านั้น จึงนำมาสู่งานวิจัยในครั้งนี้ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของการเสริมพริกฮาบานโรร่วมกับมะขามป้อมยักซ์อินเดียต่อประชากรแบคทีเรียในทางเดินอาหาร คุณภาพเนื้อ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทง เป็นแนวทางในการนำไปใช้พัฒนาอาหารสัตว์หรือเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ทดแทนการให้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมไก่กระทงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง การวางแผนการทดลอง และอาหารทดลอง

การจัดการเลี้ยงและการออกแบบการทดลองผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ ACKU66-AGR-009 โดยการทดลองใช้ไก่กระทงสายพันธุ์ทางการค้า (Ross 308) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 24 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด อาหารที่ใช้ในการทดลองพื้นฐานจากข้าวโพดและกากถั่วเหลือง กำหนดความต้องการตามคำแนะนำของ National Research Council (1994) ดังแสดงใน Table 1 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มควบคุม (CON) และ 2) กลุ่มที่เสริมด้วยผงพริกฮาบานโร 0.1 กรัม/กิโลกรัมอาหาร (0.01 %) และผงมะขามป้อมยักซ์อินเดีย 0.2 กรัม/กิโลกรัมอาหาร (0.02 %) ในแต่ละกลุ่มการทดลองมี 12 ซ้ำ เลี้ยงในกรงแยกรายตัวต่อซ้ำ (พื้นที่คอก 0.4 x 1.2 เมตร/ตัว) เป็นระยะเวลา 42 วัน

ผงพริกและผงมะขามป้อมที่ผสมในอาหารทดลองก่อนการอัดเม็ดอาหาร เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า ผลิตโดยบริษัท ID4FEED (ประเทศฝรั่งเศส) และบริษัท Indian Herbs Specialities Pvt. Ltd. (ประเทศอินเดีย) ตามลำดับ โดยผงพริกผลิตจากผลสุกแห้งของพริกพันธุ์ฮาบานโร นำมาบดทั้งเม็ดจนได้ผงละเอียด จากนั้นนำมาเคลือบด้วยน้ำมันปาล์ม (Encapsulation) เพื่อช่วยลดการระคายเคือง และมีความเข้มข้นของสารแคปไซซินอยด์ในผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 0.5 % สำหรับผงมะขามป้อมผลิตจากผลมะขามป้อมยักซ์อินเดียแห้ง นำมาบดละเอียดจนได้ลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาล และมีปริมาณสารในกลุ่มโพลีฟีนอล คือ Small hydrolysable tannins ไม่น้อยกว่า 12 % น้ำหนัก/น้ำหนัก และปริมาณ Total phenolics as gallic acid equivalent ไม่น้อยกว่า 4 % น้ำหนัก/น้ำหนัก ในผลิตภัณฑ์

การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ข้อมูลประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงเก็บที่ระยะไกรุ่น (Grower period, อายุ 11-24 วัน) และระยะ โกโต (Finisher period, อายุ 25-42 วัน) โดยชั่งน้ำหนักไก่ทุกตัวในช่วงเริ่มต้นก่อนทดลอง และชั่งในวันที่ 10, 24 และ 42 ของการทดลอง เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว การเพิ่มของน้ำหนักตัว (Body weight gain, BWG) และคำนวณอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily gain, ADG) บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละช่วง เพื่อประเมินค่าการกินได้ของไก่ (Feed intake, FI) และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio, FCR) และคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว (Feed cost per gain, FCG)

คุณภาพเนื้อ

ในวันสุดท้ายของการทดลอง สุ่มไก่กระทงจำนวน 6 ตัวต่อกลุ่มการทดลอง โดยสุ่มจากไก่ที่มีสมรรถภาพการผลิตเป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ทำการผ่าซากด้วยการคมควันด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซ้ำแช่เหลวแชกและเก็บตัวอย่างเนื้อหน้าอกเพื่อวิเคราะห์ค่าการสูญเสีย น้ำจากการแช่เย็น หลังจากเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าการสูญเสียจากการแช่แข็ง หลังจากการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C และตั้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าการสูญเสียจากการปรุงสุก หลังการนำไปต้มจนเนื้อมีอุณหภูมิใจกลาง 70 °C (Jaturasitha, 2010; Namted et al., 2021) และนำเนื้อออกไปวัดค่าแรงเคี้ยวด้วยเครื่อง TA-Xt texture analyzer (Stable Micro System, UK)

สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของเนื้ออกตัดตัวอย่างเนื้ออกตามขวางขนาด 2 เซนติเมตร เก็บในสาร Paraformaldehyde จากนั้นนำชิ้นเนื้อมาผ่านกระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อและฝังชิ้นเนื้อลงในพาราฟิน แล้วตัดให้ตัวอย่างมีความหนา 5 ไมโครเมตร และย้อมสีเนื้อเยื่อด้วยฮีมาโตซิลินและอีโอซิน (de Oliveira et al., 2021) ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ Coupled light microscope (CellSense software, Olympus, Germany) กำลังขยาย 100 และ 400 เท่า และนำภาพมาวิเคราะห์คะแนนเนื้อหน้าอก โดยมีการให้คะแนนเนื้ออกเป็น 2 ส่วนคือ คะแนนความแข็งของเนื้ออก (Wooden breast score, WB) (Chen et al., 2019) และคะแนนการพบลายเส้นสีขาวบนเนื้ออก (White striping score, WS) (Prisco et al., 2021)

Table 1 Composition and nutrients of basal diet in experiment

Ingredients	Amount (kg)		
	Starter (0-10 days)	Grower (11-24 days)	Finisher (25-42 days)
Corn	55.46	58.28	62.95
Soybean meal 48 %	38.60	35.17	30.14
Rice bran oil	2.11	3.15	3.86
Monocalcium phosphate 22 %	0.77	0.59	0.45
Limestone	1.29	1.16	1.05
Salt	0.58	0.47	0.31
Sodium bicarbonate	-	0.15	0.30
DL-Methionine	0.32	0.26	0.23
L-Lysine	0.20	0.12	0.13
L-Threonine	0.10	0.06	0.03
Vitamin & Mineral premix ¹	0.24	0.24	0.24
Choline chloride 60 %	0.08	0.08	0.08
Antioxidant & Toxin binder	0.16	0.16	0.16
Anticoccidial	0.05	0.05	-
Phytase 10000 IU/g	0.01	0.01	0.01
<i>Nutrients by calculation</i>			
Metabolizable energy (kcal/kg)	3000	3100	3200
Crude protein (%)	23	21.5	19.50
Fiber (%)	3.59	3.45	3.26
Fat (%)	4.68	5.77	6.56
Methionine (%)	0.67	0.60	0.54
Methionine + Cystine (%)	1.08	0.99	0.91
Lysine (%)	1.44	1.29	1.16
Threonine (%)	0.97	0.88	0.78
Valine (%)	1.13	1.06	0.97
Calcium (%)	0.96	0.87	0.79
Total phosphorus (%)	0.72	0.67	0.62
Available phosphorus (%)	0.48	0.44	0.39
Na (%)	0.23	0.23	0.21
Dietary electrolyte balance (dEB; mEq/kg)	246	250	244

¹ Premix provided per kilogram of diet: vitamin A (transretinyl acetate), 10,000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 3,000 IU; vitamin E (all-rac- α -tocopherol), 30 IU; menadione, 1.3 mg; thiamin, 2.2 mg; riboflavin, 8 mg; nicotinamide, 40 mg; choline chloride, 400 mg; calcium pantothenate, 10 mg; pyridoxine HCl, 4 mg; biotin, 0.04 mg; folic acid, 1 mg; vitamin B12 (cobalamin), 0.013 mg; Fe (from ferrous sulfate), 80 mg; Cu (from copper sulphate), 8.0 mg; Mn (from manganese sulphate), 110 mg; Zn (from zinc oxide), 60 mg; I (from calcium iodate), 1.1 mg; Se (from sodium selenite), 0.3 mg.

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค *Quantitative polymerase chain reaction (qPCR)*

เพื่อศึกษาปริมาณจำนวนแบคทีเรีย *Lactobacillus* sp., *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* เก็บตัวอย่างอาหารที่ย่อยในลำไส้จากลำไส้ทั้ง 4 ส่วน คือ ดูโอดินัม เจจูนัม ไอลีเยียม และซีกัม นำมาสกัดดีเอ็นเอของแบคทีเรีย โดยใช้คู่ Primer ที่จำเพาะเจาะจงดังแสดงใน Table 2 เริ่มต้นขั้นตอน Pre-denaturation อุณหภูมิ 94 °C นาน 2 นาที ลำดับถัดไปเป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ จำนวน 40 รอบที่อุณหภูมิ 94 °C นาน 30 วินาที อุณหภูมิ 72 °C นาน 30 วินาที และสิ้นสุดการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 72 °C นาน 10 นาที ด้วย 5X HOT FIREPOL® EvaGreen®

qPCR Mix Plus โดยใช้ Bio-Rad CFX96 real-time PCR และ CFX Manager Software (Bio-Rad, Hercules, CA) การวัดปริมาณแบคทีเรีย (CFU/กรัม) โดยการหาความสัมพันธ์กับค่ามาตรฐานของแบคทีเรียแต่ละชนิด (Dumoncaux et al., 2006)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองรายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean \pm SD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Unpaired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % (p < 0.05) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 9.0

Table 2 Real-Time PCR primers

Genes	Primer sequence (5'-3')	Product size (bp)	References
<i>Lactobacillus</i> sp.	F-AGCAGTAGGGAATCTTCCA R-CACCGCTACACATGGAG	341	Walter et al. (2001)
<i>Salmonella</i> spp.	F-TCATCGCACCGTCAAGGAACC R-GTGAAATTATCGCCACGTTCCGGCAA	284	Li et al. (2012)
<i>E. coli</i>	F-CATGCCCGTGTATGAAGAA R-CGGGTAACTCAATGAGCAA	585	Penders (2007)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ประชากรแบคทีเรียในทางเดินอาหาร

การศึกษาประชากรแบคทีเรียในลำไส้ทุกส่วนของไก่ โดยใช้เทคนิค Real-time PCR ดังแสดงใน Table 3 ไม่พบความแตกต่างของประชากร *E. coli* และ *Lactobacillus* sp. ที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม เจจูนัม และไอเลียมอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p > 0.05$) ในทางเดินอาหาร ส่วนซีกัมกลุ่มที่เสริมด้วยพริกและมะขามป้อมพบ *Lactobacillus* sp. มีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) แต่ไม่ส่งผลให้ประชากร *E. coli* ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) นอกจากนี้ไม่พบ *Salmonella* spp. ในทุกส่วนของลำไส้ ทั้งสองกลุ่มการทดลอง *Lactobacillus* sp. เป็นแบคทีเรียในไฟลัม Firmicutes มีความสามารถในการใช้โพลีฟีนอลและสร้างสารเมแทบอไลต์ในทางเดินอาหารสัตว์ เช่น SCFAs แบคเทอร์ิโอซิน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตหรือควบคุมการเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคโดยการปรับภูมิคุ้มกันของโฮสต์ (Dempsey & Corr, 2022) นอกจากนี้ *Lactobacillus* sp. จัดอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ (Lactic acid bacteria) โดยแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถกระตุ้นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันได้หลายด้าน ช่วยปรับสมดุลภูมิคุ้มกัน ปรับและควบคุมการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในลำไส้ โดยการลดไซโตไคน์ที่ทำให้เกิดการอักเสบ เพิ่มการผลิต IgA ในสารคัดหลั่ง และส่งเสริมการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่จำเพาะและไม่จำเพาะต่อเชื้อโรค ปรับจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารและยับยั้งเชื้อโรค ปรับปรุงคุณภาพเนื้อของสัตว์ปีก และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระทงได้ (Lutful Kabir, 2009; Wyszyńska & Godlewska, 2021)

การศึกษาของ Saeed & Tariq (2007) และงานศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพและจุลินทรีย์ ในทางเดินอาหารของไก่กระทงที่เลี้ยงในภาวะที่เกิดความเครียดจากความร้อน พบว่ากรดเอลลาจิกที่ปริมาณ

ต่างกัน (0, 75, 150, 300 และ 600 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ช่วยปรับปรุงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เสริมความแข็งแรงของลำไส้ และบรรเทาอาการบาดเจ็บที่เกิดจากความเครียดจากความร้อนได้ ผ่านการควบคุมจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร (Yang et al., 2022) นอกจากนี้งานศึกษาใน สารสกัดจากพริกและขมิ้น 100 ppm ยังพบว่าช่วยปรับเปลี่ยนประชากรจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของไก่กระทงที่ถูกกระตุ้นให้เกิดโรคลำไส้อักเสบแบบมีเนื้อตาย ลดความไวต่อการเป็นโรค และลดความรุนแรงของโรคในไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าได้ (Kim et al., 2015) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Kumar et al. (2011) ศึกษาผลของสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้น 20 % น้ำหนัก/ปริมาตร พบว่าสามารถต่อต้านแบคทีเรียก่อโรคได้ รวมถึง *E. coli* อย่างไรก็ตามในการศึกษารังนี้พบว่า *E. coli* เพิ่มจำนวนมากขึ้นในกลุ่มที่เสริมด้วยพริกและมะขามป้อม แม้จะมีการเพิ่มขึ้นของ *Lactobacillus* sp. แต่ยังไม่สามารถควบคุมการเจริญของ *E. coli* ได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนขึ้นของ *E. coli* ไม่ได้ส่งผลให้เกิดอาการของโรคใด ๆ ในไก่ที่ได้รับการเสริมพริกและมะขามป้อมในการทดลองครั้งนี้ เช่นเดียวกับกับการศึกษาของ Viveros et al. (2011) ที่พบว่าการเสริมกากองุ่นเข้มข้นและสารสกัดจากเมล็ดองุ่น ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารโพลีฟีนอล พบการเพิ่มจำนวนขึ้นของ *E. coli*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* และ *Clostridium* ในซีกัม โดยไม่ได้ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง เนื่องจากเกิดการรักษาสสมดุลระหว่างประชากรของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์และแบคทีเรียก่อโรค

คุณภาพเนื้อ

การประเมินค่าพารามิเตอร์คุณภาพเนื้อของเนื้ออกแสดงใน Table 4 พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกล้ามเนื้ออกไก่ ค่าการสูญเสียน้ำหรือความสามารถในการอุ้มน้ำ และแรงเหวี่ยงของกล้ามเนื้ออกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 3 Determination of bacterial load by real-time PCR

Parameter (log CFU g ⁻¹)	Treatment		SEM	p-value
	CON	IHP		
Duodenum				
<i>Lactobacillus</i> sp.	9.35 ± 0.80	8.91 ± 0.49	0.64	0.28
<i>E. coli</i>	7.29 ± 1.37	8.22 ± 0.70	1.1	0.17
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	-	-
Jejunum				
<i>Lactobacillus</i> sp.	9.78 ± 0.65	9.29 ± 0.70	0.66	0.24
<i>E. coli</i>	6.94 ± 0.98	7.54 ± 0.77	0.86	0.26
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	-	-
Ileum				
<i>Lactobacillus</i> sp.	9.93 ± 0.54	10.07 ± 0.63	0.53	0.69
<i>E. coli</i>	8.10 ± 0.29	7.89 ± 0.44	0.35	0.35
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	-	-
Cecum				
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.83 ± 0.10 ^b	9.84 ± 0.31 ^a	0.55	< 0.01
<i>E. coli</i>	9.61 ± 0.43 ^b	10.13 ± 0.11 ^a	0.39	0.03
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	-	-

CON = control feed (basal diet), IHP = basal diet + 0.1 g/kg of chili pepper powder and 0.2 g/kg of Indian gooseberry powder. ND = Not detected, SEM = standard error of mean.

^{a, b} Means with in the same row with different uppercase superscripts indicate a significant difference ($p < 0.05$).

Table 4 Meat quality characteristics of breast muscles in broilers

Parameter	Treatment		SEM	p-value
	CON	IHP		
Thawing loss (%)	5.41 ± 2.49	4.95 ± 2.21	2.17	0.75
Drip loss (%)	3.97 ± 1.37	3.11 ± 0.90	1.14	0.23
Cooking loss (%)	28.23 ± 3.45	26.58 ± 2.07	2.73	0.34
Shear force (N)	11.38 ± 3.50	9.54 ± 1.04	2.53	0.26

CON = control feed (basal diet), IHP = basal diet + 0.1 g/kg of chili pepper powder and 0.2 g/kg of Indian gooseberry powder. SEM = standard error of mean.

จากการศึกษาคุณภาพเนื้ออกเพื่อศึกษาปัญหาความแข็งของเนื้ออก (WB) และลายเส้นสีขาวบนเนื้ออก (WS) โดยใช้วิธีการศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ (Figure 1 และ 2) พบว่าคะแนนเนื้อหน้าอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบ WB score 1 (เนื้ออกปกติ) และพบความผิดปกติของเนื้อหน้าอกทางจุลกายวิภาคศาสตร์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ดังภาพแสดงการให้คะแนนเนื้อหน้าอกที่พบความแข็งและลายเส้นสีขาวบนเนื้ออก (Figure 1A และ 1B) โดยกล้ามเนื้อที่มีความผิดปกติรุนแรงของทุกกลุ่มทดลอง (Figure 2) พบการฝ่อของเซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์ตาย เซลล์อักเสบ และพังคืดในกล้ามเนื้อที่มีปัญหาความแข็งของเนื้ออก (Figure 2A) นอกจากนี้ยังพบการแทรกของเนื้อเยื่อไขมันในกล้ามเนื้อลายที่พบเส้นสีขาวบนเนื้ออก (Figure 2B) แสดงให้เห็นว่าการเสริมด้วยพริกและมะขามป้อมไม่ส่งผลต่อการป้องกันการเสียหายของกล้ามเนื้ออก ยังคงพบความผิดปกติของเนื้ออกไม่ต่างกัน รวมทั้งไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากสมมติฐานที่ว่าสารโพลีฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบของพริกและมะขามป้อมมีประสิทธิภาพเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกล้ามเนื้อได้ (Bébin et al., 2017; Mazur-

KuŚnirek et al., 2019) งานวิจัยที่ศึกษา ในไก่กระທงที่เสริมด้วยวิตามินอีและผลิตภัณฑ์โพลีฟีนอลช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ลดการสูญเสีย น้ำ ตามธรรมชาติในเนื้อสัตว์ (Mazur-KuŚnirek et al., 2019) และช่วยปรับปรุงลักษณะที่ปรากฏของเนื้อและความสามารถในการจัดเก็บ ตลอดจนลดการเกิดการสูญเสียจากการแช่เย็นได้ (Bébin et al., 2017) การศึกษาสารโพลีฟีนอลที่พบในพริกและมะขามป้อมต่อคุณภาพเนื้อต้นขาและอกของไก่กระທงด้วยการเสริมด้วยกรดแกลลิก 1.0 % และกรดไลโนเลอิก 1.0 % แสดงให้เห็นว่าไก่กลุ่มที่ได้รับสารเสริมมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น (Jung et al., 2010; Lee et al., 2012) ทั้งนี้ปริมาณการเสริมพริกและมะขามป้อมเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ เนื่องจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อหน้าอกเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุด้วยกัน การเสริมพริกและมะขามป้อมในอาหารไก่กระທงโดยหวังให้ช่วยลดการเกิดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่กล้ามเนื้อหน้าอกจากคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่สามารถลดความผิดปกติของกล้ามเนื้อหน้าอกได้ อาจเป็นเพราะระดับการเสริมที่ใช้ในการศึกษานี้ ไม่เพียงพอที่จะลดความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ (Erinle et al., 2022; Zeferino et al., 2016)

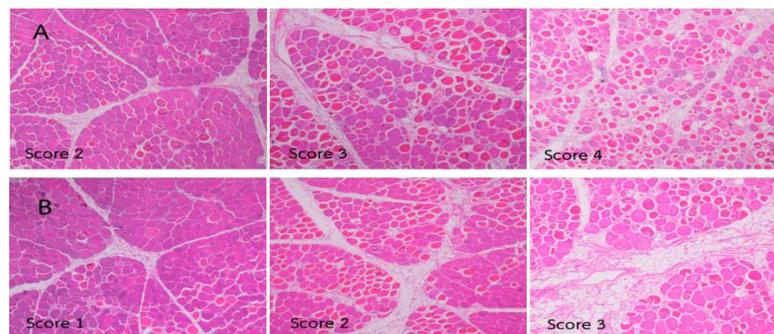


Figure 1 Photomicrographs of histological cross sections of Pectoralis major muscle from broilers (Hematoxylin and eosin staining, 100x). A = Histomorphologic scoring of Wooden breast (Score 1 – 4): 1 = Normal breast (not found in this study) – 2 = Mild WB; Mild regenerating fibers – 3 = Moderate WB; Regenerating fibers, small, basophilic, irregular myofibers, endo- and perimysial fibrosis – 4 = Severe WB; Loss of normal muscle architecture, fiber atrophy, splitting, and vacuolation, increased interstitial fibrosis and inflammation. B = Histomorphologic scoring of White stripping (Score 1 – 3): 1 = Mild WS; Mild myofiber necrosis (<10 %), scattered atrophic fibers and inflammatory cells in the endomysium – 2 = Moderate WS; Moderate myofiber necrosis (10 – 50 %), scattered inflammatory cells in the endomysium and adipose tissue infiltration – 3 = Severe WS; Muscular degeneration (> 50 % of necrotic fibers), fiber with vacuolization, fibrosis, endomysial edema and adipose tissue infiltration.

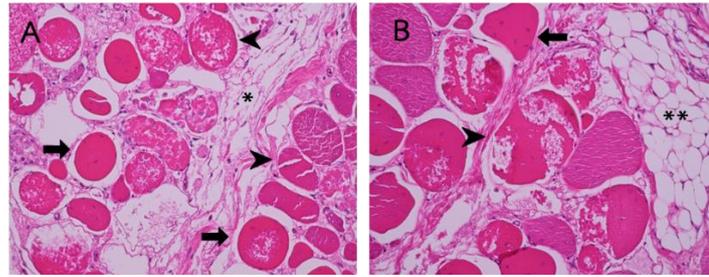


Figure 2 Histology of breast muscle from broiler with severe Wooden breast and White stripping (Hematoxylin and eosin staining, 400x). The symbols in the picture represent regenerating muscle fibers (arrow), fibrosis (*), fiber atrophy (arrowheads) and adipose tissue infiltration (**).

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ผลของการเสริมฟริกและมะขามป้อมในอาหารสัตว์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงแสดงใน Table 5 จากผลการทดลองพบว่า ค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (BWG) ปริมาณการกินได้ของไก่ (FI) ค่า FCR และค่า FCG ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยพบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่ทดลองมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของ สายพันธุ์ (Ross, 2022) ซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยงแยกเดี่ยว ทำให้มีความหนาแน่นของฝูงต่ำ ไก่สามารถเข้าถึงอาหารได้ง่ายและมีความเครียดน้อย ส่งผลให้ไก่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีกว่า (Abudabos et al., 2013; Dozier et al., 2006; Nasr et al., 2021; Son et al., 2022) อย่างไรก็ตามผลของการเสริมฟริกและมะขามป้อมในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบอัตราการกินอาหารในกลุ่มที่เสริมฟริกและมะขามป้อมมีค่าลดลงในทุกระยะการเลี้ยง อาจเกิดจากผลของสารแคปไซซินอยด์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของฟริกควบคุมอัตราการกินอาหารโดยควบคุมการตอบสนองของฮอร์โมน Leptin ผ่านการทำงานของแบคทีเรียในทางเดินอาหาร (Wang et al., 2020) สารโพลีฟีนอลที่อยู่ในมะขามป้อมและสารแคปไซซินที่อยู่ในฟริกช่วยส่งเสริมสุขภาพลำไส้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึม และการเผาผลาญ

กลูโคส (Panchal et al., 2018; Sanati et al., 2018) ส่งผลให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น ไก่จึงไม่จำเป็นต้องกินอาหารจำนวนมาก เนื่องจากได้รับพลังงานในอาหารเพียงพอต่อความต้องการแล้ว (Classen, 2017) นอกจากนี้ การศึกษาที่ยังไม่พบอัตราการตายของไก่ที่เสริมด้วยฟริกและมะขามป้อมเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่พบการตายของไก่ โดยพบลักษณะเป็นการตายกะทันหัน คือพบการตายของไก่แบบกะทันหัน มีอาการชักสั้น ๆ และตีปีกก่อนตาย มักพบในไก่ที่มีน้ำหนักมาก โตเร็ว และดูสุขภาพดี (Sosnowka-Czajka & Skomorucha, 2022) โดยสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการนี้คือภาวะเมแทบอลิกซินโดรม ซึ่งเกิดจากการเผาผลาญอาหารของร่างกายที่ผิดปกติไป จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมฟริกและมะขามป้อมอาจมีผลในการช่วยลดการตายกะทันหันในไก่กระทงจากการลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและการลดการเกิดภาวะเมแทบอลิกซินโดรมได้ (Kumar et al., 2018; Panchal et al., 2018; Sanati et al., 2018) ซึ่งสอดคล้องกันกับงานศึกษาของ Kumar & Singh (2005) ที่พบว่าการเสริมมะขามป้อมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระทงและไม่พบอัตราการตายของไก่กระทงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการศึกษาของ Moradi et al. (2016) และ Adegoke et al. (2018) ที่ไม่พบอัตราการตายของไก่ในกลุ่มที่เสริมด้วยฟริก

Table 5 Effect of dietary Chili pepper powder and Indian gooseberry powder supplementation on broiler performance

Parameter	Treatment		SEM	p-value
	CON	IHP		
<i>Grower (11-24 days)</i>				
Initial body weight (g)	301.73 ± 10.16	302 ± 18.49	14.22	0.97
Final body weight (g)	1391.36 ± 195.48	1419 ± 96.91	146.75	0.68
Body weight gain (g)	1090 ± 193.22	1117.09 ± 83.83	142.67	0.67
ADG (g/d)	77.83 ± 13.80	79.79 ± 5.99	10.19	0.67
Feed intake (g/d)	1442.91 ± 102.04	1362 ± 114.03	110.81	0.09
FCR	1.36 ± 0.26	1.22 ± 0.08	0.20	0.11
FCG	27.26 ± 5.28	24.58 ± 1.57	3.95	0.13
Mortality (%)	8.33	0	-	-
<i>Finisher (25-42 days)</i>				
Initial body weight (g)	1391.36 ± 195.48	1408 ± 100.07	147.75	0.68
Final body weight (g)	3326.36 ± 418.65	3418.18 ± 213.49	320.14	0.53
Body weight gain (g)	1935 ± 249.66	1999.09 ± 177.71	209.08	0.49
ADG (g/d)	107.5 ± 13.87	111.06 ± 9.87	11.62	0.50
Feed intake (g/d)	3412.91 ± 290.46	3290.55 ± 567.14	433.93	0.53
FCR	1.78 ± 0.14	1.66 ± 0.32	0.25	0.29
FCG	34.95 ± 2.75	32.88 ± 6.43	4.83	0.34
Mortality (%)	8.33	0	-	-
<i>Overall (11-42 days)</i>				
Initial body weight (g)	301.73 ± 10.16	302 ± 18.49	14.22	0.97

Table 5 Continued Effect of dietary Chili pepper powder and Indian gooseberry powder supplementation on broiler performance

Parameter	Treatment		SEM	p-value
	CON	IHP		
Final body weight (g)	3326.36 ± 418.65	3418.18 ± 213.49	320.14	0.53
Body weight gain (g)	3024.64 ± 414.83	3116.18 ± 207.49	316.04	0.52
ADG (g/d)	94.52 ± 12.96	97.38 ± 6.48	9.88	0.52
Feed intake (g/d)	4855.82 ± 357.34	4652.55 ± 622.49	494.47	0.36
FCR	1.62 ± 0.16	1.50 ± 0.21	0.19	0.13
FCG	32.08 ± 3.25	29.82 ± 4.16	3.74	0.17
Mortality (%)	16.67	0	-	-

CON = control feed (basal diet), IHP = basal diet + 0.1 g/kg of chili pepper powder and 0.2 g/kg of Indian gooseberry powder. ADG = average daily gain; FCR = feed conversion ratio; FCG = feed cost per gain, SEM = standard error of mean.

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ผลของการเสริมพริกและมะขามป้อม สามารถปรับปรุงโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในซีกัมของไก่กระทงได้ โดยการส่งเสริมให้แบคทีเรียที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น สร้างสารเมแทบอลิต์ ช่วยปรับปรุงสุขภาพทางเดินอาหารและเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของไก่กระทง โดยไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณ โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) และบริษัท พี เอส นิวทริชั่น จำกัด ที่ได้ให้เงินสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาทกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำการทดลองและเก็บตัวอย่างงานวิจัย

References

- Abudabos, A. M., Samara, E. M., Hussein, E. O. S., Al-Ghadi, M. Q., & Al-Atiyat, R. M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(1), 66-71. doi: 10.4081/ijas.2013.e11
- Adegoke, A. V., Abimbola, M. A., Sanwo, K. A., Egbeyale, L. T., Abiona, J. A., Oso, A. O., & Iposu, S. O. (2018). Performance and blood biochemistry profile of broiler chickens fed dietary turmeric (*Curcuma longa*) powder and cayenne pepper (*Capsicum frutescens*) powders as antioxidants. *Veterinary and Animal Science*, 6, 95–102. doi: 10.1016/j.vas.2018.07.005
- Bébin, K., Gardan-Salmon, D., & Panheleux-Lebastard, M. (2017). Association of polyphenols and vitamin E to improve poultry meat quality. *Proceeding of the 21st European Symposium on Poultry Nutrition* (pp.8-11). Salou/Vila-seca, Spain: World's Poultry Science Association (WPSA).
- Bhattacharya, A., Chatterjee, A., Ghosal, S., & Bhattacharya, S. K. (1999). Antioxidant activity of active tannoid principles of *Emblca officinalis* (amla). *Indian*

Journal of Experimental Biology, 37(7), 676-680.

- Chen, L. R., Suyemoto, M. M., Sarsour, A. H., Cordova, H. A., Oviedo-Rondón, E. O., Wineland, M., Bames, H. J., & Borst, L. B. (2019). Temporal characterization of wooden breast myopathy (“woody breast”) severity and correlation with growth rate and lymphocytic phlebitis in three commercial broiler strains and a random-bred broiler strain. *Avian Pathology*, 48(4), 319-328. doi: 10.1080/03079457.2019.1598541
- Classen, H. L. (2017). Diet energy and feed intake in chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 13-21. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.03.004
- Dempsey, E., & Corr, S. C. (2022). *Lactobacillus* spp. for gastrointestinal health: current and future perspectives. *Frontiers in Immunology*, 13, 840245. doi: 10.3389/fimmu.2022.840245
- de Oliveira, R. F., de Mello, J. L. M., Ferrari, F. B., Cavalcanti, E. N. F., de Souza, R. A., Pereira, M. R., Giampietro-Ganeco, A., Villegas-Cayllahua, E. A., Fidelis, H. A., Fávero, M. S., Amoroso, L., de Souza, P. A., & Borba, H. (2021). Physical, chemical and histological characterization of *Pectoralis major* muscle of broilers affected by wooden breast myopathy. *Animals*, 11(3), 596. doi: 10.3390/ani11030596
- Dibner, J. J., & Richards, J. D. (2005). Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Science*, 84(4), 634-643. doi: 10.1093/ps/84.4.634
- Dozier, W. A. III., Thaxton, J. P., Purswell, J. L., Olanrewaju, H. A., Branton, S. L., & Roush, W. B. (2006). Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poultry Science*, 85(2), 344–351. doi: 10.1093/ps/85.2.344
- Dumoncaux, T. J., Hill, J. E., Briggs, S. A., Amoako, K. K., Hemmingsen, S. M., & Van Kessel, A. G. (2006). Enumeration of specific bacterial populations in complex intestinal communities using quantitative PCR based on the chaperonin-60 target. *Journal of*

- Microbiological Methods*, 64(1), 46-62. doi: 10.1016/j.mimet.2005.04.006
- Erinle, T. J., Oladokun, S., Maclsaac, J., Rathgeber, B., & Adewole, D. (2022). Dietary grape pomace—effects on growth performance, intestinal health, blood parameters, and breast muscle myopathies of broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), 101519. doi: 10.1016/j.psj.2021.101519
- Ghosal, S., Tripathi, V.K., & Chauhan, S. (2010). ChemInform Abstract: active constituents of *Emblica officinalis*: part 1. The chemistry and antioxidative effects of two new hydrolysable tannins, Emblicanin A (Ia) and B (Ib). *ChemInform* 27(47). doi: 10.1002/chin.199647279
- Jaturasitha, S. (2010). *Meat technology* (2nd ed.). Chiang Mai: Mingmuang Printing. (in Thai)
- Jung, S., Choe, J. H., Kim, B., Yun, H., Kruk, Z. A., & Jo, C. (2010). Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. *Meat Science*, 86(2), 520-526. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.06.007
- Kim, J. E., Lillehoj, H. S., Hong, Y. H., Kim, G. B., Lee, S. H., Lillehoj, E. P., & Bravo, D. M. (2015). Dietary *Capsicum* and *Curcuma longa* oleoresins increase intestinal microbiome and necrotic enteritis in three commercial broiler breeds. *Research in Veterinary Science*, 102, 150-158. doi: 10.1016/j.rvsc.2015.07.022
- Kumar A., Tantry B. A., Shaik, R., & Gupta U. (2011). Comparative study of antimicrobial activity and phytochemical analysis of methanolic and aqueous extracts of the fruit of *Emblica officinalis* against pathogenic bacteria. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 31(3), 246-250.
- Kumar, M., & Singh, K. C. P. (2005). Effect of supplementation of herbal product on the production potential of chickens. *Proceeding of the XXII (22nd) annual conference of Indian Poultry Science Association (IPSA) and national symposium* (pp. 69). Andaman & Nicobar Islands, India: Indian Poultry Science Association.
- Kumar, S., Kumar, D., Yadav, P. K., Bal, L. M., & Singh, B. P. (2018). Amla as phytochemical feed additive for efficient livestock production. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 1030-1036.
- Kuttappan, V. A., Hargis, B. M., & Owens, C. M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, 95(11), 2724-2733. doi: 10.3382/ps/pew216
- Lee, K. H., Jung, S., Kim, H. J., Kim, H. S., Lee, J. H., & Jo, C. (2012). Effect of dietary supplementation of the combination of gallic and linoleic acid in thigh meat of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(11), 1641-1648. doi: 10.5713/ajas.2012.12260
- Li, H., Wang, H., D'Aoust, J. Y., & Maurer, J. (2012). *Salmonella* species. In: Doyle, M. P., Buchanan, R. L., eds. *Food microbiology: fundamentals and frontiers*. (4th ed.). Washington, D.C.: ASM Press. doi: 10.1128/9781555818463
- Li, Z., Zhang, J., Wang, T., Zhang, J., Zhang, L., & Wang, T. (2022). Effects of capsaicin on growth performance, meat quality, digestive enzyme activities, intestinal morphology, and organ indexes of broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 841231. doi: 10.3389/fvets.2022.841231
- Liu, J. G., Xia, W. G., Chen, W., Abouelezz, K. F. M., Ruan, D., Wang, S., Zhang, Y. N., Huang, X. B., Li, K. C., Zheng, C. T., & Deng, J. P. (2021). Effects of capsaicin on laying performance, follicle development, and ovarian antioxidant capacity in aged laying ducks. *Poultry Science*, 100(4), 100901. doi: 10.1016/j.psj.2020.11.070
- Lutful Kabir, S. M. (2009). The role of probiotics in the poultry industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(8), 3531-3546. doi: 10.3390/ijms10083531
- Mazur-Kuśnirek, M., Antoszkiewicz, Z., Lipinski, K., Kaliniewicz, J., Kotlarczyk, S., & Zukowski, P. (2019). The effect of polyphenols and vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens exposed to high temperature. *Archives of Animal Nutrition*, 73(2), 111-126. doi: 10.1080/1745039X.2019.1572342
- Moradi, S., Mousavinia, M., & Galeh, B. A. (2016). Effect of use black and red pepper powder as feed additive on performance and some immune parameters of Cobb 500 broiler chicks. *CIBTech Journal of Zoology*, 5(2), 45-50.
- Namted, S., Pongpong, K., Loongyai, W., Rakangthong, C., & Bunchasak, C. (2021). Improving growth performance and blood profile by feeding autolyzed yeast to improve pork carcass and meat quality. *Animal Science Journal*, 92(1), e13666. doi: 10.1111/asj.13666
- Nasr, M. A. F., Alkhedaide, A. Q., Ramadan, A. A. I., Hafez, A. S. E., & Hussein, M. A. (2021). Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators

- of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*, 100(11), 101442. doi: 10.1016/j.psj.2021.101442
- National Research Council. (1994). *Nutrient requirements of poultry*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Panchal, S. K., Bliss, E., & Brown, L. (2018). Capsaicin in metabolic syndrome. *Nutrients*, 10(5), 630. doi: 10.3390/nu10050630
- Paraksa, N., Songsaem, T., Triwuttanon, O., Sindhuanich, S., & Kaewdirek, A. (2005). *Use of the crude extract from Capsicum spp. in broilers evaporative cooling housing system*. Bangkok: Thailand Science Research and Innovation (TSRI). (in Thai)
- Patel, A. P., Bhagwat, S. R., Pawar, M. M., Prajapati, K. B., Chauhan, H. D., & Makwana, R. B. (2016). Evaluation of *Embllica officinalis* fruit powder as a growth promoter in commercial broiler chickens. *Veterinary World*, 9(2), 207-210. doi: 10.14202/vetworld.2016.207-210
- Penders, J., Thijs, C., van den Brandt, P. A., Kummeling, I., Snijders, B., Stelma, F., Adams, H., van Ree, E., & Stobberingh, E. E. (2007). Gut microbiota composition and development of atopic manifestations in infancy: the KOALA Birth Cohort Study. *Gut*, 56(5), 661-667. doi: 10.1136/gut.2006.100164
- Petracci, M., Mudalal, S., Soglia, F., & Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71(02), 363-374. doi:10.1017/S0043933915000367
- Prisco, F., De Biase, D., Piegari, G., d'Aquino, I., Lama, A., Comella, F., Mercogliano, R., Dipineto, L., Papparella, S., & Paciello, O. (2021). Pathologic characterization of white striping myopathy in broiler chickens. *Poultry Science*, 100(7), 101150. doi: 10.1016/j.psj.2021.101150
- Ross, A. (2022). *Ross 308 and Ross 308 FF broiler performance objectives*. Alabama: Aviagen.
- Saeed, S., & Tariq, P. (2007). Antibacterial activities of *Embllica officinalis* and *Coriandrum sativum* against Gram negative urinary pathogens. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1), 32-35.
- Sanati, S., Razavi, B. M., & Hosseinzadeh, H. (2018). A review of the effects of *Capsicum annum* L. and its constituent, capsaicin, in metabolic syndrome. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 21(5), 439-448. doi: 10.22038/IJBMS.2018.25200.6238
- Santos, A. R., De Campos, R. O., Miguel, O. G., Cechinel-Filho, V., Yunes, R. A., & Calixto, J. B. (1999). The involvement of K⁺ channels and Gi/o protein in the antinociceptive action of the gallic acid ethyl ester. *European Journal of Pharmacology*, 379(1), 7-17. doi: 10.1016/s0014-2999(99)00490-2
- Shahverdi, A., Kheiri, F., Faghani, M., Rahimian, Y., & Rafiee, A. (2013). The effect of use red pepper (*Capsicum annum* L.) and black pepper (*Piper nigrum* L.) on performance and hematological parameters of broiler chicks. *European Journal of Zoological Research*, 2(6), 44-48.
- Son, J., Kim, H. J., Hong, E. C., & Kang, H. K. (2022). Effects of stocking density on growth performance, antioxidant status, and meat quality of finisher broiler chickens under high temperature. *Antioxidants*, 11(5), 871. doi: 10.3390/antiox11050871
- Sosnówka-Czajka, E., & Skomorucha, I. (2022). Sudden death syndrome in broiler chickens: a review on the etiology and prevention of the syndrome. *Annals of Animal Science*, 22(3), 865-871. doi: 10.2478/aoas-2022-0007
- Suganya, N., Bhakkiyalakshmi, E., Sarada, D. V. L., & Ramkumar, K. M. (2016). Reversibility of endothelial dysfunction in diabetes: role of polyphenols. *British Journal of Nutrition*, 116(2), 223-246. doi: 10.1017/S0007114516001884
- Tangade, S. U. (2007). *Effect of herbal and synthetic vitamin C supplementation on the performance of broilers under intense summer condition*. (Master's Thesis). Nagpur, India. Maharashtra Animal and Fishery Sciences University.
- Viveros, A., Chamorro, S., Pizarro, M., Arija, I., Centeno, C., & Brenes, A. (2011). Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poultry Science*, 90(3), 566-578. doi: 10.3382/ps.2010-00889
- Walter, J., Hertel, C., Tannock, G. W., Lis, C. M., Munro, K., & Hammes, W. P. (2001). Detection of *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, and *Weissella* species in human feces by using group-specific PCR primers and denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(6), 2578-2585. doi: 10.1128/AEM.67.6.2578-2585.2001
- Wang, Y., Tang, C., Tang, Y., Yin, H., & Liu, X. (2020). Capsaicin has an anti-obesity effect through alterations in gut microbiota populations and short-chain fatty acid concentrations. *Food & Nutrition Research*, 64. doi: 10.29219/fnr.v64.3525

- Wierup, M. (2001). The experience of reducing antibiotics used in animal production in the Nordic countries. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 18(3), 287-290. doi: 10.1016/s0924-8579(01)00380-6
- Wyszyńska, A. K., & Godlewska, R. (2021). Lactic acid bacteria—A promising tool for controlling chicken *Campylobacter* infection. *Frontiers in Microbiology*, 12, 703441. doi: 10.3389/fmicb.2021.703441
- Yang, T., Liu, B., Wang, Y., Huang, X., Yan, Z., Jiang, Q., & Chen, Q. (2022). Ellagic acid improves antioxidant capacity and intestinal barrier function of heat-stressed broilers via regulating gut microbiota. *Animals*, 12(9), 1180. doi: 10.3390/ani12091180
- Zeferino, C. P., Komiyama, C. M., Pelícia, V. C., Fascina, V. B., Aoyagi, M. M., Coutinho, L. L., Sartori, J. R., & Moura, A. S. A. M. T. (2016). Carcass and meat quality traits of chickens fed diets concurrently supplemented with vitamins C and E under constant heat stress. *Animal*, 10(1), 163-171. doi: 10.1017/S1751731115001998

Research article

Effect of Habanero pepper and Indian gooseberry powder on intestinal bacterial population, meat quality, and growth performance in broilers

Nattarin Phisitaukara Thanathip Supcharoenkul Chaowit Rakangthong

Chaiyapoom Bunchasak and Wiriya Loongyai*

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 31 August 2023

Revised: 2 November 2023

Accepted: 24 November 2023

Online published: 4 December 2023

Keyword

Bacterial population

Broiler, Habanero pepper

Indian gooseberry

Meat quality

ABSTRACT

This study evaluated the impacts of Habanero pepper powder and Indian gooseberry powder (IHP) on intestinal bacteria, meat quality, and growth performance of broiler chickens. A total of 24 male Ross 308 broilers were randomly divided into two groups: the control group (CON) and the IHP treatment group (supplemented with 0.01 % Habanero pepper powder and 0.02 % Indian gooseberry powder). Growth performance was monitored on a weekly basis over a period of 42 days. The findings revealed no significant differences in BWG, FI, and FCR between the groups ($p > 0.05$), with no observed mortality. Based on carcass trait analysis, there were no significant differences in drip loss, cooking loss, or shear force ($p > 0.05$). Supplementation with IHP demonstrated its potential to increase the abundance of *Lactobacillus* sp. ($p < 0.01$), while *E. coli* was not reduced ($p > 0.05$). According to the results, supplementation with Habanero pepper and Indian gooseberry powder was demonstrated to modulate lactic acid bacteria in cecum and balance bacterial population in the gut of broiler chickens.

*Corresponding author

E-mail address: agrwyl@ku.ac.th (W. Loongyai)

Online print: 4 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.35>



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

บทความวิจัย

อิทธิพลของสารพลาโคลบิวทราโซลและเอทิฟอนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของมะเขือเทศที่ระยะสุกแตกต่างกัน

สุธาทิพย์ คนชื้อ และ สำราญ พิมราช*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

Article history

รับ: 25 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 21 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 22 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 5 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

มะเขือเทศ

สารพลาโคลบิวทราโซล

สารเอทิฟอน

การปรับปรุงพันธุ์

ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศคือการใช้เวลานานกว่าจะได้มาซึ่งมะเขือเทศพันธุ์ดีและเป็นที่ต้องการของตลาด รวมทั้งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการปรับปรุงพันธุ์และการดูแลจัดการ การควบคุมการเจริญเติบโตให้ง่ายต่อการจัดการ และการเร่งอายุในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่จะนำไปปลูกในชั่วรุ่นต่อไปจึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้พันธุ์ได้เร็วขึ้นและได้เปรียบทางการตลาด งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารพลาโคลบิวทราโซลและเอทิฟอนต่อการเจริญเติบโต อายุการเก็บเกี่ยว ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ วางแผนงานทดลองแบบ 3 x 6 Factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ ปัจจัย A คือ สายพันธุ์มะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ และปัจจัย B คือ ชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน 6 แบบ จากการศึกษาพบว่า มะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์การเจริญเติบโตแตกต่างกัน สายพันธุ์ C103 เป็นสายพันธุ์ที่มีอายุการออกดอกที่ล่าช้ากว่าสายพันธุ์ A101 และ B102 อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของมะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ มะเขือเทศสายพันธุ์ C103 เป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลโต มีอายุเก็บเกี่ยวที่ช้ากว่าสายพันธุ์ A101 และ B102 หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตและเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ 1 เดือนสายพันธุ์ A101 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าสายพันธุ์ A102 และ A103 การใช้สารพลาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว และการใช้สารพลาโคลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง โดยทำให้ความสูง จำนวนข้อ ความยาวปล้อง ความกว้างใบ ความยาวใบ และจำนวนใบของมะเขือเทศลดลง แต่จะมีความเข้มสีใบ (ค่า SCMR) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) ในขณะที่การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวทั้งที่อายุ 65 และ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ดส่งผลทำให้การเจริญเติบโตไม่แตกต่างไปจากวิธีการควบคุม การใช้สารพลาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และการใช้สารพลาโคลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนมีแนวโน้มทำให้มะเขือเทศออกดอกเร็วขึ้น และมีผลทำให้อายุเก็บเกี่ยวมะเขือเทศเร็วกว่าวิธีการควบคุม แต่จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ซึ่งการใช้สารพลาโคลบิวทราโซลจำนวน 1 ครั้งที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ดมีแนวโน้มให้อายุวันเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด คุณภาพเมล็ดพันธุ์ในด้านเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือนไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือนมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ในขณะที่ความเร็วในการงอกของเมล็ดในวิธีการใช้สารต่างๆ มีแนวโน้มทำให้ความเร็วในการงอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสัมพันธ์กันระหว่างสายพันธุ์มะเขือเทศกับชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูง ความยาวปล้อง วันออกดอก อายุเก็บเกี่ยว จำนวนผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพแปลงทดลอง ซึ่งการใช้สารพลาโคลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ และได้เมล็ดพันธุ์เร็วขึ้น

บทนำ

ในปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศทั้งหมดจำนวน 39,555 ไร่ ผลผลิตรวม 132,650 ตัน และมีปริมาณการส่งออก 8,385 ตัน คิดเป็นมูลค่า 347.44 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2020) และในปี 2563 มีการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ปริมาณ 43,500.97 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 1,266.28 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2020) ปัญหาส่วน

ใหญ่ในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศที่สำคัญคือการใช้เวลานานกว่าจะได้มาซึ่งมะเขือเทศสายพันธุ์ดีเป็นที่ต้องการของตลาด ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงพันธุ์และการดูแลจัดการสูง จากการศึกษาที่ผ่านมา มีรายงานว่า การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศเพื่อรับประทานผลสดใช้เวลาในการปรับปรุงพันธุ์ต่อเนื่องกันนานเป็นระยะเวลากว่า 3 ปี (Techawongstien et al., 2009) และปัญหาอีกประการหนึ่งคือการสุกแก่ของผลผลิตมะเขือเทศไม่สม่ำเสมอเป็นปัญหาในการเก็บ

*Corresponding author

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

Online print: 6 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.36>

เกี่ยว ดังนั้นแนวทางที่ช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ การดูแล และจัดการต้นมะเขือเทศได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะมะเขือเทศที่มีทรงพุ่ม เป็นแบบเลื้อยและมีอายุเก็บเกี่ยวช้า คือการใช้สารควบคุม การเจริญเติบโต เช่น สารพาโคลบิวทราโซล และเอทีฟอน เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ ผลสุกแก่พร้อมกัน และเร่งอายุในการเก็บเกี่ยวให้เร็วขึ้น

สารพาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol) มีกลไกการออกฤทธิ์ที่สำคัญในการยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน และช่วยส่งเสริมให้ระดับไซโตไคนินในใบและตาสูงขึ้นแต่ทำให้ระดับจิบเบอเรลลินลดลง ลดการยืดตัวของเซลล์ทำให้ปล้องสั้น ลำต้นเตี้ย ใบหนาขึ้น ใบเขียวเข้มขึ้น กระตุ้นการออกดอกของพืช ทำให้พืชทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ช่วยเพิ่มการติดผลและผลผลิตของพืช (Sangudom, 2016) สารพาโคลบิวทราโซลสามารถนำมาใช้ชะลอการเจริญเติบโต ลดปล้องของลำต้นมะเขือเทศให้สั้น ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของราก เร่งให้เกิดดอก ทำให้ออกผลเร็วและอายุในการเก็บเกี่ยวสั้นลง และเพิ่มการผลิตเมล็ดในพืช (Silva et al., 2020)

สารเอทีฟอน (Etephon) เป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน มีพิษค่อนข้างต่ำ และสลายตัวได้ง่าย เมื่อละลายน้ำและซึมผ่านเข้าไปในไซโตพลาสซึมของเซลล์พืชจะสลายตัวและปลดปล่อยเอทิลีนออกมา เอทิลีนเป็นก๊าซชนิดหนึ่งซึ่งจัดเป็นฮอร์โมนพืช เนื่องจากพืชสร้างขึ้นมาได้ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการแก่ชรา ใช้กระตุ้นการสุกของผลไม้ ใช้ทำลายการพักตัวของไม้หัวและมันฝรั่ง ใช้ลดความเหนียวของข้าวในไม่ผลบางชนิดทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย (Sangudom, 2016) การใช้สารเอทีฟอนช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของผลสุกในช่วงเก็บเกี่ยว และมีผลต่อความแข็งแรงและความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (Kwon & Bradford, 1984) สารเอทีฟอนช่วยเร่งการสุกแก่ของมะเขือเทศให้เร็วขึ้นและมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีในผลของมะเขือเทศสายพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Gaweda et al., 2016) การใช้สารพาโคลบิวทราโซลไม่มีผลทำให้ค่าความหวานของมะเขือเทศแตกต่างไปจากการไม่ใช้สารพาโคลบิวทราโซล (Ramos-Fernández et al., 2021) ในขณะที่การใช้สารเอทีฟอนในอัตราความเข้มข้น 750-1,000 ppm มีผลทำให้ค่าความหวานของมะเขือเทศมากกว่าการไม่ใช้สาร หรือการใช้สารเอทีฟอนในอัตรา 200-500 ppm และทำให้ผลมะเขือเทศสุกแก่เร็วขึ้น (Chowdhury et al., 2020) จากการศึกษาที่ผ่านมาเห็นได้ว่ามีการใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว หรือใช้สารเอทีฟอนในมะเขือเทศเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ยังขาดข้อมูลการใช้ผลของการใช้สารทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันต่อการเจริญเติบโต อายุการเก็บเกี่ยว ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของมะเขือเทศ การใช้สารพาโคลบิวทราโซลหรือการใช้สารเอทีฟอนเพียงชนิดเดียว หรือการใช้สารทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันจะมีผลทำให้สามารถเก็บเกี่ยวมะเขือเทศสายพันธุ์มีอายุสุกแก่ต่างกัน (สุกแก่เร็ว สุกแก่ปานกลาง และสุกแก่ช้า) ได้เร็วขึ้นหรือไม่ และมีผลการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์อย่างไร

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซล และสารเอทีฟอนต่อการเจริญเติบโต อายุการเก็บเกี่ยว ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้ง่ายต่อการจัดการ การเร่งอายุในการเก็บเกี่ยวให้เร็วขึ้น และให้ผลสุกแก่พร้อมกัน

ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์ได้เร็วขึ้นและได้เปรียบทางการตลาด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

แผนการทดลอง

วางแผนงานทดลองแบบ 3 x 6 Factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ปัจจัย A คือ สายพันธุ์มะเขือเทศที่นำมาเปรียบเทียบ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) สายพันธุ์ A101 เป็นสายพันธุ์แบบเลื้อยที่สุกแก่เร็ว (a1) 2) สายพันธุ์ B102 เป็นสายพันธุ์แบบพุ่มที่สุกแก่ปานกลาง (a2) และ 3) สายพันธุ์ C103 เป็นสายพันธุ์แบบเลื้อยที่สุกแก่ช้า (a3) และปัจจัย B คือ ชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่ต่างกัน 6 แบบ ประกอบด้วย 1) วิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) (b1) 2) วิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ครั้ง ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด (b2) 3) วิธีการให้สารเอทีฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วัน หลังจากหลังจากหยอดเมล็ด (b3) 4) วิธีการให้สารเอทีฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด (b4) 5) วิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ครั้ง ที่อายุ 14 วัน หลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับวิธีการให้สารเอทีฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วัน หลังจากหยอดเมล็ด (b5) และ 6) วิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ครั้ง ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับวิธีการให้สารเอทีฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วัน หลังจากหยอดเมล็ด (b6) ทดลองในสภาพโรงเรือน ณ บริษัท ชินเจนทาซีดีส์ (ประเทศไทย) จำกัด เลขที่ 235 หมู่ 8 ตำบลบ้านฝาง อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น 40270 ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึง เดือนมกราคม 2564

การปลูกมะเขือเทศ

ปลูกมะเขือเทศในสภาพโรงเรือน มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส ปลูกมะเขือเทศในกระถางพลาสติก ขนาดกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุเพาะกล้าพีทมอส (Peat moss) ปริมาตร 0.58 ลิตร โดยวางใส่ถาดรองกระถางใช้ระยะห่าง 12 เซนติเมตร ปลูกโดยการหยอดเมล็ดมะเขือเทศลงในกระถางๆ ละ 3 เมล็ด แล้วกลบบางๆ เท่าความหนาของเมล็ดมะเขือเทศ โดยปลูกหน่วยทดลองละ 8 ต้น หลังจากหยอดเมล็ดรดน้ำให้ชุ่ม หลังจากหยอดเมล็ด 3-5 วัน เมล็ดเริ่มงอก เมื่ออายุได้ 12 วัน หลังจากหยอดเมล็ดถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง โดยเลือกต้นกล้าที่มีความสมบูรณ์สม่ำเสมอ และให้น้ำตามระยะที่เหมาะสม เมื่อต้นกล้ามะเขือเทศอายุได้ 18 วันหลังจากหยอดเมล็ด เริ่มใส่ปุ๋ยครั้งแรก สูตร 18-18-18 โดยการนำปุ๋ยมาละลายน้ำอัตราส่วน 80 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร รดบริเวณรอบๆ โคนต้นอัตรา 150 มิลลิลิตรต่อต้น ให้ทุก 3 วัน วันไหนที่มีการให้ปุ๋ยจะให้พร้อมกับการรดน้ำ เมื่อมะเขือเทศเริ่มออกดอก 33 วันหลังจากหยอดเมล็ด ทำการเปลี่ยนสูตรปุ๋ยเป็นสูตร 13-40-13 โดยการนำปุ๋ยมาละลายน้ำอัตราส่วน 80 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร รดบริเวณรอบๆ โคนต้นอัตรา 150 มิลลิลิตรต่อต้น ให้ทุก 3 วัน และเมื่อผลมะเขือเทศเริ่มเจริญเติบโตอายุ 60 วันหลังจากหยอดเมล็ด ทำการเปลี่ยนสูตรปุ๋ยเป็นสูตร 6-12-36 โดยการนำปุ๋ยมาละลายน้ำ

อัตราส่วน 80 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร รดบริเวณรอบๆ โคนต้นอัตรา 150 มิลลิลิตรต่อต้น ให้ทุก 3 วัน จนกว่าได้เก็บเกี่ยวผลผลิต

การให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนและสารเอทิลฟอน

ให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนและสารเอทิลฟอนแต่ละกรรมวิธีการทดลองตามระยะเวลาที่กำหนด โดยให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีน อัตราความเข้มข้น 100 ppm ด้วยวิธีการรดสารที่โคนต้นมะเขือเทศในปริมาตร 2 มิลลิลิตรต่อต้น และให้สารเอทิลฟอน อัตราความเข้มข้น 100 ppm ด้วยวิธีการฉีดพ่นในปริมาตร 2 มิลลิลิตรต่อต้น

การเก็บข้อมูล

บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ ด้านความสูง จำนวนข้อ ความยาวปล้อง ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ และความเข้มข้นสีใบ (ค่า SPAD chlorophyll meter reading; SCMR) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ อายุวันออกดอก อายุวันเก็บเกี่ยว จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้น วัดค่าความหวาน น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด

ข้อมูลด้านคุณภาพของเมล็ด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด และความเร็วในการงอกของเมล็ด โดยทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 และ 3 เดือน โดยนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้จากงานทดลองที่เก็บไว้ จำนวน 50 เมล็ดต่อหน่วยทดลอง มาทดสอบความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

ในสภาพห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Top of paper (TP) โดยนำเมล็ดมาทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ตรวจสอบประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ตามกฎของของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association: ISTA) โดยวันแรกที่เริ่มนับ (First count) จนถึงวันสุดท้ายที่นับ (Final count) คือวันที่ 5 วัน และ 14 วัน หลังจากเพาะเมล็ดตามลำดับ จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก และในสภาพโรงเรือนแบบปิดที่ควบคุมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยนำเมล็ดมาทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ในภาชนะขนาด 50 หลุม ที่บรรจุวัสดุเพาะกล้า เพาะเมล็ดพันธุ์และตรวจสอบประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ตามกฎของของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ โดยวันแรกที่เริ่มนับจนถึงวันสุดท้ายที่นับ คือวันที่ 5 วัน และ 14 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ตามลำดับ จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก คำนวณได้จากสูตร

ความงอกของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนต้นกล้าปกติ/จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ปลูก) × 100

ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จากการคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือน โดยการตรวจสอบประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ในวันที่ 5 และ 14 หลังจากเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ตามหลักสากล สมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysis: AOSA) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ 5 วันหลังเพาะ}}{\text{จำนวนวันที่ตรวจนับครั้งแรก (5 วัน)}} + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ 14 วันหลังเพาะ}}{\text{จำนวนวันที่ตรวจนับครั้งแรก (14 วัน)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีการทดลอง โดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป Statistic version 10.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ความสูงต้น จำนวนข้อ ความยาวปล้อง ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ และค่า SCMR ของมะเขือเทศ ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1) มะเขือเทศสายพันธุ์ A101 และ C103 มีความสูงต้น จำนวนใบ และจำนวนข้อปล้องมากกว่าสายพันธุ์ B102 มะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์มีจำนวนข้อดอกต่อต้นที่ใกล้เคียงกัน (data not shown) สายพันธุ์ C103 เป็นสายพันธุ์ที่มีอายุการออกดอกที่ล่าช้ากว่าสายพันธุ์ A101 และ B102 อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของมะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีผลผลิตอยู่ในช่วง 328.89-363.11 กรัมต่อต้น (Table 3) มะเขือเทศสายพันธุ์ C103 เป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลโต มีอายุเก็บเกี่ยวที่ช้ากว่าสายพันธุ์ A101 และ B102 ในขณะที่ความหวาน (ค่า °Brix) ของผลสุกสายพันธุ์ A101 และ C103 สูงกว่าสายพันธุ์ B102 นอกจากนี้ยังพบว่า ผลสุกมะเขือเทศสายพันธุ์ C103 มีจำนวนเมล็ดต่อผล จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าสายพันธุ์ A101 และ B102 (Table 3)

การให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด การให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด ร่วมกับการให้สารเอทิลฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด และการให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด ร่วมกับการให้สารเอทิลฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด มีผลทำให้ความสูงต้น ความยาวข้อปล้อง ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ และจำนวนข้อปล้องของมะเขือเทศลดน้อยลงกว่าวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร แต่จะมีผลทำให้ความเข้มข้นสีใบ (ค่า SCMR) เพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) ในขณะที่การให้สารเอทิลฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด และการให้สารเอทิลฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด มีความสูงต้น และจำนวนข้อปล้องใกล้เคียงกันกับวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร และให้ค่าความเข้มข้นสีใบไม่แตกต่างไปจากวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) และค่าความเข้มข้นสีใบค่อนข้างน้อยกว่าในกรรมวิธีที่มีการใช้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีน นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสายพันธุ์มะเขือเทศกับชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงและความยาวปล้อง (Table 2) โดยที่มะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ได้รับสารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนเพียงอย่างเดียว หรือการให้สารพอลิเมอร์โพลีเอทิลีนร่วมกับสารเอทิลฟอนมีการตอบสนองที่เหมือนกัน คือมีความสูงต้นและความยาวปล้องลดลง

Table 1 Plant height, internode length, number of node, leaf width, leaf length, number of leaf and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) of three tomato varieties with application of paclobutrazol, ethephon and paclobutrazol plus ethephon

Treatments	Plant height (cm)	Internode length (cm)	Number of node	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Number of leaf (leaf)	SCMR
Varieties (A)							
A101, Indeterminate with early maturity (a1)	56.18b ^{1/}	5.07	18.22a	9.83b	15.63a	18.22a	49.10 b
B102, Determinate with medium maturity (a2)	41.22c	5.37	14.06b	10.14b	13.79b	14.06b	58.18a
C103, Indeterminate with late maturity (a3)	61.37a	5.34	20.17a	11.73a	14.82a	20.17a	61.54a
F-test (A)	**	ns	**	**	**	**	**
Application methods (B)							
Untreated control (b1)	62.76b	6.55a	20.11a	11.30ab	16.23a	20.11a	53.18b
Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	43.60c	4.67b	16.44ab	9.70c	14.00b	16.44ab	58.98a
Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	66.86a	6.50a	17.89a	10.36bc	14.58b	17.89a	52.09b
Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	66.92a	6.21a	20.11a	11.62a	16.14a	20.11a	52.44b
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	39.18d	3.61c	13.11b	10.60bc	13.92b	13.11b	61.81a
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	38.21d	4.04bc	17.22a	9.80c	13.60b	17.22a	59.14a
F-test (B)	**	**	*	**	**	*	**
A x B	**	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.21	12.89	24.25	9.81	10.02	24.25	9.03

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

Table 2 Interaction between varieties and application methods for plant height, internode length, number of internode, leaf width, leaf length, number of leaf and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) of tomato

Treatments	Plant height (cm)	Internode length (cm)	Number of node	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Number of leaf (leaf)	SCMR
Varieties (A) x Application methods (B)							
A101 (a1) x Untreated control (b1)	60.88c ^{1/}	6.42a-c	20.67	10.70	15.20	20.67	44.30
A101 (a1) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	46.76ef	4.85e-g	15.67	9.01	13.07	15.67	52.57
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	69.13b	5.99b-d	18.33	9.77	13.00	18.33	44.67
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	71.30ab	5.76c-e	21.00	10.26	13.63	21.00	45.17
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	46.29ef	3.60hi	11.67	9.96	14.63	11.67	55.17
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	42.71f	3.80g-i	22.00	9.27	13.23	22.00	52.73
B102 (a2) x Untreated control (b1)	55.35d	7.19a	19.33	11.40	17.87	19.33	58.60
B102 (a2) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	28.79g	3.98g-i	12.67	10.20	15.67	12.67	61.00
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	57.25cd	7.11ab	15.67	10.27	15.58	15.67	53.73
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	56.75cd	7.17a	17.67	11.05	17.41	17.67	55.00
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	24.67g	3.11i	9.33	9.77	14.72	9.33	59.20
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	24.50g	3.66hi	9.67	8.13	12.53	9.67	61.57
C103 (a3) x Untreated control (b1)	72.06ab	6.03b-d	20.33	11.81	15.63	20.33	56.63
C103 (a3) Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	55.25d	5.17d-f	21.00	9.90	13.28	21.00	63.37
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	74.21a	6.38a-c	17.67	11.05	13.17	17.67	57.87
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	72.70ab	5.69c-e	21.67	13.55	17.37	21.67	57.17
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	46.58ef	4.11f-i	18.33	12.07	14.40	18.33	71.07
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	47.42e	4.65e-h	22.00	12.01	15.03	22.00	63.13
F-test (A) x (B)	**	*	ns	ns	ns	ns	ns

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

Table 3 First flowering date, harvesting date, number of fruit per plant, yield per plant, total soluble solid, seed weight and 1,000 seed weight of three tomato varieties with application of paclobutrazol, ethephon and paclobutrazol plus ethephon

Treatments	First flowering date (days)	Harvesting date (days)	Number of fruit per plant (fruits/plant)	Yield per plant (g/plant)	Total soluble solid (°brix)	Seed weight (g/plant)	1,000 seed weight (g)
Varieties (A)							
A101, Indeterminate with early maturity (a1)	38.33b ^{1/}	81.83b	11.94a	363.11	6.16a	0.97b	2.78c
B102, Determinate with medium maturity (a2)	38.67b	80.28c	10.50b	328.89	4.68b	0.94b	3.24b
C103, Indeterminate with late maturity (a3)	39.39a	84.89a	8.44c	362.67	5.96a	1.69a	3.89a
F-test (A)	**	**	**	ns	**	**	**
Application methods (B)							
Untreated control (b1)	39.11b	86.56a	13.22a	432.22a	5.90ab	1.00bc	3.53ab
Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	39.78a	83.44b	9.56bcd	382.44ab	5.42bc	1.44a	3.86a
Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	39.44ab	81.00c	10.56b	332.89bc	5.97a	1.24ab	2.90c
Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	38.89b	80.89c	10.22bc	326.56bc	5.94a	0.93c	3.22bc
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	37.67c	80.67c	9.00d	321.67c	5.40bc	1.43a	3.11bc
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	37.89c	81.44c	9.22cd	313.56c	4.98c	1.14bc	3.21bc
F-test (B)	**	**	**	**	**	**	*
A x B	**	**	*	ns	ns	*	*
C.V. (%)	1.51	1.15	10.83	17.40	9.68	23.21	9.27

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารพาคโลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว หรือการใช้สารพาคโลบิวทราโซลร่วมกับสารเอทิฟอนจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะเขือเทศ ทำให้ความสูงของต้นมะเขือเทศลดลง ความยาวข้อปล้องของต้นสั้นลง ความกว้าง ความยาวใบขนาดลดลง จำนวนใบ และจำนวนข้อปล้องของมะเขือเทศลดน้อยลง แต่จะทำความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวมีความสูงต้น และจำนวนข้อปล้องใกล้เคียงกันกับวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร และให้ค่าความเข้มข้นไม่แตกต่างไปจากวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารพาคโลบิวทราโซลจะไปยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ซึ่งจะส่งผลต่อการยืดตัวของเซลล์ทำให้ปล้องสั้น ต้นเตี้ยลง ใบหนาขึ้น และใบเขียวเข้มขึ้น (Sangudom, 2016; Silva et al., 2020) ซึ่งกลไกการทำงานของสารพาคโลบิวทราโซลมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) ซึ่งไปขัดขวางกระบวนการ Oxidation ของ Kaurene ไม่ให้เปลี่ยนไปเป็น Kaurenoid acid ที่เป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนเป็นจิบเบอเรลลินชนิดต่างๆ ที่บริเวณเนื้อเยื่อเจริญได้ปลายยอด ทำให้ระดับของจิบเบอเรลลินในพืชชั้นยอดมีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ลดลง การยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ (Cumming et al., 2002)

การใช้สารพาคโลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด การให้สารพาคโลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด ร่วมกับการให้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด และการให้สารพาคโลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด ร่วมกับการให้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด มีผลทำให้จำนวนข้อดอกไม่แตกต่างไปจากกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใช้สาร) (data not shown) แต่จะมีผลทำให้วันออกดอกมี

แนวโน้มเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร ทุกๆ กรรมวิธีที่มีการใช้สารพาคโลบิวทราโซล การใช้สารเอทิฟอน หรือกรรมวิธีที่มีการใช้สารพาคโลบิวทราโซลร่วมกับสารเอทิฟอนมีผลทำให้อายุเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศสั้นกว่าหรือเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมไม่ใช้สาร อย่างไรก็ตามการให้สารพาคโลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด ร่วมกับการให้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด มีแนวโน้มทำให้วันเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด แต่ไม่แตกต่างไปจากการให้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด หรือ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด จากการศึกษานี้ให้เห็นว่า การใช้สารพาคโลบิวทราโซลเพียงชนิดเดียว การใช้สารพาคโลบิวทราโซลร่วมกับสารเอทิฟอนที่มีผลทำให้อายุการเก็บเกี่ยวสั้นลง (Table 3)

มะเขือเทศที่ปลูกในกรรมวิธีควบคุมไม่ใช้สารพาคโลบิวทราโซลหรือสารเอทิฟอนให้ผลผลิตสูงสุด (432.22 กรัมต่อต้น) รองลงมาคือการใช้สารพาคโลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ครั้ง ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ด (382.44 กรัมต่อต้น) ในขณะที่กรรมวิธีการใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว ที่อายุ 65 และ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด (332.89 และ 326.56 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) หรือกรรมวิธีที่ใช้สารพาคโลบิวทราโซลร่วมกับการให้สารเอทิฟอน ทั้งสองระยะที่อายุ 65 และ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด (321.67 และ 313.56 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ให้ผลผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมไม่ใช้สาร อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์มะเขือเทศและวิธีการให้สารพาคโลบิวทราโซลและสารเอทิฟอนในลักษณะผลผลิต (Table 3) ในขณะที่วิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) ให้จำนวนผลต่อต้นมากที่สุด (13.22 ผลต่อต้น) ส่วนจำนวนผลต่อต้นของกรรมวิธีการใช้สารพาคโลบิวทราโซลและการให้สารเอทิฟอนมีค่าใกล้เคียงกัน (9.00-10.56 ผลต่อต้น) การใช้สารพาคโลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว หรือการให้สาร

พาคอลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนมีผลทำให้ค่าความหวานของในผลมะเขือเทศค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สาร หรือการใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวที่อายุ 65 หรือ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด (Table 3) อย่างไรก็ตามมีบางรายงานที่พบว่าการใช้สารพาคอลบิวทราโซลไม่มีผลทำให้ค่าความหวานของมะเขือเทศแตกต่างไปจากการไม่ใช้สารพาคอลบิวทราโซล (Ramos-Fernández et al., 2021) ในขณะที่การใช้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 750-1,000 ppm มีผลทำให้ค่าความหวานของมะเขือเทศมากกว่าวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) หรือการใช้สารเอทิฟอนในอัตรา 200-500 ppm (Chowdhury et al., 2020) สำหรับลักษณะน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของมะเขือเทศในกรรมวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว หรือการให้สารพาคอลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอน ทั้งที่อายุ 65 และ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ดมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) ขณะที่น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในกรรมวิธีการใช้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วัน หรือการใช้เอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วัน หลังจากหยอดเมล็ด ไม่แตกต่างไปจากกรรมวิธีควบคุม (data not shown) เมื่อพิจารณาถึงปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสายพันธุ์มะเขือเทศกับชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันในลักษณะวันออกดอก อายุเก็บเกี่ยว จำนวนผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผล และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (Table 4) โดยเฉพาะการตอบสนองในลักษณะวันออกดอก อายุเก็บเกี่ยว และจำนวนผลต่อต้นของมะเขือเทศสายพันธุ์ A101 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แบบเลื้อยที่สุกแก่เร็ว มีการตอบสนองที่ชัดเจน คือ วันออกดอกเร็วขึ้น อายุเก็บเกี่ยวสั้นลง และจำนวนผลต่อต้นลดลงเมื่อได้รับสารพาคอลบิวทราโซล หรือการได้รับสารพาคอลบิวทราโซลร่วมกับสารเอทิฟอน ในขณะที่สายพันธุ์ B102 เป็นสายพันธุ์แบบพุ่มที่สุกแก่ปานกลาง และสายพันธุ์ C103 เป็นสายพันธุ์แบบเลื้อยที่สุกแก่ช้า มีการตอบสนองที่ชัดเจนในลักษณะจำนวนผลต่อต้น กล่าวคือ มีจำนวนผลต่อต้นลดลงเมื่อได้รับสารดังกล่าว ซึ่งมะเขือเทศทั้งสามสายพันธุ์มีอายุเก็บเกี่ยวที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับมะเขือเทศที่ไม่ได้รับสาร

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่ามะเขือเทศที่ในวิธีการควบคุมที่ไม่มีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลหรือสารเอทิฟอนให้ผลผลิตสูงที่สุด แต่จะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ช้ากว่าวิธีที่มีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลและสารเอทิฟอน หรือใช้สารทั้งสองชนิดนี้ร่วมกัน Silva et al. (2020) รายงานว่า การใช้สารดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศ โดยไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อช่อดอก ทำให้อายุวันออกดอกเร็วขึ้น อายุวันติดผลเร็วขึ้น เจริญเติบโตเต็มที่เร็วขึ้น และเก็บเกี่ยวผลได้เร็วขึ้น และจากการศึกษาเห็นได้ว่าการใช้สารเอทิฟอนในมะเขือเทศไม่ทำให้การเจริญเติบโตของมะเขือเทศลดลง แต่จะทำให้อายุเก็บเกี่ยวสั้นลง เนื่องจากสารเอทิฟอนใช้เร่งการสุกของผลไม้สามารถเร่งการสุกแก่ทำให้ผลเปลี่ยนสีได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งประโยชน์และความสำคัญของสารเอทิฟอนในทางการเกษตรได้มีการนำสารเอทิฟอน ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถปลดปล่อยสารเอทิลีนมาใช้ประโยชน์กับพืช ในกระดุนการออกดอก ใช้เร่งการสุกแก่ของผลไม้ปกติพืชจะมีการสร้างเอทิลีนในระยะที่ผลแก่จัดแต่ผลยังไม่สุก ทำให้เร่งการสุกของผลไม้ให้เร็วขึ้น (Gaweda et al., 2016; Sangudom, 2016) จากรายงานของ Silva et al. (2020) พบว่า สารพาคอลบิวทรา

โซลเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ชะลอการเจริญเติบโตช่วยลดขนาดของข้อปล้องส่วนลำต้นให้สั้นลง และทำให้อายุเก็บเกี่ยวพืชสั้นลง และ Tiwari and Singh (2014) พบว่า การฉีดพ่นสารพาคอลบิวทราโซลในอัตรา 20 ppm ทำให้ความสูงของพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้น และการฉีดพ่นสารเอทิฟอนในอัตรา 100 ppm ทำให้ผลมะเขือเทศสุกเร็วขึ้น

สำหรับน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (Table 3) ในกรรมวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วัน หลังจากหยอดเมล็ด และกรรมวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด (1.44 และ 1.43 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) รองลงมาคือ การใช้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ด และวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วันหลังจากหยอดเมล็ด ตามลำดับ (1.24, และ 1.14 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) โดยที่กรรมวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซล 100 ppm เพียงอย่างเดียวที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดมีแนวโน้มให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด (3.86 กรัม) แต่ไม่แตกต่างไปจากวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร)

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปตรวจสอบความงอกและความแข็งแรง พบว่า เมล็ดพันธุ์ของมะเขือเทศสายพันธุ์ A101 เป็นสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าสายพันธุ์ B102 และ C103 เมื่อนำมาทดสอบความงอกของเมล็ดในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงทดลองหลังจากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ระยะเวลา 1 เดือน และ 3 เดือน ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศทั้ง 3 สายพันธุ์เมื่อนำมาทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวที่ทดสอบในสภาพโรงเรือนมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยที่สายพันธุ์ A101 มีความเร็วในการงอกที่ช้ากว่าสายพันธุ์ B102 และ C103 ทั้งที่ระยะ 1 เดือนและ 3 เดือน (Table 5)

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการให้สารพาคอลบิวทราโซลและสารเอทิฟอน พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ (91.22-97.11 เปอร์เซ็นต์) และในสภาพโรงเรือน (94.89-98.22 เปอร์เซ็นต์) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างการให้สารพาคอลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว หรือการใช้สารพาคอลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) (Table 5) แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ปลูกในกรรมวิธีการใช้สารพาคอลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 14 วันหลังจากหยอดเมล็ดร่วมกับวิธีการให้สารเอทิฟอนในอัตราความเข้มข้น 100 ppm ที่อายุ 70 วัน หลังจากหยอดเมล็ดให้เปอร์เซ็นต์ความงอก (78.44 และ 89.33 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน ตามลำดับ) ต่ำกว่าวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร (85.56 และ 96.44 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน ตามลำดับ)

ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ที่เหลือให้เปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันไปจากกรรมวิธีควบคุมไม่ใช้สาร ในส่วนของความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ประเมินจากความเร็วในการงอกของเมล็ดในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือน พบว่า วิธีการใช้สารต่างๆ ทำให้ความเร็วในการงอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมไม่ใช้สาร (Table 5) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์มะเขือเทศกับชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในลักษณะความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพแปลงทดลอง (Table 6) จากศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้สารพาคโลบิวทราโซลและสารเอทิฟอนไม่มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ในด้านเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ระยะเวลา 1 เดือน แต่หลังจากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้สารพาคโลบิวทราโซลและสารเอทิฟอนในงานปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ สามารถช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์พ้อ-สายพันธุ์แม่ให้เร็วขึ้นโดย เฉพาะการคัดเลือกพันธุ์โดยวิธีปลูกหนึ่งเมล็ดต่อต้น เพื่อให้ได้เมล็ดรุ่นต่อไปได้เร็วขึ้น ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการดูแลจัดการและช่วยลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

Table 4 Interaction between varieties and application methods for first flowering date, harvesting date, number of fruit per plant, yield per plant, total soluble solid, seed weight and 1,000 seed weight of tomato.

Treatments	First flowering date (days)	Harvesting date (days)	Number of fruit per plant (fruits/plant)	Yield per plant (g/plant)	Total soluble solid (^o Brix)	Seed weight (g/plant)	1,000 seed weight (g)
Varieties (A) x Application methods (B)							
A101 (a1) x Untreated control (b1)	39.00cd ^{1/}	85.33b	15.00a	436.33	6.43	1.13cde	3.53b-f
A101 (a1) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	38.00ef	82.00e-g	12.00b	419.67	6.43	0.99def	2.49fg
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	39.00cd	82.00e-g	11.67b	333.33	5.90	0.88def	2.27g
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	39.00cd	79.67hi	10.33bc	308.67	6.63	0.81def	3.20c-g
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	37.33f	80.67gh	11.00b	330.33	6.17	0.84def	2.84efg
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	37.67ef	81.33fg	11.67b	350.33	5.40	1.19bcd	2.35g
B102 (a2) x Untreated control (b1)	39.00cd	85.33b	14.33a	433.67	5.00	1.03def	3.60b-e
B102 (a2) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	40.00b	82.67d-f	9.00cd	313.67	4.27	0.73ef	4.80a
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	39.33bc	77.67k	11.00b	316.67	5.17	0.93def	2.71efg
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	38.33de	79.33h-j	11.67b	350.00	5.03	1.24bcd	2.77efg
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	37.33f	78.00jk	8.33d	270.00	4.43	0.66f	2.52fg
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	38.00ef	78.67i-k	8.67cd	289.33	4.20	1.03def	3.04d-g
C103 (a3) x Untreated control (b1)	39.33bc	89.00a	10.33bc	426.67	6.27	2.13a	3.4567b-f
C103 (a3) Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	41.33a	85.67b	7.67d	414.00	5.57	1.08c-f	4.29ab
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	40.00b	83.33c-e	9.00cd	348.67	6.83	1.62b	3.72b-e
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	39.33bc	83.67cd	8.67cd	321.00	6.17	2.27a	3.68b-e
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	38.33de	83.33c-e	7.67d	364.67	5.60	1.50bc	3.96a-d
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	38.00ef	84.33bc	7.33d	301.00	5.33	1.51bc	4.24abc
F-test (A) x (B)	**	**	*	ns	ns	*	*

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at p<0.05 and p<0.01, respectively.

Table 5 Germination percentage and germination speed of three tomato varieties with application of paclobutrazol, ethephon and paclobutrazol plus ethephon under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments	Germination percentage (%)				Germination speed (plants/day)			
	Laboratory		Greenhouse		Laboratory		Greenhouse	
	1	3	1	3	1	3	1	3
Varieties (A)								
A101, Indeterminate with early maturity (a1)	97.78a	88.67a	99.33a	98.56a	5.16	3.76	12.69a	13.22a
B102, Determinate with medium maturity (a2)	93.50b	87.06a	94.44b	92.00b	4.99	3.66	10.16c	12.12b
C103, Indeterminate with late maturity (a3)	90.22b	80.56b	95.89b	91.00b	5.70	3.63	11.23b	11.76b
F-test (A)	**	**	**	**	ns	ns	**	**

Table 5 Germination percentage and germination speed of three tomato varieties with application of paclobutrazol, ethephon and paclobutrazol plus ethephon under laboratory and greenhouse conditions. (cont.)

Treatments	Germination percentage (%)				Germination speed (plants/day)			
	Laboratory		Greenhouse		Laboratory		Greenhouse	
Application methods (B)								
Untreated control (b1)	94.22	85.56ab	96.44	96.44a	6.40a	4.04a	11.78ab	13.02a
Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	91.22	88.78a	96.67	92.00ab	4.92b	3.55c	10.27c	11.63b
Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	96.00	89.11a	97.56	96.89a	5.14b	3.58bc	11.24bc	12.85a
Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	97.11	81.33bc	98.22	95.78a	6.36a	3.99ab	12.93a	12.85a
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	93.11	89.33a	94.89	92.67ab	4.47b	3.81abc	11.21bc	12.40a
PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	91.33	78.44c	95.56	89.33b	4.41b	3.11d	10.72bc	11.46b
F-test (B)	ns	**	ns	*	**	**	**	**
A x B	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	5.17	8.32	4.15	5.63	19.79	11.98	11.10	6.13

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

Table 6 Interaction between varieties and application methods for germination percentage and germination speed of tomato under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments	Germination percentage (%)				Germination speed (plants/day)			
	Laboratory		Greenhouse		Laboratory		Greenhouse	
	1 month	3 months	1 month	3 months	1 month	3 months	1 month	3 months
Varieties (A) x Application methods (B)								
A101 (a1) x Untreated control (b1)	97.33	88.00	98.67	98.67	6.14	3.92a-d	12.32a-d	13.35a
A101 (a1) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	96.67	94.00	99.33	98.67	5.19	3.96a-d	12.01a-d	13.28a
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	99.33	96.00	98.67	98.67	4.61	3.63c-f	12.59ab	13.3a
A101 (a1) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	98.67	82.00	100.00	99.33	5.79	3.8b-e	13.57a	13.21a
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	98.00	92.00	100.00	98.67	4.17	3.89a-d	13.24a	13.19a
A101 (a1) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	96.67	80.00	99.33	97.33	5.05	3.39d-g	12.41a-c	12.97a
B102 (a2) x Untreated control (b1)	96.00	84.67	94.67	94.67	6.16	4.49ab	11.98a-d	13.14a
B102 (a2) x Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	91.67	90.33	94.00	94.00	4.42	2.91fg	7.02f	10.44e
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	98.67	96.00	96.00	96.00	5.72	3.69c-e	10.83b-e	12.81a
B102 (a2) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	96.00	81.33	97.33	90.67	6.76	3.64c-f	12.34a-d	12.17a-d
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	90.67	89.33	90.00	88.67	3.65	4.13a-c	9.48e	12.85a
B102 (a2) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	88.00	80.67	94.67	88.00	3.23	3.08e-g	9.31e	11.32b-e
C103 (a3) x Untreated control (b1)	89.33	84.00	96.00	96.00	6.89	3.71c-e	11.03b-e	12.57ab
C103 (a3) Paclobutrazol (PZ) 100 ppm at 14 DAS (b2)	85.33	82.00	96.67	83.33	5.14	3.78b-e	11.79a-d	11.18c-e
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 65 DAS (b3)	90.00	75.33	98.00	96.00	5.08	3.42c-g	10.3de	12.43a-c
C103 (a3) x Ethephon (EP) 100 ppm at 70 DAS (b4),	96.67	80.67	97.33	97.33	6.52	4.55a	12.88ab	13.17a
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm at 65 DAS (b5)	90.67	86.67	94.67	90.67	5.6	3.43c-g	10.91b-e	11.15de
C103 (a3) x PZ 100 ppm at 14 DAS + EP 100 ppm 70 DAS (b6)	89.33	74.67	92.67	82.67	4.96	2.86g	10.45c-e	10.09e
F-test (A) x (B)	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*

^{1/}Mean values with different superscripts in each column were significantly different at 0.05 probability level. ns, *, ** = non significant, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

สรุปผลการวิจัย

การใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว และการใช้สารพาโคลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการควบคุม (ไม่ใช้สาร) แต่จะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวส่งผลทำให้การเจริญเติบโตไม่แตกต่างไปจากวิธีการควบคุม การใช้สาร

พาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว การใช้สารเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และการใช้สารพาโคลบิวทราโซลร่วมกับการใช้สารเอทิฟอนมีแนวโน้มทำให้วันออกดอกเร็วขึ้น และมีผลทำให้อายุเก็บเกี่ยวมะเขือเทศเร็วกว่าวิธีการควบคุม แต่จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตต่ำกว่าการไม่ใช้สาร ซึ่งการใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว หรือการใช้สารพาโคลบิวทราโซลร่วมกับสารเอทิฟอนให้อายุวันเก็บเกี่ยวมะเขือเทศที่ไม่

แตกต่างกันไปจากการใช้สารเอธิฟอนเพียงอย่างเดียว วิธีการให้สารพาโคลบิวทราโซลจำนวน 1 ครั้งที่อายุ 14 วันร่วมกับวิธีการให้สารเอธิฟอนที่อายุ 65 วันหลังจากหยอดเมล็ดมีแนวโน้มให้อายุวันเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือนไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโต แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ในขณะที่ความเร็วในการงอกของเมล็ดในวิธีการใช้สารต่างๆ มีแนวโน้มทำให้ความเร็วในการงอกลดลงเมื่อ

เปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างสายพันธุ์มะเขือเทศกับชนิดและระยะเวลาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูง ความยาวปล้อง วันออกดอก อายุเก็บเกี่ยว จำนวนผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพแปลงทดลอง การใช้สารพาโคลบิวทราโซลร่วมกับสารเอธิฟอนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์โดยเฉพาะมะเขือเทศที่มีทรงพุ่มเป็นแบบเลื้อยและมีอายุการสุกแก่ช้าเพื่อให้จัดการง่ายและได้เมล็ดพันธุ์เร็วขึ้น

References

- Chowdhury, F., Khan, M. H. H., Miruddin, M., Rahman, M., & Sabuz, A. A. (2020). Effect of ethephon on ripening and postharvest quality of tomato (*Solanum Lycopersicum*) during storage. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 45(3), 303-314. doi:10.3329/bjar.v45i3.62952
- Cumming, H. D., Yelverton, F. H., & Hinton, J. D. (2002). *Use of gibberellic acid to reverse the effects of gibberellic acid inhibiting plant growth regulators*. Accessed July 14, 2023. Retrieved from <http://www.turfiles.ncsu.edu>
- Gaweda, M., Jedrszczyk, E. S., Skowera, B., Jedrzejczak, R., & Szymczyk, K. (2016). The effect of application of ethephon to processing tomato plants on the chemical composition of fruits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), 484-490. doi:10.15835/nbha44210453
- Kwon, O. S., & Bradford K. J. (1984). Seed quality and fruit ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by preharvest treatment with ethephon. *Journal Applied Seed Production*, 2, 54-57.
- Office of Agricultural Economics. (2020). *Agricultural economics information*. Accessed November 20, 2023. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/tomato%2063.pdf>
- Office of Agricultural Economics. (2020). *Thailand foreign agricultural trade statistics 2020*. Accessed November 20, 2023. Retrieved from <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2564/trade2563.pdf>
- Ramos-Fernández, J., Ayala-Garay, O. J., Pérez-Grajales, M., Sánchez-del Castillo, F., & Magdaleno-Villar, J. J. (2021). Effect of paclobutrazol on plant growth, yield and fruit quality in tomato. *Bioagro*, 33(1), 59-64. doi.org/10.51372/bioagro331.8
- Sangudom, T. (2016). *Plant growth regulators and guideline for use with fruits* (1st ed.). Bangkok: Post Tech. (in Thai)
- Silva, T. V., de Melo, H. C., de Abreu Tarazi, M. F., Junior, L. C. C., Campos, L. F. C., dos Reis Nascimento, A., & de Moraes Catarino, A. (2020). Biostimulants isolated or integrated with paclobutrazol as tomato development triggering factors. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(4), 255-262. doi:10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2091
- Techawongstien, S., Lapjit, C., Khamkula, K., Komnoo, J., Yokla, W., Prasomsuay, T., & Suemanotham, P. (2009). Varietal improvement of cherry tomato for good quality and high yield. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 37(1), 51-60. (in Thai)
- Tiwari, A. K., & Singh, D. K. (2014). Use of plant growth regulators in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under Tarai conditions of Uttarkhand. *Indian Journal of Hill Farming*, 27(2), 38-40.

Research article

Effects of paclobutrazol and ethephon on growth, yield and seeds quality of tomato cultivars at different fruit maturity

Sutatip Konsue and Sumran Pimratch*

Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham Province, 44000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 25 August 2023

Revised: 21 November 2023

Accepted: 22 November 2023

Online published: 5 December 2023

Keyword

Tomato

Paclobutrazol

Ethephon

Breeding

ABSTRACT

Breeding of tomatoes takes a long time to obtain new varieties that meet the market need and the breeding process is costly. Crop management and application of growth regulators to reduce the crop cycle and speed up the breeding process can reduce time for tomato breeding and increase the ability for competition in the market. The objective of this study was to determine the effects of paclobutrazol and ethephon on growth, days to harvest, fruit yield, and seed quality of tomatoes. A 3×6 factorial experiment was set up, and the treatment combinations were arranged in a completely randomized design with three replications. Factor A consisted of three tomato varieties, and factor B had six methods of growth regulator application. Tomato varieties were significantly different for growth characters. C103 had the longest days of flowering compared to A101 and B102. Tomato varieties were not significantly different in fruit yield. C103 had the largest fruits and the longest days to maturity compared to A101 and B102. A101 had the highest germination percentage after one month of storage compared to B102 and C103. The application of paclobutrazol alone and the application of paclobutrazol in combination with ethephon resulted in a reduction in growth parameters. Plant height, number of nodes, length of internodes, leaf width, leaf length, and leaf number were reduced, whereas SCMR was increased compared to untreated control. Applications of ethephon alone at 65 and 70 days after sowing were not significantly different from untreated control for growth parameters. Application of paclobutrazol alone, application of ethephon alone, and application of paclobutrazol in combination with ethephon had a tendency to reduce days to powering and days to maturity compared to untreated control, but they had low fruit yield. Application of paclobutrazol at 14 days after sowing in combination with ethephon at 65 days after sowing had the shortest days to flowering and days to maturity. Treatment combinations were not significantly different for germination percentage after one-month storage, but they were significantly different for germination percentage after three-month storage. Applications of growth regulators as a sole application or in combination tended to reduce germination speed compared to untreated control. The interactions between variety and method of growth regulator application were significant for plant height, length of internodes, days to flowering, days to maturity, number of fruits per plant, number of seeds per plant, 1,000-seed weight, and field germination percentage. Paclobutrazol in combination with ethephon can be applied to tomato crops to reduce crop cycle to obtain early seeds.

*Corresponding author

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

Online print: 6 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.36>



บทความวิจัย

**คุณภาพและการยอมรับบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปด้วยการเติมแป้งบูกอบแห้งแป้งสาลี
ณัฏฐาณิลลล ศรชฐุปรามอทย¹ สุภัตรา ลิริสสิทธสุนทร¹ ปวีณา ชำนาญ¹ เกตุชฎาพร ทองยีน¹ลธิติเดช สิงห์มี¹
และ นิตยา ภูงาม^{2*}**

¹สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

^{2*}สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 29 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 2 ตุลาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 22 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 12 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

แป้งบุก

บะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

คุณภาพบะหมี่

การยอมรับผู้บริโภค

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพของแป้งบุกโดยการเตรียมแป้งบุกด้วยวิธีการอบแห้งและบดเป็นผงแล้วนำมาสกัดสารพิษออกด้วยสารละลายเอทานอล จากนั้นนำไปทำแห้งและบดเป็นผงอีกครั้ง แป้งบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหารเท่ากับร้อยละ 7.41 จากนั้นศึกษาการเติมแป้งบูกอบแห้งแป้งสาลีต่อคุณภาพบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งบูกอบแห้งให้ค่า L* และค่า b* มีแนวโน้มลดลง อยู่ในช่วง 25.60±3.39-43.52±2.07 และ 26.23±3.30-34.13 ± 2.41 ตามลำดับ (p≤0.05) ในขณะที่การเพิ่มอัตราแป้งบูกอบแห้งให้ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 11.87±0.59-14.11±1.32 (p≤0.05) ผลของคุณภาพหลังต้ม พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งบุกมีผลให้ระยะเวลาในการต้มสุก น้ำหนักหลังต้ม และของแข็งที่สูญเสียของบะหมี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เท่ากับ 3-4 นาที ร้อยละ 205.67±7.20-250.13±1.90 และร้อยละ 5.27±0.12-8.13±0.42 ตามลำดับ ผลของความต้านทานแรงดึง และความสามารถในการยึดของเส้นบะหมี่มีแนวโน้มลดลง (p≤0.05) เท่ากับ 3.07±0.35-2.29±0.19 นิวตัน และ 10.22±0.25-8.35±0.16 มิลลิเมตร ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของบะหมี่บูกอบแห้งแป้งสาลี : แป้งบุกที่ 85 : 15 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.33 (โดยวิธี 9-point hedonic scale) การศึกษาเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งบะหมี่บูกอบแห้ง พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L*, a*, b* ค่า a_w และค่าความชื้นมีแนวโน้มลดลง (p≤0.05) ผลการศึกษาคุณภาพหลังต้ม พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการต้มมีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณน้ำหนักหลังการต้ม และของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (p≤0.05) โดยอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่แนะนำคือ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (n=100) โดยใช้การแบบสอบถาม พบว่าผู้บริโภคเลือกผลิตภัณฑ์บะหมี่บูกอบแห้ง 70 นอกจากนี้บะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณ ใย โปรตีน และเส้นใย เท่ากับ ร้อยละ 4.06±0.04, 8.31±0.13, 0.09±0.00, 12.53±0.03, 0.55±0.02 และ 74.46±0.15 ตามลำดับ มากกว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปตามคุณค่าโภชนาการของอาหารไทย

บทนำ

บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาประหยัด และใช้เวลารวดเร็วในการปรุงสุก โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้ความหมายของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุก หรือสุกบางส่วนสามารถนำมาปรุงรับประทานโดยใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาที (Thai Industrial Standards Institute, 2005) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีส่วนประกอบของแป้งข้าวสาลีหลัก น้ำมันพืช และน้ำมันปรุงรส การบริโภคอาหารชนิดนี้อาจให้ผู้บริโภคได้รับพลังงานมากกว่าข้าวสวยในปริมาณเดียวกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้บริโภคมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น หรืออาจเพิ่มระดับของไขมันในเลือด เป็นผลให้เกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคอ้วนลงพุง โรคเบาหวาน ที่ผ่านมามีนักวิจัยที่นำ

วัตถุดิบอื่นมาเติมในบะหมี่เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร

บุกเป็นพืชล้มลุก มีถิ่นกำเนิดทางตะวันออกเฉียงเหนือของทวีปเอเชีย มาลัยไปจนถึงประเทศจีน ญี่ปุ่น และทางใต้ไปถึงประเทศไทย ลักษณะของบุกมีลักษณะกลมแบน เปลือกผิวขรุขระ เนื้อในหิวบุกมีลักษณะละเอียดเหมือนแป้งในพืชหัวอื่น ๆ บุกมีสารกลูโคแมนแนนเป็นเส้นใยอาหารธรรมชาติที่เอนไซม์ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้ สามารถเพิ่มกากใยแต่ไม่เพิ่มพลังงานและปริมาณน้ำตาล หัวบุกเมื่อแปรรูปเป็นแป้งบุกแล้วสามารถดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวเมื่อผสมกับน้ำ และมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสามารถเกิดเจลได้ ให้เจลที่มีความแข็งแรงและยังมีความคงตัวสูง แม้นำไปต้มในน้ำเดือดซึ่งการให้ความร้อนแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและเสถียรภาพเพิ่มขึ้น

*Corresponding author

E-mail address: nittaya.ph@rmuti.ac.th (N. Settapramote)

Online print: 12 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.37>

(Phonpanawit, 2022) ปัจจุบันมีการนำฝงบุกมาใช้ประโยชน์เป็นสารก่อเจล สารข้นหนืด หรือสารให้ความคงตัว โดย Phisutthigison et al. (2018) ได้ศึกษาการผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพรเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาจากซูริมิปลาฤๅษีพบว่า การเติมพืชร่วมกับเจลบุกทำให้ค่าความแข็งแรงของเจล ค่าลักษณะด้านเนื้อสัมผัสดีกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมพืชร่วมกับเจลบุก

จากรายงานการวิจัยของ Niemprem (2000) ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนจากแป้งข้าวหอมมะลิผสมแป้งบุก ขนมจีนที่ผลิตได้มีค่าความชื้นร้อยละ 73.17 โปรตีนร้อยละ 5.42 ไขมันร้อยละ 0.59 เถ้าร้อยละ 0.75 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20.07 เยื่อใยร้อยละ 1.88 ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.97 ค่าสี $L^* 81.4 a^* 2.0 b^* 2.2$ และมีค่า Maximum load 3.052 นิวตัน มีสีค่อนข้างขาว มีความเหนียวปานกลาง มีกลิ่นข้าวสุกและกลิ่นรสข้าวค่อนข้างมาก ไม่มีรสเค็มและรสเปรี้ยว มีความลื่นในปากน้อยกว่าขนมจีนทั่วไป เมื่อใส่ในน้ำยาเส้นขนมจีนค่อนข้างนุ่ม และมีความเหนียวปานกลาง และจากงานวิจัยของ Singthong (2013) ได้มีการนำไฮโดรคอลลอยด์ ประกอบด้วย แชนแทนกัม กัวกัม อัลจิเนต คาราจีแนน และฝงบุก มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส เช่น มีความเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น และเส้นไม่ขาดง่ายของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลภายหลังการต้มสุก จากงานวิจัยได้มีกระบวนการเตรียมบุกจากหัวบุกสดที่นำผ่านการล้างทำความสะอาด ลดขนาด และปั่นให้ละเอียดก่อนนำไปทำแห้งด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการจัดสารพิษที่อาจก่อให้เกิดอาการแพ้สำหรับผู้บริโภคออกไป ก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้น ซึ่งแป้งบุกที่ได้จะยังคงมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ สารแมนแนน จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ แมนแนน A และแมนแนน B ซึ่งจะเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นน้ำตาลกาแลกโทส (Galactose) ที่เป็นองค์ประกอบในบางโมเลกุล แต่จะมีน้อยกว่าน้ำตาลแมนโนส (Mannose) โดยแมนแนน A มีน้ำตาลแมนโนสจะอยู่ในโมเลกุลของแมนแนนจำนวน 10-13 หน่วย และในแมนแนน B จำนวน 38-40 หน่วย ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า จึงเรียกหน่วยแมนแนนที่ได้จากหัวบุกว่า วัจนคอนยัค (Konjacmannan) แต่เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีแตกต่างจากวัจนกาแลกโทสที่ได้จากน้ำตาลกลูโคส (Glucose) และแมนโนส จึงเรียกชื่อใหม่ว่า กลูโคแมนแนน เป็นสารวัจนที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อรับประทานเข้าไปในร่างกายแล้วจะไม่ย่อยและดูดซึม แต่จะทำหน้าที่เป็นใยอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ในการทำความสะอาดลำไส้ แตกต่างจากวัจนกาแลกโทสที่ได้จากเมล็ดพืช หรือวัจนคาราจีแนนที่ได้จากสาหร่ายทะเลซึ่งเป็นแป้งอะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Kato et al., 1970; Montreepila, 2019) ซึ่งในแป้งบุกที่ได้จากงานวิจัยนี้จะมีสารประกอบจำพวกแมนแนนสูง เนื่องจากแป้งไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสี หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีมากนักจึงยังคงคุณสมบัติหรือองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญไว้ได้

จากรายงานวิจัยของ Onsamlee & Sirilada (2022) ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีมีลเบอร์รี่ด้วยการเติม เจลบุกลงไปในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีของน้ำมีลเบอร์รี่ ศึกษาปริมาณน้ำมีลเบอร์รี่ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีมีลเบอร์รี่ ปริมาณที่เหมาะสมฝงบุกในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีมีลเบอร์รี่ ผลการวิจัย พบว่า

ปริมาณน้ำมีลเบอร์รี่ที่เหมาะสม คือ 75 กรัม และปริมาณฝงบุกที่เหมาะสม คือร้อยละ 3.00 ของส่วนผสมทั้งหมด คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็ง (นิวตัน) การยืดหด ความยืดหยุ่น การเกาะรวมตัว ความเหนียว และความยากในการบดเคี้ยว เท่ากับ 277.38 นิวตัน -187.23 0.86 0.81 197.64 และ 277.76 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 21.03 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.76 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเจลบุกมีสมบัติในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ได้

Ge et al. (2022) ศึกษาผลของการเติมฝงบุกกลูโคแมนแนนต่อการเกิดริโทรเกรเดชันและอายุการเก็บรักษาของเส้นบะหมี่ พบว่าการเติมฝงบุกกลูโคแมนแนนส่งผลต่อเส้นบะหมี่ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นและยับยั้งการเกิด ริโทรเกรเดชัน ประโยชน์ทางด้านสุขภาพ Ueno et al. (2023) พบว่า การบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของฝงบุกสามารถควบคุมการระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ สำหรับการปลูกหัวบุกในประเทศไทยยังประสบปัญหาเรื่องการแปรรูป ทำให้ต้องส่งออกหัวบุกไปยังประเทศจีนเพื่อแปรรูปเป็นฝงบุกที่มีปริมาณสารกลูโคแมนแนน สูงและส่งกลับมาจำหน่ายให้กับอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยในราคาแพง (Horticultural Research Institute, 2022) งานวิจัยนี้เป็นการนำหัวบุกสดมาแปรรูปเป็นแป้งบุกที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนปลูกหัวบุกสามารถผลิตเองได้ เนื่องจากมีขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของให้แก่หัวบุก และเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อยหรือวิสาหกิจชุมชนต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่นำหัวบุกมาแปรรูปเป็นแป้งบุก ซึ่งนำมาเป็นส่วนผสมในบะหมี่ บุกอบแห้ง กึ่งสำเร็จรูป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งบุก และผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของบะหมี่ บุกอบแห้ง กึ่งสำเร็จรูป รวมทั้งทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อบะหมี่ บุกอบแห้ง กึ่งสำเร็จรูป เพื่อเป็นแนวทางด้านการตลาด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

แป้งสาลีอเนกประสงค์ (ยี่ห้อตราว่าว บริษัทยูนิเท็ดฟลาวมิลล์ จำกัด ประเทศไทย) เบคกิ้งโซดา (ยี่ห้อแมคคาเรต บริษัทเจอาร์เอฟ แอนด์บี ประเทศไทย) เกลือ (ยี่ห้อปรุงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด ประเทศไทย) หัวบุก (ขนาดน้ำหนัก 2-5 กิโลกรัมต่อหัว) พันธุ์บุกไข่ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566)

2. การเตรียมแป้งบุก

ทำแป้งบุกโดยกระบวนการอบแห้ง โดยนำหัวบุก 10 กิโลกรัม มาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก แล้วนำมาผานให้บางจากนั้นนำไปเข้าตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Boss Mall รุ่น FF-69 ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส อบแห้งจนกว่าจะมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 10 ± 20 นำมาบดด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ Yun Bang รุ่น YB-800A ประเทศจีน) ให้เป็นผงแป้ง จากนั้นนำมาสกัดสารพิษออกโดยนำแป้งบุก ปริมาณ 10 กรัม ใส่ลงไปไนโกลแก้วเครื่องปั่น แล้วเติมเอทานอลที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 50.00 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปั่นผสมกันด้วยเครื่องปั่นกรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วทำซ้ำจำนวน 3 รอบ นำฝงบุกที่

สกัดสารพิษออกไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60±50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องปั่น นำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช (ดัดแปลงจาก Srismatthakam et al., 2021) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* ความชื้น ค่า a_w และใยอาหาร ก่อนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

3. การศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งบุกทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ผลิตบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปส่วนผสมแสดงดัง Table 1 เริ่มจากการตั้งน้ำน้ำหนัก 10 เท่าของน้ำหนักแป้งบุก ทอยใส่แป้งบุกลงไปจนให้เป็นเจล หรือจนกว่าจะเหลือแป้งปริมาณ 50 กรัม จากนั้น

นำเจลบุกที่ได้ไปผสมกับแป้งสาลี เกลือ และเบคกิ้งโซดา นวดส่วนผสมให้เข้ากัน เป็นระยะเวลา 20 นาที แล้วนำแป้งไปพักไว้ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมารีดและตัดเป็นเส้นด้วยเครื่องตัดเส้น (ยี่ห้อ Imperia IPasta Dal รุ่น 932 ประเทศจีน) นำไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 15 นาที ทำการกลับอีกด้านหนึ่งต่อเป็นเวลา 15 นาที นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยอบจนเส้นบะหมี่มีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 12 หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพในด้าน ค่าสี L* a* b* ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพหลังการต้ม และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 30 คน

Table 1 Ingredients in instant dried konjac noodles

Ingredients (g (w/w))	Control	Treatment (Wheat flour : Konjac flour)		
		90 : 10	85 : 15	80 : 20
Wheat flour	100	90	85	80
Konjac flour	0	10	15	20
Salt	2	2	2	2
Baking soda	2	2	2	2

4. การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ผลิตบะหมี่บุกอบแห้งจากสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ผ่านมา โดยนำบะหมี่บุกสด ปริมาณ 35 กรัม บรรจุในถ้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 7X7 เซนติเมตร (โดยเรียงเส้นบะหมี่ให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมในถ้วยอลูมิเนียมจนเส้นหมดตามปริมาณที่กำหนดข้างต้น) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งบะหมี่) โดยสุ่มวัดน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ 30 นาที จนกระทั่งบะหมี่มีน้ำหนักผลต่างของน้ำหนักที่ ซึ่งติดต่อกันไม่เกิน 0.5 กรัม นำข้อมูลที่ได้หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักในการอบแห้ง หลังจากนั้นนำบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ค่าสี

ทำการวัดค่าสีโดยเครื่องวัดค่าสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น MiniScan EZ 4500 ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่มีการวัดค่าสีในระบบ C.I.E lab (L* a* b*) โดยนำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างเพื่อวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) โดยก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White glass) สีดำมาตรฐาน (Black glass) โดยที่ L* = 97 a* = 0.18 b* = 1.84 แล้วจึงวัดค่าสีของตัวอย่าง (3 ซ้ำ) และทำการบันทึกผล (Loikaeo, 2017)

4.2 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง Water Activity Meter (ยี่ห้อ Novasina รุ่น Lab Swift-AW Novasina ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ใส่ตัวอย่างไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะ ใส่ภาชนะที่มีตัวอย่างในเครื่อง ปิดฝาเครื่อง จนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือนบันทึกค่าที่ได้ (3 ซ้ำ)

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทำการวัดค่าความชื้นโดยใช้เครื่องวัดปริมาณความชื้นใน

อาหาร (ยี่ห้อ RADWAG รุ่น MA50.R ประเทศโปแลนด์) ใส่ตัวอย่างลงในเครื่องประมาณ 3 กรัม ทำการปิดฝาเครื่อง จนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้ (3 ซ้ำ)

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม

4.4.1 เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking time)

นำตัวอย่างบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป 5 กรัม ต้มในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร สุ่มตัวอย่างทุก 30 นาที บันทึกระยะเวลาที่บะหมี่ไม่มีส่วนที่บดแข็งตรงจุดกึ่งกลางเหลืออยู่ (ดัดแปลงจาก Seesung et al., 2020)

4.4.2 ปริมาณร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss)

นำตัวอย่างบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปต้ม 5 กรัม ใส่ลงในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่บรรจุในปิกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 4.4.1 จากนั้นกรองเส้นบะหมี่ออกจากน้ำ รวบรวมน้ำต้มบะหมี่ที่เหลือด้วยอะลูมิเนียม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) นำไประเหยน้ำให้แห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ (ได้ผลต่างของน้ำหนักที่ซึ่งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม) จากนั้นนำถ้วยอลูมิเนียมที่ระเหยน้ำจนแห้งมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาร้อยละของการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม (3 ซ้ำ) ดังสมการด้านล่าง (ดัดแปลงจาก Seesung et al., 2020)

$$\text{ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้ม (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ในถ้วยฟอยล์ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของบะหมี่ก่อนต้ม (กรัม)}} \times 100$$

4.4.3 น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield)

นำตัวอย่างบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปต้ม 5 กรัม ใส่ลงใน

น้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่บรรจุใน ปีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 4.4.1 จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำออกด้วยกระชอน เป็นเวลานาน 1 นาที นำบะหมี่ไปชั่งน้ำหนักคำนวณหาร้อยละของน้ำหนักหลังการต้ม ดังสมการด้านล่าง (3 ซ้ำ) (ดัดแปลงจาก Seesung et al., 2020)

$$\text{น้ำหนักหลังต้ม (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของบะหมี่หลังต้ม (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของบะหมี่ก่อนต้ม (กรัม)}} \times 100$$

5. การศึกษาองค์ประกอบทางอาหารและการยอมรับของผู้บริโภคต่อบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

5.1 ศึกษาองค์ประกอบทางอาหารบะหมี่ บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป โดยนำบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณภาพหลังการต้มที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ดังนี้ ปริมาณความชื้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใยรวม และ ปริมาณเถ้า (3 ซ้ำ) (AOAC, 2000)

5.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ นำบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ดีที่สุดจากการทดลองผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป มาทำการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค (Consumer test) จำนวน 100 คน ซึ่งเป็นนักศึกษา บุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก และบุคคลทั่วไป โดยใช้แบบสอบถาม แบ่งเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบชิม ตอนที่ 2 พฤติกรรมทั่วไปของการบริโภคบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป ตอนที่ 3 พฤติกรรมทั่วไปของการบริโภคบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปทดแทนด้วยแป้งบุก โดยให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5-point hedonic scale) 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบมาก 3 = ชอบปานกลาง 2 = ชอบน้อย และ 1 = ชอบน้อยที่สุด ซึ่งเป็นการลดความสับสนและเพิ่มความชัดเจนในการให้คะแนน เพื่อให้ผู้บริโภคให้คะแนนได้ง่ายขึ้น (da Silva et al., 2013) โดยเตรียมตัวอย่างในการทดสอบด้วยการลวกบะหมี่ให้สุก 4 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 1 นาที ผสมลงในน้ำซุ๊ป แล้วทำการเสิร์ฟขณะร้อน (ดัดแปลงจาก Limrungruangrat et al., 2014) และสอบถามการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์บะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

5.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

1) การวิเคราะห์ค่าสี

ทำการวัดค่าสีโดยเครื่องวัดค่าสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น MiniScan EZ 4500 ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่มีการวัดค่าสีในระบบ C.I.E lab ($L^* a^* b^*$) โดยนำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่าง เพื่อวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) โดยก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White glass) สีดำมาตรฐาน (Black glass) โดยที่ $L^* = 97$ $a^* = 0.18$ $b^* = 1.84$ แล้วจึงวัดค่าสีของตัวอย่าง (3 ซ้ำ) และทำการบันทึกผล (Loikaeko, 2017)

2) การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ

ทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง Water Activity Meter (ยี่ห้อ Novasina รุ่น Lab Swift-AW Novasina ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ใส่ตัวอย่างไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะ ใส่ภาชนะที่มีตัวอย่างในเครื่อง ปิดฝาเครื่อง จนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้ (3 ซ้ำ)

3) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทำการวัดค่าความชื้นโดยใช้เครื่องวัดปริมาณความชื้นในอาหาร (ยี่ห้อ RADWAG รุ่น MA50.R ประเทศโปแลนด์) ใส่ตัวอย่างลงในเครื่องประมาณ 3 กรัม ทำการปิดฝาเครื่อง จนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้ (3 ซ้ำ)

4) การวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม

คุณภาพหลังการต้ม ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (Cooking time) ปริมาณร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) (3 ซ้ำ) (ดัดแปลงจาก Seesung et al., 2020)

5) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

เตรียมตัวอย่างโดยการนำบะหมี่บูกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาในการต้มที่เหมาะสมจากข้อ 4.4.1 จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำบนกระชอนเป็นเวลา 1 นาที นำมาวัดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.PLUS) ด้วยการทดสอบแรงดึง ใช้หัววัด A/SPR นำตัวอย่างมาทดสอบ 5 เส้น ตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบดังนี้ Pre-test speed = 1.0 mm/s, Test speed = 3.0 mm/s, Post-test speed = 10.0 mm/s, Distance = 100 mm รายงานผลเป็นความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และความสามารถในการยืด (Extensibility) (ดัดแปลงจาก Singthong, 2013)

6) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยทำการทดสอบกับกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนตามความชอบแบบ 9 ระดับ (9-points hedonic scale) โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด จนถึง 9 = ชอบมากที่สุด และการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ นำบะหมี่ลวกให้สุก 4 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 1 นาที เสิร์ฟพร้อมน้ำซุ๊ป (Limrungruangrat et al., 2014) ซึ่งแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL-IRB 065/2023)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สถิติ แสดงผลในรูปแบบ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) โดยข้อมูลคุณภาพทางด้านกายภาพ และคุณภาพทางด้านเคมี ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design, CRD) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี (Duncan's new multiple range test, DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลคุณภาพของแป้งบุก

เมื่อนำหัวบุกมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งบุก แล้วนำมาวัดค่าสี พบว่า ค่า $L^* a^*$ และ b^* มีค่าเท่ากับ 45.39 ± 7.09 5.58 ± 0.75 และ 14.03 ± 1.77 ตามลำดับ ซึ่งจากการสังเกตแป้งบุกมี

เจดสีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อย ปริมาณใยอาหารของแป้งบุกเท่ากับ ร้อยละ 7.41±0.01 สำหรับค่า a_w และค่าความชื้นของแป้งบุกเท่ากับ 0.45±0.04 และร้อยละ 6.51±0.07 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องแป้งบุก (มพช.1171/2549) ที่ระบุว่า แป้งบุกควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (Thai Industrial Standards Institute, 2006)

2. ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งบุกทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพ บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ผลการทดสอบทางกายภาพของบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป ที่ทดแทนด้วยแป้งบุก 4 ระดับ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพในด้านสี แสดงค่าออกมาในรูปแบบค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสี เหลือง (b*) และคุณภาพหลังการต้ม ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความ สว่าง ค่าสีแดง และ ค่าสีเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดัง Table 2 โดยเมื่อปริมาณแป้งบุกทดแทน แป้งสาลีเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงจาก 43.52 ถึง 25.60 ค่าสีแดงมีค่า เพิ่มขึ้นจาก 11.87 ถึง 14.11 และ ค่าสีเหลืองมีค่าลดลงจาก 34.13 ถึง 26.23 เพราะมีอัตราส่วนแป้งบุกเพิ่มขึ้นทำให้ค่าสีของเส้นบะหมี่ บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้มีลักษณะเป็นสี น้ำตาล ดังภาพบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป Figure 1 ซึ่งการ เปลี่ยนแปลงของค่าสีของบะหมี่ที่มีส่วนผสมผงบุกสามารถเกิดได้ทั้ง จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ และปฏิกิริยา การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งในการอบแห้งของเส้นบะหมี่ นั้นการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ โดยเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะ ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีขึ้น (Phonpannawit, 2022) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zeng et al. (2020) ทำการศึกษาการทำ แป้งบุกโดยวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศ พบว่า การใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ผงบุกที่ได้จะมีสีเข้มมากกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศา เซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

Table 2 L*, a* and b* of instant dried konjac noodles with different flour ratio

Different flour ratio (Wheat flour : Konjac flour) (w/w)	L*	a*	b*
100 : 0	43.52±2.07 ^a	11.87±0.59 ^b	34.13±2.41 ^a
90 : 10	37.13±2.52 ^b	12.16±0.51 ^b	28.40±2.60 ^b
85 : 15	27.48±2.44 ^c	13.23±0.37 ^{ab}	27.38±1.89 ^b
80 : 20	25.60±3.39 ^c	14.11±1.32 ^a	26.23±3.30 ^b

Data were expressed as mean ± standard deviation of triplicate. Different superscript letters in the same column indicating significantly difference ($p \leq 0.05$).



Figure 1 Instant dried konjac noodles with different flour ratio (wheat flour : konjac flour)

ผลการศึกษาคุณภาพหลังการต้ม พบว่า ระยะเวลาการต้มกึ่ง บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปอัตราการทดแทนที่ 100 : 0 90 : 10 และ 85 : 15 มีระยะเวลาในการต้มสุกอยู่ที่ 4 นาที แต่บะหมี่บุกอบแห้งกึ่ง สำเร็จรูปอัตราการทดแทนที่ 80 : 20 มีระยะเวลาในการต้มสุกอยู่ที่ 3 นาที แสดงดัง Table 3 บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่มีอัตราส่วนการ ทดแทนด้วยแป้งบุกเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีระยะเวลาในการต้มสุกลดลง เนื่องจากโดยปกติการสุกของบะหมี่จะเกิดจากการเกิดเจลของสตาร์ช ที่อยู่ภายในแป้งสาลี โดยสตาร์ชจะเกิดการเจลาติไนเซชันเมื่อให้ความ ร้อนแก่เม็ดสตาร์ชในสภาวะที่มีน้ำอยู่ ซึ่งพันธะไฮโดรเจนจะคลายตัว โมเลกุลของน้ำจะแทรกเข้าไปในเม็ดสตาร์ชและจับกับโมเลกุลของ สตาร์ชส่งผลให้เม็ดสตาร์ชพองตัวและใสขึ้น (Sriroth & Kuakoon, 2007) ดังนั้นเมื่อเติมบุกผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่มากขึ้นมีผลทำให้ เวลาที่ใช้ในการต้มสุกลดลง อาจเนื่องจากการเติมบุกผงเพิ่มขึ้นทำให้ สัดส่วนของแป้งสาลีในสูตรบะหมี่ลดลง จึงทำให้มีผลต่อการเกิดกลูเตน ของโดบะหมี่ โดยการใช้ส่วนผสมอื่นที่ไม่ใช่แป้งสาลีจะส่งผลให้เกิด โครงสร้างร่างแหของกลูเตน (Gluten network) ที่ไม่แข็งแรง

(Limrungruangrat et al., 2014) ผลการศึกษาปริมาณน้ำหนักลบหลังต้มบะหมี่ของบะหมี่บุก อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป พบว่าปริมาณน้ำหนักลบหลังการต้มมีแนวโน้มลดลง จาก ร้อยละ 250.13 ถึง 205.67 อัตราการทดแทนที่ 100 : 0 90 : 10 และ 85 : 15 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่บะหมี่บุก อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปอัตราการทดแทนที่ 80 : 20 มีปริมาณน้ำหนักลบ หลัง ต้มน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดัง Table 3 โดยเนื่องจากบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีอัตราส่วนการทดแทนด้วย แป้งบุกที่สูง โดยเม็ดแป้งบุกจะสร้างพันธะกับกลูเตนในแป้งสาลีทำให้ เกิดเป็นร่างแหขัดขวางการรั่วไหลของอะมิโลสในเม็ดแป้ง และป้องกันการ พองตัวของเม็ดแป้ง จึงทำให้ปริมาณน้ำหนักลบหลังต้มบะหมี่ลดลง (Zhou et al., 2013) ผลการศึกษาปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของ บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป พบว่า อัตราการทดแทนแป้งบุกที่ แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ($p \leq 0.05$) แสดงดัง Table 3 โดยปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมี

แนวโน้มลดลงจาก ร้อยละ 8.13 ถึง 5.27 เนื่องจากบะหมี่บุงอบแห้ง กึ่งสำเร็จรูปมีอัตราส่วนการทดแทนด้วยแป้งบุกที่มีคุณสมบัติเป็นเจล เพิ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่มีความแข็งแรงมากขึ้น เพราะ แป้งบุกเมื่อนำมาละลายกับน้ำจะได้อะไรละลายที่มีความข้นเหนียวและ สามารถเกิดเจล โดยอนุภาคของแป้งบุกจะดูดซับน้ำเข้าไปแล้วเกิดการ พองตัวทำให้ได้สารละลายที่มีความข้นเหนียวเพิ่มขึ้นจนได้ลักษณะ โครงสร้างตาข่ายโพลิเมอร์ (Polymer network) แป้งบุกจะให้เจลที่ ทนต่อความร้อน แข็งแรง และมีความคงตัวต่อความร้อนสูงมาก (Akesowan, 1995) ดังนั้นเมื่อนำเส้นบะหมี่ แป้งบุกไปผ่าน กระบวนการต้มที่มีความร้อนสูงเส้นก็จะมี การสูญเสียระหว่างการต้ม ลดลง

ผลการทดสอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ บุงอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป พบว่า การเติมแป้งบุกทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงดึง และความสามารถในการยืดมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยความต้านทานแรงดึงลดลง จาก 3.07 เป็น 2.29 N และ ความสามารถในการยืดลดลงจาก 10.22 เป็น 8.35 mm แสดงข้อมูลดัง Table 4 เนื่องจากเมื่อแป้งบุกทดแทน แป้งสาลีทำให้ปริมาณโปรตีนที่มาจากกลูเตนของแป้งสาลีลดลง ซึ่งกลูเตนที่ลดลงทำให้ ความต้านทานแรงดึง และความสามารถในการ ยืดมีค่าลดลง รวมทั้งสายกลูโคแมนแนนในผงบุกขยายตัวทำให้ไป ขัดขวางการเชื่อมต่อพันธะกันของกลูเตน (Park et al., 2019; Wang et al., 2017)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่บุงอบแห้งกึ่ง สำเร็จรูป พบว่า ความชอบด้านกลิ่น และรสชาติ มีความชอบไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ผู้บริโภคให้ข้อมูลว่าบะหมี่ทดแทน ด้วยแป้งบุกที่อัตราส่วน 4 ระดับ มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น

และ รสชาติใกล้เคียงกัน แต่คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากบะหมี่บุงอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป อัตราการทดแทนที่ 80 : 20 มีสีเข้มมากกว่าทุกสูตรอย่างชัดเจนทำให้ คะแนนต่ำที่สุด เพราะลักษณะที่ปรากฏของเส้นมีสีเข้มมากส่งผลต่อ ลักษณะปรากฏไม่ดึงดูดใจผู้บริโภค และเนื้อสัมผัสของเส้นมีความ แข็งกระด้างทำให้ได้คะแนนการยอมรับต่ำที่สุด เช่นเดียวกับคะแนนการ ยอมรับด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งบุก เพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบลดลง โดยอัตราการทดแทนที่ 85 : 15 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่าอัตราการ ทดแทนที่ 80 : 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านความชอบ โดยรวม พบว่า บะหมี่บุงอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปอัตราการทดแทนที่ 85 : 15 ได้คะแนนความชอบอยู่ในระดับ 7.33 อยู่ในความชอบระดับ ปานกลาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับบะหมี่ (สูตร พื้นฐาน) และอัตราการทดแทนที่ 90 : 10 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ ของแป้งบุกเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนของแป้งสาลีลดลง ซึ่งแป้งบุกจะเกิด การแข่งดูดซับน้ำกับสตาร์ชของแป้งสาลีเพื่อนำน้ำเข้าไปภายใน โครงสร้างทำให้จำกัดการพองตัวของสตาร์ช ส่งผลให้สตาร์ชซึ่งพองตัว ได้น้อยลงจึงมีทำให้เนื้อสัมผัสของบะหมี่แน่นขึ้นผู้บริโภคจึงได้ให้ คะแนนการยอมรับน้อยลง (Limrungruangrat & Anocha, 2012) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Limrungruangrat et al. (2014) ในการ พัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่เสริมสาหร่ายฝักกาดทะเลผง พบว่า เมื่อปริมาณสาหร่ายฝักกาดทะเลผงเพิ่มขึ้นจะทำให้การดูดซับน้ำของ สตาร์ชในแป้งสาลีน้อยลงทำให้แป้งเกิดการพองตัวลดลงส่งผลให้เนื้อ สัมผัสของบะหมี่แน่นขึ้น แสดงดัง Table 5

Table 3 Cooking time, cooking loss and cooking yield of instant dried konjac noodles with different flour ratio

Different flour ratio (Wheat flour : Konjac flour) (w/w)	Cooking time (min)	Cooking yield (%)	Cooking loss (%)
100 : 0	4.00±0.00	250.13±1.90 ^a	8.13±0.42 ^a
90 : 10	4.00±0.00	245.67±6.00 ^a	6.07±0.50 ^b
85 : 15	4.00±0.00	242.40±2.75 ^a	5.87±0.31 ^{bc}
80 : 20	3.00±0.00	205.67±7.20 ^b	5.27±0.12 ^c

Data were expressed as mean ± standard deviation of triplicate. Different superscript letters in the same column indicating significantly difference ($p < 0.05$).

Table 4 Tensile strength and Extensibility of instant dried konjac noodles with different flour ratio

Different flour ratio (Wheat flour : Konjac flour) (w/w)	Tensile strength (N)	Extensibility (mm)
90 : 10	3.07±0.35 ^a	10.22±0.25 ^a
85 : 15	3.27±0.06 ^a	9.31±0.10 ^a
80 : 20	2.29±0.19 ^b	8.35±0.16 ^b

Data were expressed as mean ± standard deviation of triplicate. Different superscript letters in the same column indicating significantly difference ($p < 0.05$).

Table 5 Sensory score of instant dried konjac noodles with different flour ratio

Attributes	Different flour ratio (Wheat flour : Konjac flour) (w/w)			
	100 : 0	90 : 10	85 : 15	80 : 20
Appearance	7.17±1.29 ^a	6.30±1.58 ^{bc}	6.80±1.35 ^{ab}	5.97±1.69 ^c
Color	7.53±1.55 ^a	6.77±1.25 ^b	6.37±1.61 ^{bc}	5.67±1.54 ^c
Texture	6.80±1.75 ^a	6.20±1.63 ^{ab}	7.03±1.52 ^a	5.90±1.60 ^b
Odor ^{ns}	6.50±1.61	6.23±2.05	6.43±1.59	6.33±1.75
Taste ^{ns}	7.20±1.30	6.70±1.02	6.80±1.45	6.60±1.07
Overall	7.33±1.73 ^a	6.57±1.70 ^{ab}	7.33±1.49 ^a	6.40±1.59 ^b

Data were expressed as mean ± standard deviation. Different superscript letters in the same row indicating significantly difference ($p < 0.05$). ^{ns} in the same row indicating a non-significantly difference ($p > 0.05$).

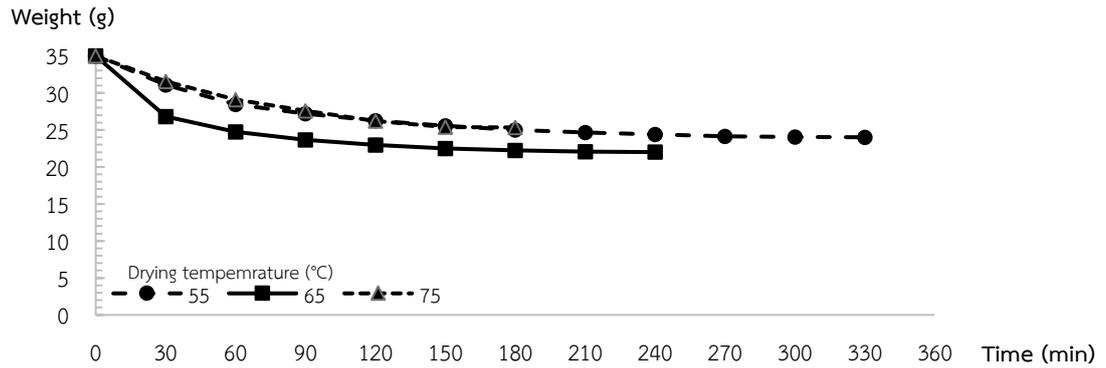


Figure 2 The relationship between weight (g) and drying time (min) of instant dried konjac noodles.

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

การศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างชั่งน้ำหนัก ทุก ๆ 30 นาที พบว่า บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาในการอบแห้งแตกต่างกัน โดยบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส น้ำหนักบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปคงที่ที่ระยะเวลา 300 (5 ชั่วโมง) 210 (3 ชั่วโมง 30 นาที) และ 150 (2 ชั่วโมง 30 นาที) ตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ทำให้น้ำในเส้นบะหมี่ระเหยได้เร็วขึ้นจึงทำให้เวลาในการอบแห้งลดลง การอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Puttame & Ninlanon (2021) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมใยผ้า รายงานว่าบะหมี่เสริมใยผ้ามีปริมาณความชื้นลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกของการอบแห้งปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่แห้งเร็ว แสดงดัง Figure 2

ผลการศึกษาค่าสีของบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่อบอุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิในการอบไม่มีผลต่อค่าความสว่าง และค่าสีแดง ($p > 0.05$) แต่ขณะที่ค่าสีเหลืองของ

บะหมี่บุกทั้ง 3 อุณหภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าสีเหลืองของบะหมี่บุกมีแนวโน้มลดลง จาก 27.62 ถึง 25.52 แสดงดัง Table 6 และลักษณะบะหมี่บุกแสดงดัง Figure 3 ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาน้ำตาลแบบคาราเมล (Caramelization) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำตาลที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้สีผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลง (Hu et al., 2017; Sim et al., 2020)

ผลการศึกษาค่า a_w และค่าความชื้นของบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ อุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า a_w ของบะหมี่บุก ทั้ง 3 อุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) อยู่ในช่วง 0.25-0.27 แต่ขณะที่อุณหภูมิการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากความชื้น ร้อยละ 6.65 ลดลงเป็นร้อยละ 6.03 แสดงดัง Table 6 เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวหน้าของอาหารได้เร็วขึ้น และระเหยออกสู่ภายนอกได้เร็วขึ้นส่งผลให้ค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puttame & Ninlanon (2021) รายงานว่าการอบแห้งบะหมี่เสริมใยผ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาการอบแห้งที่สภาวะการอบแห้ง 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 2 3 และ 4 ชั่วโมง บะหมี่เสริมใยผ้ามีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น

Table 6 L^* , a^* , b^* , a_w and moisture content of instant dried konjac noodles with different drying temperature

Temperature (°C)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^*	a_w^{ns}	Moisture (%)
55	26.19±0.35	13.07±0.15	27.62±0.80 ^c	0.27±0.00	6.65±0.09 ^a
65	25.95±0.18	13.00±0.19	26.18±0.12 ^b	0.27±0.02	6.23±0.03 ^b
75	25.73±0.07	12.79±0.18	25.52±0.85 ^a	0.25±0.02	6.03±0.09 ^c

Data were expressed as mean ± standard deviation of triplicate. Different superscript letters in the same column indicating significantly difference ($p < 0.05$). ^{ns} in the same column indicating a non-significantly difference ($p > 0.05$).



Figure 3 Instant dried konjac noodles with different drying temperature.

ผลการศึกษาระยะเวลาในการต้ม พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการมี 2 สภาวะ ได้แก่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสระยะเวลาในการต้ม 4 นาที และ อุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียสระยะเวลาในการต้ม 3 นาที ดัง Table 7 เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่เกิดการระเหยนํ้าออกไปมากขึ้นทำให้เส้นบะหมี่สามารถดูดนํ้าเข้ามาในเส้นได้เร็วขึ้น เช่นเดียวกับอุณหภูมิในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มบะหมี่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษ ปริมาณนํ้าหนักหลังการต้มของบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปทดแทนด้วยแป้งบุก พบว่า ปริมาณนํ้าหนักหลังการต้มของบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปทดแทนด้วยแป้งบุกที่ อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส ($p > 0.05$) นํ้าหนักหลังการต้ม อยู่ในช่วง ร้อยละ 206.40-252.07 ซึ่งนํ้าหนักหลังการต้มบะหมี่ ที่อุณหภูมิ 65 และ 75

องศาเซลเซียส ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 252.07-256.47 แต่บะหมี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่เกิดการระเหยนํ้าออกไปมากขึ้นทำให้เส้นบะหมี่สามารถดูดนํ้าเข้ามาในเส้นได้เร็วขึ้น

จากการศึกษาของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปทดแทนด้วยแป้งบุก ที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.27-6.87 ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของบะหมี่อบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.13 เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่เกิดการระเหยนํ้าออกไปมากขึ้นทำให้โครงสร้างบะหมี่มีความเปราะมากขึ้น (Limrungruangrat & Anocha, 2012)

Table 7 Cooking time, cooking loss and cooking yield of instant dried konjac noodles with different drying temperature

Temperature(°C)	Cooking time (min)	Cooking yield (%)	Cooking loss (%)
55	4.00±0.00	206.40±4.00 ^b	5.27±0.23 ^b
65	3.00±0.00	252.07±6.52 ^{ab}	6.87±0.83 ^b
75	3.00±0.00	256.47±2.21 ^a	10.13±0.42 ^a

Data were expressed as mean ± standard deviation of triplicate. Different superscript letters in the same column indicating significantly difference ($p \leq 0.05$).

3. ผลการศึกษางค์ประกอบทางอาหารและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูป

ผลการศึกษางค์ประกอบทางอาหาร โดยนำบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่ดีที่สุด (คัดเลือกจากหัวข้อที่ 3) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร พบว่า มีปริมาณเถ้า ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใยรวม และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 4.06±0.04 8.31±0.13 0.09±0.00 12.53±0.03 0.55±0.02 และ 74.46±0.15 ตามลำดับ จากตารางแสดงคุณค่าโภชนาการของอาหารไทย (Bureau of Nutrition, 2018) ระบุว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปพร้อมเครื่องปรุงมีองค์ประกอบทางอาหารปริมาณเถ้า ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใยรวม และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.40 4.10 18.40 11.80 0.20 60.30 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณเถ้า โปรตีน และเยื่อใยมากกว่า ดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการศึกษารายอมรับกับผู้บริโภค จำนวน 100 คน ผู้บริโภคเป็นผู้หญิง ร้อยละ 51.00 คน ส่วนใหญ่ผู้ทดสอบชิมอายุอยู่ระหว่าง 18-24 ปี ร้อยละ 57.00 และเป็นนักเรียนนักศึกษา ร้อยละ 56.00 โดยผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนเคยรับประทานบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีความถี่ในการรับประทานบะหมี่อบแห้งกึ่งสำเร็จรูปส่วนใหญ่อยู่ที่ 2-4 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 47.00 อิทธิพลที่มีต่อการตัดสินใจซื้อบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปส่วนใหญ่อยู่ที่ตัวผู้บริโภคเอง ร้อยละ 78.00 ด้านเหตุผลในการรับประทาน พบว่า เหตุผลในการรับประทานบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่มากที่สุด คือ สะดวกในการรับประทาน ร้อยละ 45.50 รองลงมา คือ รสชาติ ร้อยละ 32.30 ผลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์บะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5-point hedonic scale) เท่ากับ 4.23±0.90 4.09±0.67 3.91±0.75 4.15±0.80 4.23±0.89 และ 4.47±0.77 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงระดับ

ความชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยผู้บริโภคให้การยอมรับบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป ร้อยละ 70.00 และผู้บริโภคตัดสินใจซื้อบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป ร้อยละ 70.00

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าพบว่าการผลิตบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งบุกและกระบวนการอบแห้งคืออัตราส่วน 85 : 15 เป็นสูตรที่ดีที่สุด และการอบแห้งบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปที่แนะนำคือที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที โดยบะหมี่บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปมีระยะเวลาในการต้มสุกนาน 3 นาที คุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ระยะเวลาในการต้มและความชื้น อยู่ในเกณฑ์กับมาตรฐาน มอก. 271-2548 ของผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้ ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บุกอบแห้งกึ่งสำเร็จรูป และสามารถนำข้อมูลเป็นพื้นฐานในการนำผงบุกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นชนิดอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณนักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่ให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัย และสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลศรีสุทธานนท์ ที่สนับสนุนการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทำให้การทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

References

- Akesowan, A. (1995). Konjac flour, production, properties and applications. *Food Journal*, 25(4), 238-242. (in Thai)
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis* (18thed.). Washington, D.C.: Association of official analytical chemists.
- Bureau of Nutrition. (2018). *Nutritive values of Thai foods*. Accessed April 9, 2023. Retrieved from <https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/thai-food-composition-table> (in Thai)
- da Silva, A. N., da Silva, R, C. S. N., Ferreira, M. A. M., Minim, V. P. R., da Costa, T. M. T., & Perez, R. (2013). Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. *Food Quality and Preference*, 30(1), 9-21. doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.00
- Ge, Z., Wang, W., Gao, S., Xu, M., Liu, M., Wang, X., Zhang, L., & Zong, W. (2022). Effects of konjac glucomannan on the long-term retrogradation and shelf life of boiled wheat noodles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), 644-652. doi.org/10.1002/jsfa.11393
- Horticultural Research Institute. (2022). *Production of konjac*. Accessed October 29, 2023. Retrieved from <https://www.doa.go.th/th/> (in Thai)
- Hu, Y., Wang, L., Zhu, H., & Li, Z. (2017). Superheated steam treatment improved flour qualities of wheat in suitable conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13238. doi: 10.1111/jfpp.13238
- Kato, K., Watanabe, T., & Matsuda, K. (1970). Studies on the chemical structure of konjac mannan: part II. isolation and characterization of oligosaccharides from the enzymatic hydrolyzate of the mannan. *Agricultural and Biological Chemistry*, 34(4), 532-539. doi: 10.1080/00021369.1970.10859645
- Limrungruangrat, K., & Anocha, S. (2012). *Development of dry health noodles fortified with oringa leaves powder*. Chonburi, Thailand: Burapha University. (in Thai)
- Limrungruangrat, K., Jaritkuan, S., Suksomboon, A., & Wattanaputi, B. (2014). *Development of healthy non-fried instant noodle supplemented with algae*. Chonburi, Thailand: Burapha University. (in Thai)
- Loikaeo, N. (2017). *Development of high fiber instant noodle from banana flour*. Pathumthani, Thailand: Rangsit University. (in Thai)
- Montreepila, M. (2019). *Drying of konjac corm using fluidization technique*. (Doctoral dissertation). Maha Sarakham, Thailand: Maha Sarakham University. (in Thai)
- Niemprem, S. (2000). *Development of composite flour from fragrance rice flour and konjac flour for Knomjeen product*. (Master's thesis). Bangkok, Thailand: Kasetsart University. (in Thai)
- Onsamlee, G., & Srikok, S. (2022). Use of konjac powder in mulberry jelly gummy products. *RMUTI Journal Science and Technology*, 15(3), 107-120.
- Park, E. Y., Kim, H. Y., Shin, H. Y., Jeon, Y. I., Kim, J. M., Kim, S., & Kim, J. Y. (2019). Change in textural properties, starch digestibility, and aroma of nonfried instant noodles by substitution of konjac glucomannan. *Cereal Chemistry*, 96(4), 784-791. doi: 10.1002/cche.10180
- Phisutthigason, S. Jirapeatsayasuk, P., & Sompongse, W. (2018). Production of fish ball with konjac glucomannan gel and herbs. *Thai Science and Technology Journal*, 26(2), 224-235. (in Thai)
- Phonpanawit, A. (2022). Effect of temperature and time of drying process on chemical quality of konjac powder and its application in sausage emulsion. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 40(1), 58-67. (in Thai)
- Puttame, K., & Ninlanon, W. (2021). Development of dried alkaline noodle product supplemented with water meal. *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, 16(2), 57-69. (in Thai)
- Seesung, S. Vichairom, J., & Khummin, J. (2020). *Quality development of instant fish noodle from tilapia*. (Technical paper). Bangkok, Thailand: Fisheries Industrial Technology Research and Development Division, Department of Fisheries. (in Thai)
- Sim, E., Park, E., Ma, F., Baik, B. K., Fonseca, J. M., & Delwiche, S. R. (2020). Sensory and physicochemical properties of whole wheat salted noodles under different preparations of bran. *Journal of Cereal Science*, 96, 103112-103121. doi: 10.1016/j.jcs.2020.103112
- Singthong, J. (2013). *Effect of hydrocolloids on quality improvement of Ubon Noodles*. Ubon Ratchathani, Thailand: Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Sriroth, K., & Kuakoon P. (2007). *Flour of technology*. Bangkok, Thailand: Kasetsart university press. (in Thai)
- Srismatthakarn, P., Cham, S., & Na Nan, P. (2021). *Processing of high-quality konjac powder: a healthy food plant*. Chiang Mai, Thailand: Rajamangala University of Technology Lanna. (in Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (2006). Konjac flour.

- Accessed April 29, 2023. Retrieved from <https://www.tisi.go.th/index.php> (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2005). *Instant Noodle*. Accessed April 29, 2023. Retrieved from https://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS271-2548.pdf (in Thai)
- Ueno, H., Haraguchi, N., Azuma, M., Shiiya, T., Noda, T., Ebihara, E., Uehira, Y., Uchida, T., Sasaba, K., Nakamura, M., Uchimura, N., Kita, E., Umemura, A., Nobe, T., Sumoto, E., Yano, Y., & Nakazato, M. (2023). Active consumption of konjac and konjac products improves blood glucose control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of the American Nutrition Association*, 42(2), 123-129. doi: 10.1080/07315724.2021.2002739
- Wang, Y., Chen, Y., Zhou, Y., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Li, X., & Cheng, Y. (2017). Effects of konjac glucomannan on heat-induced changes of wheat gluten structure. *Food Chemistry*, 229, 409-416. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.02.056
- Zeng, Z., Chen, M., Wang, X., Wu, W., Zheng, Z., Hu, Z., & Ma, B. (2020). Modeling and optimization for konjac vacuum drying based on response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Processes*, 8(11), 1430-1447. doi: 10.3390/pr8111430
- Zhou, Y., Cao, H., Hou, M., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Foster, T. J., & Cheng, Y. (2013). Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour. *Food Research International*, 51(2), 879-885. doi: 10.1016/j.foodres.2013.02.002

Research article

The quality and acceptance of instant dried konjac noodles with konjac flour substituted for wheat flour

Natwalinkhol Settapramote¹ Supatra Sirisathirasoonthorn¹ Paweena Chamnan¹

Ketchadaphon Thongyuen¹ Sittidet Singmee¹ and Nittaya Phungam^{2*}

¹Food Business and Nutrition, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak, Mueang, Tak Province, 63000

^{2*}Agro-Industry, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Mueang, Surin Province, 32000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 29 August 2023

Revised: 2 October 2023

Accepted: 22 November 2023

Online published: 12 December 2023

Keyword

Konjac flour

Instant dried noodle

Noodle quality

Consumer acceptance

ABSTRACT

The quality of konjac flour was studied by preparing konjac flour by drying and grinding it into powder, extracting the toxins with an ethanol solution, then re-drying and grinding the powder. The konjac flour had a fiber content equal to 7.41 %. Moreover, it was to investigate the quality of dehydrated instant noodles produced by substituting konjac flour for wheat flour. It was found that increasing the ratio of konjac flour resulted in L* values and b* values tending to decrease in the ranges of 25.60±3.39-43.52±2.07 and 26.23±3.30-34.13± 2.41, respectively (p≤0.05). While increasing the rate of konjac flour resulted in the a* value tending to increase in the range of 11.87±0.59-14.11±1.32 (p≤0.05). The results of cooking quality found that increasing the ratio of konjac flour had an effect on the cooking time, cooking loss and cooking yield of noodles tends to increase by 3-4 minutes, 205.67±7.20-250.13±1.90 % and 5.27±0.12-8.13±0.42 %, respectively. While the tensile strength and extensibility of noodles tended to decrease (p≤0.05) equal to 3.07±0.35-2.29±0.19 newtons and 10.22±0.25-8.35±0.16 mm. The results of the sensory testing of konjac noodles revealed that the ratio of wheat flour : konjac flour at 85 : 15 had the highest overall liking score of 7.33 (by the 9-point hedonic scale). The time and temperature of drying konjac noodles were investigated. It was found that as the temperature increased, the L*, a*, b*, a_w, and moisture content tended to decrease (p≤0.05). The quality of cooking, the temperature increased, and the cooking time decreased nevertheless, cooking loss and cooking yield tended to increase (p≤0.05). The recommended drying conditions were 75 °C for 2.5 hours. The results of the consumer acceptance test (n=100) by questionnaires found that 70 % of consumers chose instant dried konjac noodles. Further, instant dried konjac noodles had ash, protein, and fiber content equal to 4.06±0.04, 8.31±0.13, 0.09±0.00, 12.53±0.03, 0.55±0.02 and 74.46±0.15 %, respectively, more than instant noodles according to the nutritional value of the Thai food.

*Corresponding author

E-mail address: nittaya.ph@rmuti.ac.th (N. Phungam)

Online print: 12 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.37>



บทความวิจัย

สมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม

ณปภัช ช่วยชูหนู^{1*} พัทธรา ธนานุรักษ์² จรีวรรณ จันทรงค์¹ ประพจน์ มลิวัลย์¹ และเสาวณีย์ ชัยเพชร³

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

²คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130

³คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 10 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 26 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 30 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 13 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

คุณภาพซาก

ไก่ศรีวิชัย

ไก่ศรีวิชัยลูกผสม

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ใช้ลูกไก่คณะแพศ ประกอบด้วย ไก่ศรีวิชัย (SB) ไก่ศรีวิชัยลูกผสม (ไก่ศรีวิชัย:ไก่เนื้อ) ระดับสายเลือด 75:25 (SCB75) และ 50:50 (SCB50) อายุ 1 วัน จำนวน 180 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 15 ตัว แบ่งการศึกษาเป็น 0-3 4-6 7-9 และ 10-12 สัปดาห์ ให้อาหารที่มีระดับโปรตีน 21 19 17 และ 15 % พบว่า SCB50 มีน้ำหนักตัวเพิ่มสูง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำ ต้นทุนการผลิตไก่ 1 กิโลกรัมต่ำกว่า ($p < 0.01$) SB และ SCB75 องค์ประกอบซากของ SCB50 มี % เนื้อหน้าอกและไขมันช่องท้อง ($p < 0.01$) สันใน และสะโพกน่อง ($p < 0.05$) สูงกว่า SB และ SCB75 การประเมินคุณภาพซาก ค่า pH ของไก่ทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ไก่ SCB50 มีความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ของ อก สะโพก และน่องสูงกว่า SB และ SCB75 ($p < 0.05$) ไก่ SB มีค่าสีแดง (a^*) สูงกว่า SCB75 และ SCB50 ($p < 0.05$) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่ SB มีค่า % drip loss และ cooking loss สูง ($p < 0.05$) กว่า ไก่ SCB75 และ SCB50 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าความแน่นเนื้อของไก่ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ไก่ SB มีค่าความเหนียวมากกว่า ไก่ SCB75 และ SCB50 ($p < 0.05$) ทั้ง 3 ชิ้นส่วน หน้าอก สะโพก และน่อง ไก่ SCB 50 มี % ไขมันสูง ($p < 0.05$) ไก่ศรีวิชัย SCB50 และ SB575 มีสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซากสูงและต้นทุนการผลิตไก่ 1 กิโลกรัมต่ำ เนื้อไก่มีค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และ % ไขมันรวม สูงกว่า SB ไก่ SB มีค่าสีแดง ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและความเหนียวสูง

บทนำ

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบการเลี้ยงหลังบ้านนั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงของเกษตรกรไทยในชนบท เป็นการเลี้ยงเพื่อการบริโภคในครัวเรือน มีเหลือจึงจำหน่าย แต่หากต้องการผลิตเพื่อจำหน่ายเชิงการค้าต้องสามารถผลิตให้ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภคทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ วางแผนและคาดการณ์การผลิตล่วงหน้าได้เพื่อความต่อเนื่องและเพียงพอ (Duangjinda & Laopaiboon, 2012) ซึ่งในปัจจุบันอาชีพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองนั้นมีการพัฒนาได้รับความสนใจจากเกษตรกรเพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อไก่พื้นเมืองจัดเป็นอาหารสุขภาพ มีปริมาณไขมันต่ำ รสชาติอร่อย เหมาะสมในการนำมาประกอบอาหารไทย เนื้อแน่น ไม่ยุ่ยเหมือนไก่กระพง และมีราคาที่สูงกว่าไก่เนื้อประมาณ 1 เท่า (Wattanachant et al., 2004) โดยไก่พื้นเมืองของประเทศไทยนั้นมีหลายสายพันธุ์กระจายอยู่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ตามความนิยมของเกษตรกร มีจุดเด่น ในด้านเลี้ยงง่าย สามารถหากินได้เอง ทนต่อสภาพแวดล้อม มีความต้านทานโรคระบาด ซึ่งในเขตภาคใต้ของประเทศไทยก็มีไก่พื้นเมืองอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น ไก่เบตง ในพื้นที่จังหวัดยะลา ไก่คอลอน ในพื้นที่จังหวัด

นครศรีธรรมราชและพัทลุง เป็นต้น ซึ่งในส่วนของไก่คอลอนนั้น ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครศรีธรรมราช ได้นำมาคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ และให้ชื่อว่า “ไก่ศรีวิชัย” มี 2 สี คือ ลำตัวสีขาวและสีดำ มีอกใหญ่ ไช้ดก และทนร้อนได้ดี เป็นไก่เอกลักษณ์ของจังหวัดนครศรีธรรมราช แต่ด้วยไก่ศรีวิชัยเป็นไก่พื้นเมืองจึงให้ผลผลิตช้าเหมือนกับไก่พื้นเมืองทั่วไป (Wang et al., 2009) จากรายงานพบว่าไก่พื้นเมืองไทยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยที่อายุ 0-8 0-12 และ 0-16 สัปดาห์ เท่ากับ 10.5 12.7 และ 13.6 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (Intharachote et al., 2008) และจากรายงานของ Songsang et al. (2015) พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตของไก่แดงและไก่คอลอนในระยะ 0-16 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 16.15±0.34 และ 16.12±0.55 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งการที่ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ศรีวิชัย เริ่มมีจำนวนลดลง ดังนั้นเพื่อการพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพด้วยการผสมข้ามพันธุ์กับไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง เช่น ไก่สายพันธุ์ต่างประเทศสายพันธุ์เนื้อ หรือกึ่งเนื้อ กึ่งไข่ จะทำให้เกิดลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นเหนือพ่อแม่ (hybrid vigor) (Mekchay, 2005) เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต ให้โตเร็ว

*Corresponding author

E-mail address: napapach.c@rmutsv.ac.th (N. Chuaychu-noo)

Online print: 13 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.38>

ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพซากดี แต่ในขณะที่เดียวกันต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการเนื้อไก่ที่มีรสชาติและเนื้อสัมผัสหลังการปรุงอาหารที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง ซึ่งไก่ศรีวิชัยขาว (ชนสีขาว) นั้นมีไขตกจากการเก็บข้อมูลการเลี้ยง ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พบว่ามีปริมาณการวางไข่เฉลี่ย 1 รอบปี เฉลี่ย 168±10.25 ฟอง จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแม่พันธุ์ และเมื่อทำการฆ่าชำและซากจะลดปัญหาเรื่องตุ่มขนอ่อนใต้ผิวหนัง เมื่อนำมาผสมพันธุ์กับไก่พ่อพันธุ์สายเนื้อ จะสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและลดระยะเวลาในการเลี้ยงเพื่อส่งตลาด แต่ยังคงคุณภาพของเนื้อได้ดีใกล้เคียงกับเนื้อไก่คอลอนศรีวิชัย ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ศรีวิชัยมีรอบการผลิตไก่ที่เร็วยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่นิยมบริโภคเนื้อไก่ที่สามารถเลือกเนื้อไก่ที่มีความนุ่มเพิ่มขึ้นและความเหนียวลดลง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการผลิตไก่คอลอนศรีวิชัยด้านอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสมองค์ประกอบซากคุณภาพเนื้อ และต้นทุนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง

การศึกษามรรณภาพเจริญเติบโตคุณภาพซากของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม ใช้ลูกไก่คละเพศอายุ 1 วัน จำนวน 180 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 15 ตัว กลุ่มที่ 1 ไก่ศรีวิชัย (SB) กลุ่มที่ 2 ไก่ศรีวิชัยลูกผสม 50 % (SCB50) และกลุ่มที่ 3 ไก่ศรีวิชัยลูกผสม 75 % (SCB75)

การเลี้ยงไก่ทดลองแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ตามช่วงอายุของไก่ คือ อายุ 0-3 4-6 7-9 และ 10-12 สัปดาห์ โดยใช้อาหารทางการค้าที่มีระดับโปรตีน 21 19 17 และ 15 % ตามลำดับ ตามคำแนะนำของ Maliwan et al. (2017) เลี้ยงในคอกขนาด 2 ตารางเมตร พื้นปูนซีเมนต์ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น โรงเรือนระบบเปิด มีน้ำและอาหารกินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เมื่อไก่ทดลองอายุ 7 วัน ทำวัคซีนนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบด้วยการหยอดตาและ อายุ 14 วัน ทำวัคซีนกัมโบโรด้วยการหยอดจุก ภายหลังสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มฆ่าชำและชำละ 2 ตัว (ผู้-เมีย) เพื่อศึกษา % ซาก องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ ตามและดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์เลขอนุญาติที่ IAC 01-01-65

การศึกษารายการประกอบซากและคุณภาพเนื้อ

ทำการสุ่มตัวอย่างไก่ทดลองชำละ 2 ตัว (ผู้-เมีย) ฆ่าเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้านองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อ โดยก่อนฆ่าจะทำการอดอาหาร 6 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักมีชีวิตรายตัว (live weight) จากนั้นเชือดคอตัดเส้นเลือดดำ jugular vein ถอนขน ซึ่งน้ำหนัก (dressed weight) นำเครื่องในออก (eviscerated weight) แล้วตัดแยกชิ้นเพื่อเก็บข้อมูลองค์ประกอบซาก จากนั้นนำชิ้นส่วนซาก ส่วนเนื้อหน้าอกไม่รวมหนัง เนื้อส่วนสะโพกไม่รวมหนัง และเนื้อน่องไม่รวมหนังเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. การวิเคราะห์ค่า pH ของเนื้อหลังการฆ่า นำตัวอย่างเนื้อไก่ดิบบดละเอียด ปั่นผสมน้ำกลั่นที่ปราศจากอ็อกซิเจน อัตราส่วน 1:9

จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter (Mettler-Toledo MP220, Schwerbach, Switzerland) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง

2. การวิเคราะห์ค่าสีกล้ามเนื้อ (L^* a^* และ b^*) ใช้เครื่อง Ultra-Scan VIS (HunterLab, United States) ระบบสี CIE ค่าความสว่าง (lightness: L^*) ค่าความแดง (redness: a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness: b^*) ที่ 24 ชั่วโมง

3. การสูญเสียน้ำหนักหลังการฆ่า (drip loss) ซึ่งน้ำหนักเนื้อก่อน (W1) บรรจุใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้แน่นจากนั้นใช้เชือกร้อยสำหรับแขวนไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อออกจากถุง ใช้กระดาษทิชชูซับของเหลวที่ติดบริเวณผิวหนัง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W2) เพื่อคำนวณ % การสูญเสีย น้ำหนัก (ตัดแปลงจาก Jaturasitha, 2000)

4. การสูญเสียจากการปรุงสุก (cooking loss) นำชิ้นเนื้อที่ชั่งน้ำหนักแล้ว (W1) ใส่ถุงและบรรจุแบบสุญญากาศ ก่อนนำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ประมาณ 15-20 นาที จนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อสุดท้ายที่ 80 องศาเซลเซียส นำชิ้นจากอ่างน้ำทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งเนื้อให้แห้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหา % cooking loss (ตัดแปลงจาก Jaturasitha, 2000)

5. การทดสอบค่า firmness (kg) และ toughness (kg.sec) ทำการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง texture analyzer (TA-XT2i/50, UK) ใช้หัววัดแบบ Warner-Blazler blade set (Jaturasitha et al., 2002)

6. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย กล้ามเนื้อ และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1999)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (SAS, 1996)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม

ผลการศึกษามรรณภาพการเจริญเติบโตของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม (Table 1) ในด้านน้ำหนักตัวเพิ่มพบว่า ไก่ SCB50 มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นสูงกว่า SB และ SCB75 ในช่วงอายุ 0-3, 7-9, 10-12 และ 0-12 สัปดาห์ ($p < 0.01$) และ 4-6 สัปดาห์ ($p < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน สูงกว่า SB และ SCB75 ในทุกช่วงอายุ ($p < 0.01$) ทั้งนี้พบว่า โดยเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของไก่ SB SB75 และ SB50 ตลอดการเลี้ยง มีค่า 13.48 18.38 และ 15.77 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของไก่ SB ซึ่งเป็นไก่ศรีวิชัยพันธุ์แท้หนักใกล้เคียงกับไก่พื้นเมืองไทยที่อายุ 0-12 สัปดาห์ เท่ากับ 12.7 กรัมต่อวัน (Intharachot et al., 2008) เมื่อทำการปรับปรุงพันธุ์เป็นไก่ลูกผสมพบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งไก่พื้นเมืองไทย อายุ 16 สัปดาห์ จะมีน้ำหนักตัว 1,395-1,451 กรัมต่อตัว ในขณะที่ไก่พื้นเมืองลูกผสมมีน้ำหนักตัว 1,885 กรัมต่อตัว

(Leotaragul, et al., 1997) ในการทดลองครั้งนี้ระยะเวลาการเลี้ยง 0-12 สัปดาห์ พบว่าไก่ SB SCB75 และ SCB50 มีน้ำหนักตัว 1132.17 ± 112.37 1325.94 ± 152 และ $1,544.06 \pm 100.41$ กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งไก่ SCB75 และ SCB50 มีน้ำหนักตัวสอดคล้องกับไก่พื้นเมืองไทยที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค คือ 1,200-1,500 กรัม (Jaturasitha et al., 2002; Chankong et al., 2022) แต่ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงน้อยกว่าไก่พื้นเมืองไทย ในด้านปริมาณอาหารที่กินพบว่าไก่ SCB50 มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยสูงกว่า SB และ SCB75 ในช่วง 0-3 สัปดาห์ ($p < 0.01$) 4-6, 10-12 และ 0-12 สัปดาห์ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยในช่วง 7-9 สัปดาห์นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าไก่ SB มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่า SB50 และ SCB75 ในขณะที่ ไก่ SCB50 และ SCB75 นั้น ตลอดการเลี้ยงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไก่ศรีวิชัยลูกผสมสามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตใกล้เคียงกับไก่ลูกผสม ไก่ชัยอารีย์ ไก่ตะนาวศรี และไก่กรมปศุสัตว์ ที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเปลี่ยนน้ำหนักสูงกว่าไก่พื้นเมืองไทย โดยตลอดการทดลอง ไก่ SCB75 มีปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกับไก่ SB แต่มีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่า SB แม้ว่าไก่ SB จะผ่านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์แล้วแต่ยังมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง แสดงให้เห็นว่าการจัดการผสมพันธุ์ไก่พื้นธุ์ศรีวิชัยสามารถยกระดับสายเลือดให้ลูกไก่มี hybrid vigor มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการคัดเลือกและผสมพันธุ์ เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักสิ้นสุดการเลี้ยง (Bramfeld et al., 2003) การผสมข้ามสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองกับไก่ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ไก่สายพันธุ์ทางการค้า เป็นวิธีการปรับปรุงสายพันธุ์ซึ่งใช้เพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ในขณะที่เดียวกันยังได้สัตว์ที่มีคุณสมบัติในด้านความต้านทานต่ออนุมูลอิสระและต้านทานต่อสภาพแวดล้อมในระดับปานกลางซึ่งเป็นลักษณะของสัตว์ลูกผสมที่เกิดจาก heterosis (Wang et al., 2022)

องค์ประกอบซากของของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม

ผลศึกษาองค์ประกอบซากของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม (Table 2) พบว่าไก่ SCB50 มี % เนื้อหน้าอก ไชมันช่องท้อง ($p < 0.01$) และสะโพก ($p < 0.05$) สูงกว่า SB และ SCB75 ในส่วนน้องพบว่า SCB50 มี % สูงกว่า SB ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับ SCB75 ทั้งนี้ในส่วนของ % ซากรวม ซากไม่รวมเครื่องใน ปีก หัวใจ ตับ และกึ้น นั้นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) องค์ประกอบซากไก่ SCB50 มี % น้ำหนักซาก ส่วนเนื้อหน้าอก น้อง สะโพก และไขมันช่องท้องเพิ่มสูงกว่าไก่ SB คิดเป็น 4.77 1.77 2.42 และ 0.74 % ตามลำดับ โดยทั้งนี้สายพันธุ์มีผลต่อการสร้างกล้ามเนื้อและอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Cunningham & Acker, 2000) ส่วนของการสะสมไขมันเกิดจากพันธุกรรมของไก่ โดยที่พบว่าไก่พื้นเมืองจะมี % ไขมันช่องท้องต่ำกว่าไก่พื้นเมืองลูกผสม เช่นเดียวกับไก่ลูกผสมซี (KKU12) ที่มี % ไขมันช่องท้องสูงกว่าไก่ซี (Promket & Ruangwittayanusorn, 2021)

คุณภาพของเนื้อไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม

การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม ในส่วนเนื้อหน้าอก สะโพก และน้อง (Table 3) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ พบว่า ค่า pH หลังการฆ่า 40 นาที และหลังการฆ่า 24 ชั่วโมง นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) คุณภาพซากของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในกล้ามเนื้อของไก่ SB, SCB75 และ SCB50 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่าภายหลังการฆ่า 40 นาที pH อยู่ระหว่าง 6.10-5.97 และหลังฆ่า 24 ชั่วโมง มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.59-5.94 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตายลดลงเหลือประมาณ 6 หรือต่ำกว่าเล็กน้อย (Warriss et al., 1999) จากการสะสมกรดแลคติกที่เกิดจากการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เนื่องจากเกิดความเครียดของสัตว์ก่อนฆ่า (Berri et al., 2007) ปกติค่า pH ของกล้ามเนื้อในขณะมีชีวิตจะอยู่ระดับ 7 หรือต่ำกว่าเล็กน้อย ค่าสีของกล้ามเนื้อ พบว่า SCB50 มีความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ของเนื้อส่วน หน้าอก สะโพก และน้องสูงกว่า SB และ SCB75 ($p < 0.05$) ในด้านสีแดง (a^*) พบว่า SB มีค่าสีแดงสูงกว่า SCB75 และ SCB50 ($p < 0.05$) สีของเนื้อไก่ที่แสดงโดยค่า $L^*a^*b^*$ พบว่า ไก่ลูกผสม SCB50 มีค่า L^* และค่า b^* สูงกว่าไก่ SB ในขณะที่ ค่า a^* ของไก่ SB นั้นมีค่าสูงกว่าไก่ SCB50 ทั้งนี้ไก่แต่ละสายพันธุ์มีการแสดงออกของสีเนื้อที่แตกต่างกัน ซึ่ง Jaturasitha et al. (2008) รายงานว่าไก่พื้นเมืองไทยมีค่าความแดง (a^*) ของเนื้อสูง แต่จะมีค่าความสว่าง (L^*) น้อยกว่าไก่เนื้อ ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีในเนื้อสัตว์ยังประกอบกันหลายปัจจัย ตัวอย่างเช่น พันธุกรรม และการให้อาหาร แต่อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าสีของเนื้อเป็นดัชนีสำคัญที่มีผลบ่งชี้ถึงคุณภาพของเนื้อที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจึงมีผลต่อระดับความมั่นใจให้กับผู้บริโภคที่มีต่อสินค้าเนื้อสัตว์

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity: WHC) (Table 4) ของเนื้อส่วน หน้าอก สะโพกและน้อง พบว่า ไก่ SB มีค่า % drip loss และ cooking loss สูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่ ไก่ SCB75 และ SCB 50 ส่วนค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-blazler shear force) รายงานเป็นค่าความแน่นเนื้อ (firmness) พบว่าค่าความแน่นเนื้อของไก่ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนค่าความเหนียว (toughness) พบว่าไก่ SB มีค่าความเหนียวมากกว่า ไก่ SCB 75 และ SCB50 ($p < 0.05$) ทั้ง 3 ชิ้นส่วน หน้าอก สะโพก และน้อง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ไก่ SB มีการสูญเสียจากค่า drip loss และ cooking loss สูงกว่าไก่ลูกผสม SCB75 และ SCB50 ส่งผลให้เนื้อไก่เหนียวมากขึ้น จากรายงานพบว่าไก่พื้นเมืองมีความเหนียวกว่าไก่กระทิง (Jaturasitha et al., 2002) แต่มีความชุ่มฉ่ำ กลิ่น และรสชาติที่เกิดจากความสัมพันธ์และองค์ประกอบของเนื้อ (Cunningham & Acker, 2000) โดยเมื่อพิจารณาพบว่า ส่วนอกมีการสูญเสียมากกว่าส่วนน้องและสะโพก จากผลจากการศึกษาที่มีความขัดแย้งกับรายงานของ Tang et al. (2009) รายงานว่าไก่กระทิงนั้นมีค่า drip loss สูงกว่าไก่พื้นเมืองจีน แต่อย่างไรก็ตาม Jaturasitha et al. (2008) กล่าวว่า ความต่างของสายพันธุ์ ไม่มีผลต่อค่าการสูญเสีย แต่ Wang et al. (2009) รายงานว่าความสามารถในการอุ้มน้ำนั้นมีผลต่อความชุ่มฉ่ำและความนุ่มของเนื้อ ปัจจัยในด้านการสูญเสียจะมากหรือน้อยสัมพันธ์กับค่า pH โดยไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าจะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูง ทำให้เกิด

การออกซิเดชันในไมโทโกลบินที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่ามีระดับสูง ทำให้เนื้อ มีค่า pH ต่ำ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงและเกิด การสูญเสียปริมาณสูง (Fernandez et al., 2001) ค่าแรงตัดผ่าน เนื้อเป็นค่าที่มีความสำคัญในการพิจารณาความนุ่มของเนื้อ เนื้อที่มี ค่าแรงตัดผ่านสูงจะมีความเหนียวมากกว่าเนื้อที่มีค่าแรงตัดผ่านต่ำ โดยรายงานเป็นค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และ ความเหนียว (toughness) จากการทดลองพบว่าค่าความแน่นเนื้อของไก่ศรีวิชัย และไก่ศรีวิชัยลูกผสมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาโดยเฉพาะชิ้นส่วน สะโพกมีความแน่นเนื้อมากกว่าน่องและอก ส่วนค่าความเหนียว ไก่ SB มีความเหนียวมากกว่า SCB75 และ SCB 50 ทั้ง 3 ชิ้น คือ ส่วน อก สะโพก และน่อง ตามลำดับ ความเหนียวเป็นความสามารถของ วัสดุที่จะดูดซับพลังงานไว้ได้โดยไม่เกิดการแตกหัก ความเหนียวมี ความสัมพันธ์กับความแข็งแรงและความสามารถในการยึดตัวของวัสดุ เป็นสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณ ความชื้น ไขมันรวม โปรตีนรวม และเถ้า ของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม (Table 5) พบว่า ความชื้น โปรตีน

รวม และเถ้า ของไก่ SB, SCB75 และ SCB50 นั้นไม่แตกต่างกันทาง สถิติ ($p < 0.05$) แต่ในส่วนของไขมันรวมพบว่าไก่ SCB50 มีปริมาณ ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อหน้าอก สะโพก และน่อง ที่ปราศจากหนัง สูง กว่าไก่ SCB75 และ SB ตามลำดับ โดยองค์ประกอบทางเคมีของ ชิ้นส่วนอก สะโพก และน่อง ของไก่ศรีวิชัยและไก่ศรีวิชัยลูกผสม พบว่ามีความชื้น ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 71.23-75.19 % มี % โปรตีน รวมและเถ้าไม่แตกต่างกัน ซึ่ง Shaarani et al. (2006) รายงานว่าเนื้อ หน้าอกจะมีความชื้น ประมาณ 76 % ส่วนของ % โปรตีนรวม พบว่าเนื้อหน้าอกเป็นส่วนที่มีโปรตีนรวมสูงกว่าส่วนสะโพกและน่อง โดย Fanatico et al. (2007) รายงานว่าไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโต ช้าจะมีปริมาณโปรตีนสูง ส่วนของ %ไขมันเป็นปริมาณไขมันที่แทรก อยู่ในกล้ามเนื้อ เนื่องจากการทดลองได้แยกส่วนของหนังออกก่อนการ วิเคราะห์ พบว่า ไก่ SCB50 มี % ไขมันรวมสูงกว่าไก่ SB และ SCB75 ประมาณ 2-3 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากไก่ SB เป็นไก่พื้นเมือง ส่วนไก่ SCB75 มีสายเลือดไก่พื้นเมือง 75 % จึงมีปริมาณ % ไขมันต่ำ Young & Choi (2003) พบว่าไก่พื้นเมืองของเกาหลี มีไขมันต่ำกว่าไก่กระທ

Table 1 Growth performance of Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

parameter	SB	SCB50	SCB75
initial weight (g)	34.07±1.27	33.94±0.84	34.06±1.29
weight gain (g)			
0-3	140.85±45.44 ^C	260.31±52.78 ^A	184.89±69.68 ^B
4-6	204.57±20.39 ^C	318.25±15.24 ^A	253.55±33.09 ^B
7-9	336.25±86.22 ^C	432.50±55.34 ^A	378.75±95.24 ^B
10-12	402.55±51.53 ^C	525.50±65.42 ^A	480.00±48.91 ^B
0-12	1,132.17±112.37 ^C	1,544.06±100.41 ^A	1,325.94±152 ^B
average daily gain (g/d)			
0-3	6.70±0.25 ^C	12.39±0.60 ^A	8.80±0.46 ^B
4-6	9.88±0.11 ^C	15.15±0.72 ^A	12.31±1.50 ^B
7-9	16.01±1.08 ^C	20.59±1.62 ^A	18.03±1.29 ^B
10-12	20.29±2.45 ^C	25.02±1.85 ^A	22.28±2.32 ^B
0-12	13.47±0.44 ^C	18.38±0.44 ^A	15.78±0.62 ^B
feed intake (g)	6.70±0.25 ^C	12.39±0.60 ^A	8.80±0.46 ^B
0-3	395.15±23.65 ^C	572.50±27.53 ^A	450.00±24.80 ^B
4-6	800.00±101.55 ^C	945.00±160.32 ^A	885.00±130.25 ^B
7-9	1112.5±125.17	1116.25±94.04	1038.75±91.47
10-12	1,472.50±160.75 ^{ab}	1,525.00±129.92 ^a	1,430.50±128.61 ^b
0-12	3779.90±194.87 ^b	4158.75±132.56 ^a	3803.75±109.38 ^b
feed conversion ratio			
0-3	2.81±0.23 ^A	2.20±0.10 ^C	2.44±0.13 ^B
4-6	3.85±0.13 ^a	2.97±0.17 ^c	3.46±0.27 ^{ab}
7-9	3.31±0.24 ^A	2.58±0.14 ^C	2.75±0.30 ^B
10-12	3.48±0.34 ^A	2.90±0.17 ^C	3.07±0.26 ^B
0-12	3.34±0.13 ^A	2.69±0.11 ^C	2.87±0.16 ^{BC}
feed cost per kilogram (baht)			
0-3	56.20±4.10 ^A	44.13±3.38 ^C	48.80±2.47 ^B
4-6	73.15±4.21 ^a	56.43±5.91 ^b	65.74±3.23 ^{ab}
7-9	59.58±5.92 ^A	46.44±3.65 ^B	49.50±4.97 ^B
10-12	62.64±5.07 ^A	52.20±1.16 ^C	55.26±3.91 ^{BC}
0-12	61.79±3.29 ^A	49.77±1.71 ^C	53.10±2.10 ^{BC}

^{ABC} mean within a row with different letter difference significantly ($p < 0.01$).

^{abc} mean within a row with different letter difference significantly ($p < 0.05$).

SB= Srivijaya chicken, SBC75=Srivijaya crossbred chicken (75 %), SCB50=Srivijaya crossbred chicken (50 %).

Table 2 Carcass composition of Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

carcass composition (%)	SB	SCB50	SCB75
dressed weight	91.60±2.20	89.13±1.95	90.13±2.91
eviscerated weight	79.58±1.16	80.09±0.79	79.32±0.52
wing	9.44±0.22	9.62±0.70	9.30±0.37
breast	11.56±0.92 ^c	16.33±0.10 ^a	13.75±0.85 ^b
drumstick	9.88±0.78 ^b	11.61±0.52 ^a	10.61±0.45 ^{ab}
thigh	11.82±0.87 ^b	14.24±0.38 ^a	13.52±0.58 ^{ab}
heart	0.40±0.01	0.40±0.08	0.38±0.10
liver	3.03±0.23	2.80±0.21	2.87±0.09
gizzard	2.41±0.16	2.30±0.11	2.36±0.11
abdominal fat	0.35±0.10 ^c	1.09±0.15 ^A	0.72±0.14 ^B

^{ABC} mean within a row with different letter difference significantly (p < 0.01)

^{abc} mean within a row with different letter difference significantly (p < 0.05)

SB= Srivijaya chicken, SBC75= Srivijaya crossbred chicken (75 %), SCB50= Srivijaya crossbred chicken (50 %)

Table 3 Meat quality of Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

carcass	breed	pH		meat color		
		0.5 h	24 h	L*	a*	b*
breast	SB	5.77±0.02	5.74±0.08	51.97±0.85 ^b	3.80±0.02 ^a	12.39±0.52 ^c
	SCB50	5.66±0.06	5.61±0.07	54.17±0.53 ^a	2.16±0.01 ^c	15.96±0.25 ^a
	SCB75	5.69±0.03	5.64±0.05	53.38±0.45 ^{ab}	2.79±0.04 ^b	13.55±0.37 ^b
thigh	SB	5.85±0.02	5.80±0.08	52.62±0.72 ^b	7.29±0.03 ^a	12.06±0.31
	SCB50	5.89±0.05	5.86±0.07	54.91±0.67 ^a	4.11±0.08 ^c	13.06±0.28
	SCB75	5.87±0.04	5.84±0.05	53.44±0.54 ^{ab}	6.90±0.08 ^b	12.45±0.42
drumstick	SB	5.81±0.07	5.79±0.08	48.51±0.68 ^c	9.00±0.07 ^a	13.16±0.27 ^c
	SCB50	5.84±0.08	5.80±0.04	54.00±0.75 ^a	6.35±0.06 ^b	16.38±0.20 ^a
	SCB75	5.86±0.05	5.83±0.07	51.54±0.53 ^b	7.38±0.05 ^{ab}	15.60±0.31 ^b

^{abc} mean within a column with different letter difference significantly (p < 0.05).

SB= Srivijaya chicken, SBC75= Srivijaya crossbred chicken (75 %), SCB50= Srivijaya crossbred chicken (50 %).

Table 4 Meat quality of Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

carcass	breed	drip loss (%)	cooking loss (%)	texture	
				firmness (kg)	toughness (kg.sec)
breast	SB	8.32±0.25 ^a	23.39±0.45 ^a	1.04±0.02	9.75±0.50 ^a
	SCB50	5.79±0.27 ^c	21.49±0.64 ^b	1.14±0.01	7.73±0.31 ^b
	SCB75	6.02±0.34 ^b	21.96±0.52 ^b	1.29±0.06	8.48±0.80 ^a
thigh	SB	4.96±0.32 ^a	19.05±0.82 ^a	1.91±0.02	13.15±0.45 ^a
	SCB50	2.96±0.51 ^c	14.90±0.50 ^b	1.86±0.03	11.53±0.47 ^b
	SCB75	3.34±0.25 ^b	15.04±0.37 ^b	1.98±0.04	13.87±0.38 ^a
drumstick	SB	5.12± 0.24 ^a	17.02±0.32 ^a	1.25±0.05	8.54±0.59 ^a
	SCB50	2.35±0.35 ^c	14.47±0.71 ^b	1.20±0.06	6.79±0.72 ^b
	SCB75	3.40±0.51 ^b	17.61±0.50 ^a	1.26±0.04	7.06±0.68 ^b

^{abc} mean within a column with different letter difference significantly (p < 0.05).

SB= Srivijaya chicken, SBC75= Srivijaya crossbred chicken (75 %), SCB50= Srivijaya crossbred chicken (50 %).

Table 5 Chemical compositions of Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

carcass	breed	moisture	crude fat	crude protein	Ash
breast	SB	74.35±1.45	0.06±0.00 ^c	24.49±0.13	1.40±0.02
	SCB50	75.19±1.30	0.14±0.09 ^a	23.20±0.17	1.41±0.03
	SCB75	74.07±1.25	0.05±0.01 ^b	23.96±0.15	1.37±0.02
thigh	SB	71.59±1.20	0.10±0.02 ^c	20.93±0.12	1.36±0.01
	SCB50	72.09±1.42	0.44±0.09 ^a	20.32±0.09	1.55±0.06
	SCB75	71.85±0.95	0.33±0.07 ^b	20.25±0.14	1.34±0.03
drumstick	SB	71.99±1.35	0.16±0.05 ^c	21.20±0.11	1.17±0.02
	SCB50	71.23±1.02	0.57±0.06 ^a	20.32±0.12	1.18±0.02
	SCB75	72.79±0.90	0.33±0.04 ^b	21.25±0.14	1.16±0.04

^{abc} mean within a row with different letter difference significantly (P<0.05).

SB= Srivijaya chicken, SBC75= Srivijaya crossbred chicken (75 %), SCB50= Srivijaya crossbred chicken (50 %).

สรุปผลการวิจัย

ไก่ศรีวิชัยลูกผสมทั้งสองระดับสายเลือดมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบซากสูง นอกจากนี้ยังมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไก่ 1 กิโลกรัมต่ำ เนื้อไก่อมีค่าความสว่าง สีเหลือง และ % ไขมันรวมสูงกว่าไก่ศรีวิชัย ในขณะที่เนื้อไก่ศรีวิชัยมีค่าสีแดง ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ และค่าความเหนียวสูงกว่าไก่ศรีวิชัยลูกผสม แต่ไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน

Reference

- AOAC. (1999). *Official Methods of analysis* (16th ed.). Arlington, Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Bramfeld, J. M., Fahey, A. J., Langley-Evans, S. C., & Buttery, P. J. (2003). Nutritional and hormonal control of muscle growth and fat deposition. *Archiv für Tierzucht*, 46 (Suppl. 5), 143-156.
- Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Santé-Lhoutellier, V., Baéza, E., Gigaud, V., Jégo, Y., & Duclos, M. J. (2007). Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 85(8), 2005-2011. doi: 10.2527/jas.2006-398
- Chankong, J., Chuaychu-noo, N., & Maliwan, P. (2022). Supply chain of native chicken: case study in Nakhon Sri Thammarat Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 19(2), 66-73. (in Thai)
- Cunningham, M. & Acker, D. (2000). *Animal science and industry* (6th ed.). Dallas, Texas, United State: Pearson College Div.
- Duangjinda, M., & Laopaiboon, B. (2012). Thai native chickens: Past, present and future. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 40(4), 309-312. (In Thai)
- Fanatico, A. C., Pillai, P. B., Emmert, J. L., & Owens, C. M. (2007). Meat quality of slow - and fast - growing chicken genotypes fed low - nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poultry Science*, 86(10), 2245-2255. doi: 10.1093/ps/86.10.2245
- Fernandez, X., Sante, V., Baeza, E., Lebihan-Duval, E., Berri, C., Remignon, H., Babile, R., Le Pottier, G., Millet N., Berge, P., & Astruc, T. (2001). Post mortem muscle metabolism and meat quality in three genetic types of turkey. *British Poultry Science*, 42(4), 462-469. doi: 10.1080/00071660120070604

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564 และงบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปี พ.ศ. 2565 และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

- Intharachote, U., Leotaragul, A., Chormai T., Jeendoung T., & Prapasawasdi, C. (2008). *Foundation stock of 4 bred Thai indigenous chicken*. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)
- Jaturasitha, S. (2000). *Meat technology*. Chiang Mai: Ming Mueang Printing Press. (in Thai)
- Jaturasitha, S., Leangwunta, V., Leotaragul, A., Phongphaew, A., Apichartsrungkoon, T., Simasathitkul, A., Vearasilp, T., & Meulen, U. T. (2002). Views on a comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. In A. Deininger (Ed.), *International research on food security, natural resource management and rural development: challenges to organic farming and sustainable land use in the tropics and subtropics* (pp. 146). Kassel, Germany: University of Kassel-Witzenhausen Press.
- Jaturasitha, S., Srikanchai, T., Kreuzer, M., & Wicke, M. (2008). Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry science*, 87(1), 160-169. doi: 10.3382/ps.2006-00398
- Leotaragul, A., Sondhipiroj, P., & Morathop, S. (1997). Breeding and selection of native chickens of Maharakham livestock breeding station II. Productive performance of native chickens that raising in livestock breeding station. *Proceedings of the 35th Kasetsart university annual conference: Animal science, Veterinary science* (pp. 55-63). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Maliwan, P., Khempaka, S., & Molee, W. (2017). Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred chickens. *South African Journal of Animal Science*, 47(1), 16-25. doi:10.4314/sajas.v47i1.4
- Mekchay, S. (2005). *Animal breeding*. Chiang Mai, Thailand: Chiang Mai University Press. (in Thai)

- Promket, D., & Ruangwittayanusorn, K. (2021). The comparatives of growth and carcass performance of the Thai native chicken between economic selection (Chee KKU12) and natural selection (Chee N). *Veterinary Integrative Sciences*, 19(2), 247–257. doi: 10.12982/VIS.2021.022
- SAS. (1996). *Statistical analysis system*. Cary North Carolina, United State.: SAS Institute Inc.
- Shaarani, S. M., Nott, K. P., & Hall, L. D. (2006). Combination of NMR and MRI quantitation of moisture and structure changes for convection cooking of fresh chicken meat. *Meat Science*, 72(3), 398-403. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.07.017
- Songsang, A., Tanthikapong, K., Somphong, R., & Jeendoung, T. (2015). *Comparison of production performance, carcass quality, meat quality and consumer acceptance of Dang Suratthani chicken and Naked-neck chicken raised in commercial production and replacing of soybean meal with rubber seed kernel meal in the diet*. Bangkok, Thailand: Office of the Higher Education Commission. (in Thai)
- Tang, H., Gong, Y. Z., Wu, C. X., Jiang, J., Wang, Y., & Li, K. (2009). Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. *Poultry Science*, 88(10), 2212–2218. doi: 10.3382/ps.2008-00036
- Wang, G., Zheng, J. X., Hou, Z. C., Qu, L. J., Yang, N., & Xu, G. Y. (2009). Comparison study on meat quality of AA broilers and Beijing fatty chickens. *China Poultry*, 31, 11-18.
- Wang, Y., Sun, Y., Ni, A., Li, Y., Yuan, J., Ma, H., Wang, P., Shi, L., Zong, Y., Zhao, J., Bian, S., & Chen, J. (2022). Research note: Heterosis for egg production and oviposition pattern in reciprocal crossbreeds of indigenous and elite laying chickens. *Poultry Science*, 101(12), 102201. doi: 10.1016/j.psj.2022.102201
- Wattanachant, C., Songsang, A., Wattanasit, S., Adulyatham, P., & Wattanachant, S. (2004). *Carcass quality, chemical composition, physical properties and textural characteristics of meat from naked-neck chicken and common Thai indigenous chicken*. Songkhla, Thailand: Prince of Songkla University. (in Thai)
- Warriss, P. D., Wilkins, L. J., & Knowles, T. G. (1999). Views on poultry meat science. In R. I. Richardson, & G. C. Mead (Ed.), *The influence of ante-mortem handling on poultry meat quality* (pp. 217–230). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Young, H. T., & Choi, H. J. (2003). Studies on nutrient components between the Chungjung chicken meats and general chicken meats. *Korean Journal of Food and Nutrition*, 16, 187-191.

Research article

Growth performance and carcass quality in Srivijaya chicken and Srivijaya crossbred chicken

Napapach Chuaychu-noo^{1*} Pachara Thananurak² Jareewan Chankong¹
Prapot Maliwan¹ and Soawanee Chaipetch³

¹Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Song, Nakhon Si Thammarat Province, 80110

²Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani Province, 12130

³Faculty of Agro Industry Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Yai, Nakhon Si Thammarat Province, 80240

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 10 August 2023

Revised: 26 November 2023

Accepted: 30 November 2023

Online published: 13 December 2023

Keyword

Growth performance

Carcass quality

Srivijaya chicken

Srivijaya crossbred chicken

ABSTRACT

The purpose of this experiment was to study the growth performance and carcass composition of Srivijaya chicken (SB) and Srivijaya crossbred chicken (SCB). The experimental design was a randomized complete block design (RCBD). Mixed-gender SB hybrids of SCB75 and SCB75 pedigree levels (60 chicks per breed), a total of 180 chicks (1 day old), divided into 3 groups of 4 replicates (15 birds per replicate). The studies were divided into 0-3, 4-6, 7-9- and 10-12-weeks diets with 21, 19 17, and 15 % protein levels. The results show that SCB50 had a high body weight gain ($p < 0.01$). In terms of the cost of 1 kg of chicken production, SCB50 was lower ($p < 0.01$). SB is no different from SCB75. Carcass quality and carcass composition of SCB50 showed a higher % of breast, abdominal fat ($p < 0.01$), and thigh ($p < 0.05$) than SB and SCB75. The SCB50 had a higher % of thigh ($p < 0.05$) than SB but was not different from the SCB75. Evaluation of carcass quality: pH values of all groups of chickens were not different ($p > 0.05$). SCB50 chickens had a higher lightness (lightness: L^*) and yellowness (yellowness: b^*) of the breast, thigh, and drumstick than SB and SCB75 ($p < 0.05$). SB had higher red (redness: a^*) values than SCB75 and SCB50 ($p < 0.05$). The water holding capacity of SB chickens had higher % of drip loss and cooking loss ($p < 0.05$) than SCB75 and SCB50 chickens. Shear force through the meat firmness values of the 3 groups of chickens were not different ($p > 0.05$). SB chickens had higher firmness values than SCB75 and SCB50 chickens ($p < 0.05$). As for the breast, thigh, and drumstick SCB50 chickens had a higher % of fat ($p < 0.05$). SCB50 and SBS75 have high growth performance; carcass composition is high; and feed cost per kilogram of chicken is low. Chicken meat has L^* , b^* , and a total fat % higher than SB, while SB chicken meat has a red color value and a high water-holding capacity.

*Corresponding author

E-mail address: napapach.c@rmutsv.ac.th (N. Chuaychu-noo)

Online print: 13 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.38>



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

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็ม

จักรินทร์ ตรีอินทอง^{1*} และ ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อ่างทองเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อ่างทองเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 30 กันยายน 2566

แก้ไข: 29 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 4 ธันวาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 14 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

น้ำพริก

ปลานิลเค็ม

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

บทคัดย่อ

ปลานิลเค็มเป็นผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนรอบเขื่อนลำปาวที่นิยมแปรรูปจากปลานิลที่เลี้ยงในกระชังและตายแบบกะทันหันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ แต่ยังมีราคาจำหน่ายค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยศึกษาสูตรต้นแบบในการผลิต การพัฒนาสูตรต้นแบบ การทดสอบผู้บริโภค และการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลการทดลองพบว่า สูตรที่พัฒนาได้ของน้ำพริกปลานิลเค็มประกอบด้วยเนื้อปลานิลเค็มทอด พริกชี้ฟ้าแห้ง พริกชี้หนูแห้ง หอมเจียว กระเทียมเจียว น้ำมันงาเป็ยก น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และผงปรุงรส ร้อยละ 36.85 3.68 3.68 12.29 12.29 19.66 4.18 4.91 และ 2.46 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.98-7.71 คะแนน) ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 97.50 และตัดสินใจซื้อร้อยละ 87.00 น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 36.97, 9.99 และ 10.33 ตามลำดับ มีค่า water activity (aw) เท่ากับ 0.59 ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันทั้งหมด เถ้า คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงานของน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 10.77 14.84 18.64 6.18 49.57 และ 425.40 Kcal/100 g ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (6.50 x 10² CFU/g) และยีสต์และรา (< 10 CFU/g) ไม่เกินเกณฑ์ที่มาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: น้ำพริกผัด (มพช.321/2556) และน้ำพริกปั่นแห้ง (มพช. 130/2556) กำหนด มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ 87.60 บาทต่อกิโลกรัม ผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าและสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นเอกลักษณ์ให้กับชุมชน

บทนำ

น้ำพริก เป็นอาหารคู่ครัวไทยที่นิยมรับประทานในทุกภูมิภาค และมีหลายประเภท นิยมบริโภคกับข้าว ผักสดหรือผักต้ม ปลาหรือเนื้อสัตว์ ปัจจุบันน้ำพริกบริโภคได้ 4 รูปแบบ คือ คลุกข้าว ใช้เป็นน้ำจิ้ม เครื่องปรุงอาหารอื่น ๆ และทาขนมปัง ร้อยละ 98.00 ของครัวเรือนไทยบริโภคน้ำพริกบางชนิด ในขณะที่ร้อยละ 64.00 มองว่าน้ำพริกเป็นอาหารประจำบ้าน (Chaveesuk & Jitareetep, 2018) น้ำพริกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสรรพคุณทางยา เนื่องจากในน้ำพริกส่วนใหญ่มีส่วนผสมของสมุนไพร เช่น พริก หอมแดง กระเทียม และเนื้อสัตว์บางชนิด เป็นต้น ปัจจุบันพบว่ามีงานวิจัยที่มีการสร้างสรรค์น้ำพริกในรสชาติที่หลากหลายเพิ่มขึ้น โดยมีการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสมในน้ำพริกเพื่อเพิ่มมูลค่าและแนวทางการใช้ประโยชน์ รวมถึงเป็นการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น เช่น น้ำพริกปลาสามปลานิล (Tayeh et al., 2022) น้ำพริกจากสาหร่ายน้ำจืดเตา (Insumran et al., 2022) น้ำพริกผัดสมุนไพรเสริมกระชายดำ (Phugan et al., 2020) น้ำพริกปลาที่มีการเติมว่านเปราะหอม ขิง ดอกกระเจียวแยม ข่าป่า และไพล (Chamchan et al., 2019) น้ำพริกมะขามเสริมปลาตุ๋น

(Chumsree, 2016) น้ำพริกสมุนไพรจากปลานิลเสริมก้างปลานิล (Chinabhark et al., 2022) น้ำพริกปลานิลหยองเสริมแคลเซียมจากก้างปลานิล (Sirilerk, 2018) และการใช้ลูกหนามแดงเพื่อใช้ทดแทนมะขามอ่อนบางส่วนในน้ำพริกมะขาม (Manarote et al., 2019) เป็นต้น

จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเลี้ยงปลานิลในกระชังจำนวนมากในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว โดยมีการเลี้ยงหนาแน่นบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวตอนกลางซึ่งอยู่ในพื้นที่อำเภอสหัสขันธ์และอำเภอหนองกุงศรี จากข้อมูลสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562 รายงานว่า ประเทศไทยมีปริมาณปลานิลที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 391,300 ตัน โดยปริมาณปลานิลที่ได้จากการเลี้ยงในกระชังจำนวน 28,832 ตัน ในส่วนของจังหวัดกาฬสินธุ์มีจำนวนกระชัง 436 กระชัง คิดเป็นเนื้อที่ 159 ไร่ มีปริมาณผลผลิตจำนวน 3,204 ตัน (Fisheries Development Policy and Planning Division, 2021) ทั้งนี้ การเลี้ยงปลานิลในกระชังมีทั้งระบบพันธะสัญญาและแบบอิสระ ปัญหาหนึ่งที่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมักประสบระหว่างรอบปีคือ ปัญหาปลานิลตายแบบกะทันหัน (น็อคน้ำ) อันเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพ

*Corresponding author

E-mail address: jukkarin.tr@ksu.ac.th (J. Treeinthong)

Online print: 14 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.39>

ภูมิอากาศ ปลาชนิดดังกล่าวส่วนหนึ่งเกษตรกรจะนำไปแปรรูปเป็นปลานิลเค็มเพื่อจำหน่ายและบรรเทาความเดือดร้อนบางส่วนจากความเสียหายที่เกิดขึ้น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาแม่บ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นกลุ่มแปรรูปสัตว์น้ำที่ตั้งอยู่ในชุมชนที่มีการเลี้ยงปลานิลในกระชังและมีการแปรรูปปลานิลเค็มจากปลานิลน็อคน้ำ โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ จะนำปลานิลมาตัดหัว ขอดเกล็ด คั่วไก่ ล้างทำความสะอาด คลุกเคล้าปลานิลกับเกลืออัตราส่วน 3 ต่อ 1 จากนั้นบรรจุปลาใส่ในโอ่งขนาด 200 ลิตร เติมน้ำลงจนถึงขอบโอ่งปิดฝาและหมักไว้ 7 วัน หรือจนเนื้อปลามีลักษณะแข็ง จากนั้นเกษตรกรจะจำหน่ายปลานิลเค็ม 2 ลักษณะ ได้แก่ ปลานิลเค็มแบบตัวจำหน่ายราคา 15-20 บาทต่อกิโลกรัมและเนื้อปลานิลเค็มบดละเอียดจำหน่ายราคา 23-25 บาทต่อกิโลกรัม โดยผู้ซื้อนำไปแปรรูปต่อเป็นปลาข้าวต้มและปลาข้าวต้มตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปลานิลเค็มทั้งสองรูปแบบยังคงมีราคาค่อนข้างต่ำ แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ การนำหลักการด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์เข้ามาช่วยแก้ไขเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลานิลเค็มโดยใช้หลักการแปรรูปและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้แก่ชุมชนที่เป็นเอกลักษณ์ โดยศึกษาสูตรต้นแบบในการผลิตน้ำพริกปลานิลเค็ม การพัฒนาสูตรต้นแบบ การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค การศึกษาคุณภาพของน้ำพริกและการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมปลานิลเค็ม

นำปลานิลเค็ม (Figure 1) จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาแม่บ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ขนส่งมายังห้องแปรรูปสัตว์น้ำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ แล้วเอาเฉพาะส่วนเนื้อแล้วนำมาล้างให้สุก นำเนื้อปลาคลุกด้วยแป้งทอดกรอบร้อยละ 1.00 ของน้ำหนักปลานิลเค็มนี้ สูงๆ จากนั้นนำไปทอดในกระทะตั้งไฟปานกลาง จนเนื้อปลาเริ่มฟู ตักเนื้อปลานิลเค็มทอดใส่ภาชนะที่ช้อน้ำมันด้วยกระดาษซับน้ำมัน ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว นำไปทำการทดลองต่อไป



Figure 1 Salted Nile tilapia.

การศึกษาสูตรต้นแบบ (prototype) สำหรับการผลิตน้ำพริกปลานิลเค็ม

ศึกษาสูตรต้นแบบของน้ำพริกปลานิลเค็มโดยดัดแปลงสูตรจากน้ำพริกปลาอินทรีเค็มของ Maeban (2018) ซึ่งมีลักษณะรสชาติของเนื้อปลาตั้งต้นเค็มเช่นเดียวกับปลานิลเค็ม (Table 1) ผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มสูตรต้นแบบ โดยนำน้ำตาลปี๊บและน้ำมะขามเปียกใส่ในกระทะเคี่ยวด้วยไฟอ่อนจนมีฟองเดือด จากนั้นเติมส่วนผสมที่เตรียมไว้ (Table 1) ลงไปผัดคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที แล้วเทลงในภาชนะที่เตรียมไว้ พักไว้ให้เย็นแล้วบรรจุใส่กระปุกพลาสติกใสชนิดพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเรต (polyethylene terephthalate, PET) ปิดฝาให้สนิท นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มต้นแบบไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการทดสอบความชอบ 9-point hedonic scale (9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = ไม่ได้บอกว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ร่วมกับวิธีการทดสอบความพอดี 5 ระดับ (Just about right, ลดลงมาก ลดลงเล็กน้อย พอดี เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพิ่มขึ้นมาก) (Lawless & Heymann, 1998) โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ผลการทดสอบความชอบนำไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนผลการทดสอบความพอดีซึ่งเป็นสเกลที่ใช้วัดความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อความเข้มข้นของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สนใจของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการปรับปรุงหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภคนั้นนำไปหาค่าร้อยละของความพอดีและค่า net effect โดยในงานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์ความพอดีที่ร้อยละ 70.00 แสดงว่า ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว แต่หากมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีไม่ถึงร้อยละ 70.00 ให้พิจารณาค่า net effect ประกอบผล โดยค่า net effect คำนวณได้จากผลรวมของค่าร้อยละของคำตอบที่ต้องการเพิ่มขึ้นลบด้วยผลรวมของค่าร้อยละของคำตอบที่ต้องการลดลง หากค่า net effect มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20.00 แสดงว่ายังไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนั้น ๆ แต่หากมีความแตกต่างมากกว่าร้อยละ 20.00 ให้พิจารณาปรับตามทิศทางที่มีค่ามากกว่า (Lawless & Heymann, 1998; Somthawil & Sriwattana, 2012) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการศึกษาต่อไป

Table 1 Basic recipe of salted Nile tilapia chili paste modified from MaeBan (2018)

Ingredients	Amount (g)
Fried salted Nile tilapia meat	200
Ground fried dried spur chili	15
Ground fried dried Bird's eye chili	7.5
Fried shallots	50
Fried garlic	50
Tamarind paste	80
Sugar	17
Palm sugar	20
Seasoning powder	10

การพัฒนาสูตรต้นแบบ: ศึกษาผลของปริมาณเนื้อปลานิลเค็มต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองในข้อ 2 นำมาพัฒนาสูตรต้นแบบ โดยแปรปริมาณเนื้อปลาเค็มทอดออกเป็น 100 125 และ 150 กรัม นำไปผัดผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ตามสัดส่วนเดิม (Table 1) จากนั้นนำไปทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale และทดสอบความพอดี 5 ระดับด้วยวิธี Just about right ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00 คะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการยุติการพัฒนาผลิตภัณฑ์คือ คะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะมีค่ามากกว่า 6 คะแนนจาก 9 คะแนน มีความพอดีของทุกคุณลักษณะที่ร้อยละ 70.00 หรือมีค่า net effect น้อยกว่าร้อยละ 20.00 (กรณีที่มีค่าร้อยละที่ระดับพอดีไม่ถึงร้อยละ 70.00) คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การพัฒนาสูตรต้นแบบ: ศึกษาผลของปริมาณพริกชี้หูแห้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลองข้อ 3 นำมาพัฒนาสูตรโดยแปรปริมาณของพริกชี้หูแห้งออกเป็น 10 และ 15 กรัมต่อสูตร นำไปผัดผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ตามสัดส่วนเดิม (Table 1) ยกเว้นปลานิลเค็มทอด (ใช้ปริมาณที่คัดเลือกได้ตามข้อ 3) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale และทดสอบความพอดี 5 ระดับด้วยวิธี Just about right ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบ 2 กลุ่มประชากร (t-test) วิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ

ผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มตามสูตรที่พัฒนาได้ในข้อ 4 แล้วนำไปทดสอบผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน (แบบไม่เจาะจง) โดยใช้แบบสอบถามประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไป 2) ระดับความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale และ 3) ทศนคติของผู้บริโภค โดยสอบถามการยอมรับในผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจซื้อพร้อมเหตุผล พร้อมทั้งคำนวณต้นทุนวัตถุดิบของสูตรน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้ต่อกิโลกรัม

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มตามสูตรที่พัฒนาได้ นำไปวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. วัดค่าสีในระบบ L* a* b* เมื่อ L* คือค่าความสว่าง a* (+) คือ สีแดง a* (-) คือ สีเขียว b* (+) คือ สีเหลือง และ b* (-) คือ สีน้ำ

เงิน ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Ultra Scan PRO ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

2. วัดค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity, a_w) โดยใช้เครื่องวัด water activity รุ่น Aqualab series 3PE ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2012), 930.04/925.19 (934.01,930.01), 930.15, ปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC (2019) 981.10 ปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (2019) 922.06 ปริมาณเถ้า ตามวิธี In-house method TE-CH-026 based on AOAC (2012), 920.100 (A) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และพลังงาน (Kcal/100 g) ตามวิธี Department of Medical Sciences and National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards (2003)

4. วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธี Andrews (1992) และปริมาณยีสต์และราตามวิธีของ BAM (2001)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มต้นแบบ

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกปลานิลเค็มสูตรต้นแบบ (Table 2) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.93-7.65 คะแนน) สำหรับการทดสอบความพอดี (Table 3) พบว่า คุณลักษณะด้านสีและเนื้อสัมผัสของน้ำพริกมีค่าร้อยละที่ระดับความพอดีมากกว่าร้อยละ 70.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้แสดงว่าไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว (Lawless & Heymann, 1998; Somthawil & Sriwattana, 2012) ขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่น รสหวาน รสเค็ม และรสชาติโดยรวมมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีต่ำกว่าร้อยละ 70.00 จึงพิจารณาค่า net effect ประกอบ พบว่า ผู้ทดสอบต้องการให้น้ำพริกปลานิลเค็มปรับลดรสเค็มลงเล็กน้อยและเพิ่มรสหวานขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้รสเค็มที่ผู้ทดสอบรู้สึกว่ามันเกินไปนั้นเกิดจากเนื้อปลานิลเค็มซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในน้ำพริก (200 กรัม) การปรับลดส่วนผสมที่ให้รสเค็มลดลงส่งผลให้รสหวานโดดเด่นขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นปรับปรุงรสเค็มของน้ำพริกปลานิลเค็มให้ลดลงเล็กน้อย จึงได้ศึกษาปริมาณปลานิลเค็มที่เหมาะสมในการผลิตน้ำพริกในการศึกษาต่อไป

ผลการพัฒนาสูตรต้นแบบ: ปริมาณเนื้อปลานิลเค็มที่เหมาะสม

ผลการทดลอง (Table 4) พบว่า น้ำพริกปลานิลเค็มที่มีการแปรปริมาณเนื้อปลานิลเค็มทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.73-7.46 คะแนน) โดยสูตรที่ใช้เนื้อปลานิลเค็มทอด 150 กรัม มีแนวโน้มคะแนนในเกือบทุกคุณลักษณะสูงสุด ดังนั้นจึงพิจารณาผลการทดสอบความพอดีของน้ำพริกสูตรที่ใช้เนื้อปลานิลเค็มทอด 150 กรัม (Table 5) พบว่า คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสหวาน และเนื้อสัมผัสมีค่าร้อยละที่ระดับพอดีเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 70.00 ซึ่งแสดงว่าไม่ต้องปรับปรุงแล้ว สำหรับคุณลักษณะอื่นๆ ต้องพิจารณาค่า net effect พบว่า คุณลักษณะด้านรสเค็มของน้ำพริกมีค่า net effect น้อยกว่าร้อยละ 20.00 แสดงว่า ผู้ทดสอบรู้สึกพอดีในคุณลักษณะดังกล่าวแล้วจึงไม่ต้องปรับปรุง ขณะที่คุณลักษณะด้านรสเผ็ดมีค่า net effect มากกว่าร้อยละ 20.00 โดยมีความมากไปทางทิศทางปรับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ สูตรน้ำพริกปลานิลเค็มมีการใช้พริกแห้ง 2 ชนิดผสมกัน ได้แก่ พริกชี้หนูแห้งและพริกชี้ฟ้าแห้ง การผสมกันระหว่างพริกทั้งสองชนิดจะทำให้ น้ำพริกปลานิลเค็มมีระดับความเผ็ดที่ไม่มากเกินไปและยังช่วยเพิ่มสีสันของน้ำพริก การใช้พริกแห้งสองชนิดผสมกันในสูตรน้ำพริกมีรายงานในหลายงานวิจัย เช่น น้ำพริกผัดสมุนไพร (Phugan et al., 2020) น้ำพริกปลาสามปลานิล (Tayeh et al., 2022) น้ำพริกปลาอย่าง (Chamchan et al., 2019) เป็นต้น โดยทั่วไปพริกแต่ละชนิดมีความเผ็ดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ความอ่อนแก่ (ระยะการสุก) แหล่งปลูก และสภาวะแวดล้อมในการปลูก (Inprasit et al., 2022) โดยความเผ็ดของพริกวัดด้วยหน่วย Scoville Heat Unit (SHU) ซึ่งสามารถแบ่งระดับความเผ็ดออกเป็น 5 ระดับ 1) ไม่เผ็ด (0-700 SHU) 2) เผ็ดน้อย (700-3,000 SHU) 3) เผ็ดปานกลาง (3,000-25,000 SHU) 4) เผ็ดมาก (25,000 -70,000 SHU) และ 5) เผ็ดมากที่สุด (> 80,000 SHU) (Weiss, 2002) โดยพริกชี้หนูแห้ง (342,600 SHU) มีระดับความเผ็ดมากกว่าพริกชี้ฟ้าแห้ง (53,400 SHU) (Pornchaloerm & Rattapanone, 2023) ดังนั้นในการปรับปรุงรสเผ็ดของน้ำพริกปลานิลเค็มให้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกปรับปริมาณของพริกชี้หนูแห้งซึ่งมีระดับความเผ็ดมากกว่าพริกชี้ฟ้าแห้ง โดยการปรับปริมาณจาก 7.50 กรัม เป็น 10 กรัม และ 15 กรัม ตามลำดับ ในการศึกษาต่อไป

ผลการพัฒนาสูตรต้นแบบ: ปริมาณพริกชี้หนูแห้งที่ที่เหมาะสม

ผลการทดลอง (Table 6) พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำพริกปลานิลเค็มทั้ง 2 สูตรในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.67-7.56 คะแนน) แต่มีแนวโน้มคะแนนความชอบมากกว่าเมื่อใช้

พริกชี้หนูแห้งปน 15 กรัม เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความพอดี (Table 7) พบว่า คุณลักษณะด้านสี และเนื้อสัมผัส มีค่าร้อยละที่ระดับพอดีมากกว่าร้อยละ 70.00 แสดงว่า ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว ขณะที่คุณลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ กลิ่น รสหวาน รสเค็ม รสเผ็ด และรสชาติโดยรวม พบว่า มีค่า net effect น้อยกว่าร้อยละ 20.00 แสดงว่า ผู้ทดสอบรู้สึกพอดีแล้วจึงไม่ต้องปรับปรุงสูตร ทั้งนี้เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะของน้ำพริกปลานิลเค็มมีค่ามากกว่า 6 คะแนนจาก 9 คะแนน และมีผลการทดสอบความพอดีอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งแสดงว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ น้ำพริกปลานิลเค็มจึงยุติการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยสูตรน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าร้อยละประกอบด้วย เนื้อปลานิลเค็มทอด พริกชี้ฟ้าแห้งปน พริกชี้หนูแห้งปน หอมเจียว กระเทียมเจียว น้ำมันมะขามเปียก น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และผงปรุงรส มีค่าเท่ากับร้อยละ 36.85 3.68 3.68 12.29 12.29 19.66 4.18 4.91 และ 2.46 ตามลำดับ นำสูตรที่พัฒนาได้ไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อไป

ผลการทดสอบผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มและการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศชายและเพศหญิง 63.00 และ 37.00 ตามลำดับ ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุ 20-30 ปี (ร้อยละ 73.5) รองลงมาคืออายุต่ำกว่า 20 ปี (ร้อยละ 13.5) ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรีร้อยละ 80.00 อาชีพส่วนใหญ่เป็นนักเรียนนักศึกษา ร้อยละ 77.50 ผู้บริโภคมีรายได้น้อยกว่า 5,000 ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 67.50

ผลการทดสอบความชอบต่อน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้ (Table 8) พบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.98-7.71 คะแนน) ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 97.50 และไม่ยอมรับร้อยละ 2.50 สำหรับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่าย พบว่า ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อคิดเป็นร้อยละ 87 และไม่ตัดสินใจซื้อร้อยละ 13.00 โดยเหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อน้ำพริกปลานิลเค็มเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ มีความแปลกใหม่ อร่อย อากาศทดลองบริโภค สะดวกต่อการบริโภค และมีคุณค่าทางโภชนาการคิดเป็นร้อยละ 33.33 26.67 20.00 15.00 และ 5.00 ตามลำดับ ขณะที่เหตุผลที่ไม่ตัดสินใจเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์นี้ ไม่ชอบลักษณะผลิตภัณฑ์ ไม่อร่อย และอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 65.85 21.95 4.89 และ 7.31 ตามลำดับ สำหรับต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มจำนวน 1 กิโลกรัม เท่ากับ 87.60 บาท (Table 9)

Table 2 Hedonic scores of salted Nile tilapia chili paste (n=30)

Attributes	Hedonic score
Appearance	7.58±1.15
Color	7.65±0.85
Odor	6.96±1.20
Taste	6.93±1.30
Texture	7.34±1.17
Overall liking	7.44±0.94

Table 3 Degree of change scale (just about right scale) of salted Nile tilapia chili paste (prototype)

Attributes	Just about right scale (%)					Net Effect
	Much decrease	Slightly decrease	Just about right	Slightly increase	Much increase	
Color	0	3.3	90	6.7	0	3.4
Odor	0	20	66.7	13.3	0	-6.7
Sweet	0	6.7	40	40	13.3	46.6
Salty	3.33	60	33.3	3.3	0	-53.37
Overall taste	0	30	46.7	23.3	0	6.7
Texture	0	3.3	76.7	13.3	6.7	9.97

Table 4 Hedonic scores of salted Nile tilapia chili paste as affected by salted Nile tilapia meat content (n=30)

Attributes	Fried salted Nile tilapia meat contents (g)		
	100	125	150
Appearance ^{ns}	7.16±1.01	7.20±0.92	7.36±0.92
Color ^{ns}	7.13±1.07	7.10±1.09	7.46±0.77
Odor ^{ns}	6.83±1.62	6.83±1.39	7.13±1.33
Taste ^{ns}	7.06±1.33	6.73±1.17	6.96±1.15
Texture ^{ns}	7.00±1.11	6.83±1.01	7.06±0.01
Overall liking ^{ns}	7.26±0.80	7.20±0.80	7.23±0.85

^{ns} Mean in the same row is not significantly different (p>0.05).

Table 5 Degree of change scale (just about right scale) of salted Nile tilapia chili paste recipe added 150 g fried salted Nile tilapia meat

Attributes	Just about right scale (%)					Net effect
	Much decrease	Slightly decrease	Just about right	Slightly increase	Much increase	
Color	3.34	23.33	73.33	0	0	26.67
Odor	6.67	6.67	83.32	3.34	0	13.34
Sweet	0	3.33	73.33	23.34	0	20.01
Salty	3.33	16.67	66.67	10	3.33	-6.67
Spicy	0	6.67	50	33.33	10	36.66
Texture	0	16.66	70	10	3.34	-3.32

Table 6 Hedonic scores of salted Nile tilapia chili paste as affected by fried dried Bird's eye chili (n=30)

Attributes	Amount of fried dried Bird's eye chili (g)	
	10	15
Appearance ^{ns}	6.67±1.01	7.08±1.07
Color ^{ns}	6.76±0.92	7.00±1.04
Odor ^{ns}	6.68±0.80	7.00±1.11
Taste ^{ns}	7.00±1.04	7.16±1.37
Texture ^{ns}	7.08±0.99	7.36±1.36
Overall liking ^{ns}	7.44±0.82	7.56±1.00

^{ns} Mean in the same row is not significantly different (p>0.05).

Table 7 Degree of change scale (just about right scale) of salted Nile tilapia chili paste added 15 g ground fried dried Bird's eye chili

Attributes	Just about right scale (%)					Net effect
	Much decrease	Slightly decrease	Just about right	Slightly increase	Much increase	
Color	0	8	72	20	0	12
Odor	0	20	60	20	0	0
Sweet	0	12	68	20	0	8
Salty	0	28	56	16	0	-12
Spicy	0	24	68	8	0	-16
Overall taste	0	20	60	20	0	0
Texture	0	12	80	8	0	-4

Table 8 Hedonic score of 200 consumers on the salted Nile tilapia chili paste

Attributes	Average ± standard deviation
Appearance	6.98±1.15
Color	7.13±1.12
Odor	7.16±1.26
Taste	7.21±1.57
Texture	7.41±1.43
Overall liking	7.71±1.01

Table 9 Raw material costs (baht) per kilogram of salted Nile tilapia chili paste

Raw materials	% of ingredients	Gram of ingredients per kilogram of product	Price of raw materials (baht/kg)	Raw material costs (baht) per kilogram of product
Fried salted Nile tilapia meat	36.85	368.5	80	29.48
Ground fried dried spur chili	3.68	36.8	145	5.33
Ground fried dried Bird's eye chili	3.68	36.8	270	9.93
Fried shallots	12.29	122.9	138	16.96
Fried garlic	12.29	122.9	117	14.38
Tamarind paste	19.66	196.6	26	5.11
Sugar	4.18	41.8	30	1.25
Palm sugar	4.91	49.1	56	2.75
Seasoning powder	2.46	24.6	98	2.41
			Sum	87.60

คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้

น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้ (Figure 2) จากการสังเกตพบว่า มีลักษณะเป็นน้ำพริกผัดแบบกึ่งแห้ง มีสีออกส้มเหลืองอมน้ำตาลเป็นไปตามธรรมชาติของสว่นประกอบที่ใช้ เนื้อสัมผัสมีความเป็นน้ำมันของน้ำพริกผัดเล็กน้อยซึ่งเกิดจากส่วนผสมส่วนใหญ่ของน้ำพริกผ่านการทอดก่อนนำมาผัดผสม ได้แก่ เนื้อปลานิลเค็มทอดหอมเจียว และกระเทียมเจียว สำหรับผลการทดสอบคุณภาพของน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้ (Table 10) พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 36.97 9.99 และ 10.33 ตามลำดับ มีค่า water activity (a_w) เท่ากับ 0.59 ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำพริกผัด (มผช. 321/2556) ที่กำหนดว่าต้องไม่เกิน 0.85 และมาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำพริกป่นแห้ง (มผช. 130/2556) ที่กำหนดว่าต้องไม่เกิน 0.60 (Thai Community Product Standard, 2013) โดยค่า a_w เป็นค่าดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์และการเก็บรักษาอาหาร โดยแสดงถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหากอาหารมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และยีสต์และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.70 (Maepakdee et al., 2014)

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 10) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันทั้งหมด เถ้า คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงานของน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.77 14.84 18.64 6.18 49.57 และ 425.40 Kcal/100 g ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นของน้ำพริกปลานิลเค็ม (ร้อยละ 10.77) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: น้ำพริกผัด (มผช. 321/2556) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: น้ำพริกป่นแห้ง (มผช. 130/2556) ที่กำหนดว่าต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 20.00 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนของน้ำพริกปลานิลเค็ม (ร้อยละ 14.84) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในปลานิลสด

ซึ่งมีค่าร้อยละ 18.23 (Kosorn, 2021) และมีปริมาณสูงกว่าน้ำพริกปลานิล (Tayeh et al., 2022) สำหรับปริมาณไขมันทั้งหมดนั้นมีปริมาณค่อนข้างสูงส่วนหนึ่งเกิดจากส่วนผสมส่วนใหญ่ที่ไม่ใช่เครื่องปรุงรสมีการเตรียมด้วยกระบวนการทอดส่งผลให้มีปริมาณไขมันทั้งหมดในน้ำพริกที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม การเตรียมส่วนผสมของน้ำพริกด้วยกระบวนการทอดสามารถจัดความชื้นออกจากส่วนผสมซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นและค่า a_w ของน้ำพริกที่ค่อนข้างต่ำและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนด สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณสูง (ร้อยละ 49.57) เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ของน้ำพริกปลานิลเค็มเกิดจากส่วนผสมส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตน้ำพริกปลานิลเค็มมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ หอมเจียว กระเทียมเจียว น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และแป้งทอดกรอบที่ใช้คลุกปลานิลเค็มก่อนทอด ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของน้ำพริกปลานิลเค็มเมื่อเทียบกับน้ำพริกอื่น ๆ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำพริกปลานิลเค็ม (ร้อยละ 50.00) (Tayeh et al., 2022) และมีค่ามากกว่าน้ำพริกนรกปลา (Pongsetkul & Benjakul, 2021) น้ำพริกผัดสมุนไพร (Phugun et al., 2019) ทั้งนี้ ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากสัดส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในสูตรและคุณค่าทางโภชนาการของส่วนผสมที่แตกต่างกัน

คุณภาพด้านจุลชีววิทยา พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 6.50 x 10² CFU/g และน้อยกว่า 10 CFU/g ตามลำดับ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำพริกผัด (มผช. 321/2556) และน้ำพริกป่นแห้ง (มผช. 130/2556) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1x10⁴ CFU/g และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 1x10² CFU/g ผลการทดสอบคุณภาพด้านจุลชีววิทยาสอดคล้องกับค่า a_w ของน้ำพริก (0.59) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.70 ทำให้แบคทีเรีย ยีสต์และราส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Maepakdee et al., 2014) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

และมีคุณภาพผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด อีกทั้งยังมีความแตกต่างจากน้ำพริกปลานิลอื่น ๆ ที่มีการรายงานก่อนหน้านี้ในแง่ของรสชาติ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ และวัตถุประสงค์ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยน้ำพริกปลานิลอื่น ๆ ที่มีการรายงานก่อนหน้านี้ เช่น น้ำพริกปลาส้มปลานิล (Tayeh et. al., 2022) และน้ำพริกปลานิลหอยเสริมแคลเซียมจากก้างปลานิล (Sirilerk, 2018) มีรสชาติของน้ำพริกที่มีลักษณะเฉพาะตัวและมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่ม

โอกาสในการแข่งขันทางการตลาดที่ตอบสนองกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปและกลุ่มผู้บริโภคเฉพาะอย่างกลุ่มผู้สูงอายุ ขณะที่การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลานิลเค็มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาราคาที่ค่อนข้างต่ำของปลานิลเค็มให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นผ่านการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันได้ในตลาด ดังนั้นสูตรน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้จึงแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปถ่ายทอดให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนรอบเขื่อนลำปาวเพื่อต่อยอดการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป



Figure 2 The developed salted Nile tilapia chili paste.

Table 10 Product quality of salted Nile tilapia chili paste

Product quality	Results
Lightness (L*)	36.97±1.34
Redness (a*)	9.99±1.08
Yellowness (b*)	10.33±0.95
Water activity (a _w)	0.59±0.01
Moisture (%)	10.77
Protein (%)	14.84
Total fat (%)	18.64
ash (%)	6.18
Total carbohydrate (Include) (%)	49.57
Energy (Kcal/100 g)	425.40
Total plate count (CFU/g)	6.50 × 10 ²
Yeast and Mold (CFU/g)	<10

สรุปผลการวิจัย

น้ำพริกปลานิลเค็มสูตรที่พัฒนาได้ประกอบด้วย เนื้อปลานิลเค็มทอด พริกชี้ฟ้าแห้ง พริกชี้หนูแห้ง หอมเจียว กระเทียมเจียว น้ำมันงาขาว น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ และผงปรุงรส ที่ร้อยละ 36.85 3.68 3.68 12.29 12.29 19.66 4.18 4.91 และ 2.46 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะอยู่ที่ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.98-7.71 คะแนน) ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 97.50 และตัดสินใจซื้อร้อยละ 87.00 น้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 36.97 9.99 และ 10.33 ตามลำดับ มีค่า water activity (a_w) เท่ากับ 0.59 ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ทั้งหมด เถ้า คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงานของน้ำพริกปลานิลเค็มที่พัฒนาได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.77 14.84 18.64 6.18 49.57 และ 425.40 Kcal/100 g ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ และราเท่ากับ 6.50 × 10² CFU/g และน้อยกว่า 10 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: น้ำพริกผัด (มผช. 321/2556) และน้ำพริกปั่นแห้ง (มผช. 130/2560) มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ 87.60 บาทต่อกิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

References

- Andrews, W. (1992). Manual of food quality control. 4. Rev. 1. Microbiological analysis. Food and drug administration. *FAO Food and Nutrition Paper*, 14(4 Revis 1), 1-338.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2012). *Official methods of analysis* (19th ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001). *Yeast, molds and mycotoxins*. Assessed July 25, 2023. Retrieved

- from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>
- Chamchan, R., Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P., Suwanwattana, W., Suttisansanee, U., Srichamnong, W., & On-nom, N. (2019). Development of dried chili paste with added indigenous herbs from conserved area of plant genetic conservation at Kanchanaburi Province. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 16(Spec. issue 5), 361-368. doi: 10.48048/wjst.2019.6288
- Chaveesuk, R., & Jitareetep, C. (2018). Chili paste culture in Bangkok metropolis. *KnE Life Sciences*, 4(2), 136-145. doi: 10.18502/kls.v4i2.1665
- Chumsree, P. (2016). The Product development of tamarind chili paste supplementary preserved catfish. *APHEIT Journals*, 5(2), 48-55. (in Thai)
- Chinabhark, K., Sribuathong, S., Jitwarin, T., & Jitwarin, L. (2022). Effect of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) bone on quality of dried herbal chili paste. *KMUTT Research & Development Journal*, 45(3), 327-339. doi: 10.14456/kmuttrd.2022.19 (in Thai)
- Department of Medical Sciences and National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards. (2003). *Compendium of methods for food analysis*. Nonthaburi, Thailand: Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Thailand. (in Thai)
- Fisheries Development Policy and Planning Division. (2021). *Fisheries statistic of Thailand 2019* (Document No. 2/2021). Bangkok, Thailand: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Inprasit, K., Chookaew, L., Suksawad, J., & Chuenwatthana, S. (2022). Physicochemical properties and capsinoids content of Thai chili cultivars used in southern sour curry paste (Kaeng Som). *Bulletin of Applied Sciences*, 11(11), 121-132. doi: 10.60136/bas.v11.2022.140 (in Thai)
- Insumran, Y., Jansawang, N., Jenakoon, S., Sanwung, S., & Ruangchai, N. (2022). Development of traditional chili paste from freshwater algae (*Spirogyra neglect* (Hassall) Kützing). *Prawarun Agricultural Journal*, 19(1), 88-94. doi: 10.14456/paj.2022.11 (in Thai)
- Kosorn, K. (2021). *Tilapia helps prevent cardiovascular disease*. Accessed June 1, 2023. Retrieved from https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/antifakene ws/download?id=74772&mid=35692&mkey=m_doc ument&lang=th&did=24236 (in Thai)
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York: Chapman & Hall.
- Maeban. (2018). *Nam Prik Ngoen Lan*. Bangkok, Thailand: Maeban Publisher. (in Thai)
- Maepakdee, S., Rattanasuwan, P., Krasaechon, N., & Yuenyongputtakul, W. (2014). Enrichment of protein and iron in snack products using tuna blood power. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 24(1), 168-177. (in Thai)
- Manarote, A., Tubbiyam, P., KhuaiKhoen, W., & Phurahong, B. (2019). Partial substitution of young tamarind by karonda in Nam Prik Makham product. *RMUTP Research journal*, 13(1), 139-148. (in Thai)
- Pongsetkul, J., & Benjakul, S. (2021). The use of sodium benzoate on shelf-life and quality attributes of dried chili fish paste stored in different packaging containers. *Foods*, 10(8), 1082. doi: 10.3390/foods10081802.
- Pornchaloerm, P., & Rattapanone, N. (2023). *Scoville heat unit*. Accessed July 25, 2023. Retrieved from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2246/scoville-heat-unit-สโกวิลล์>. (in Thai)
- Phugan, P., Inket, S., Pramai, P., & Singsom, S. (2020). Development of stir-fried chilli paste from herb. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, 14(1), 131-138. (in Thai)
- Sirilerk, C. (2018). The product development of “Nam-Prik Pla Nil Yong” (dried shredded Nile tilapia chili paste) supplemented with calcium from the bone of Nile tilapia (*Tilapia nilatatiea*). *Vocational Education Central Region Journal*, 2(1), 56-62. (in Thai)
- Somthawil, S., & Sriwatta, S. (2012). The use of just about right scales in reformulation of Thai northern style sausage. *Proceedings of the 50th Kasetsart university annual conference: agro-industry, Kasetsart university* (pp. 167-174). Bangkok, Thailand: Kasetsart University. (in Thai)
- Tayeh, N., Sukjantra, J., Na Nakorn, K., & Kamaelae, R. (2022). Development of stir-fried chili paste from Plasom Pla-nil (fermented tilapia). *YRU Journal of Science and Technology*, 7(3), 1-8. (in Thai)
- Thai Community Product Standard. (2013). *Dried chili paste (TCPS. 130/2013)*. Bangkok, Thailand: Ministry of Industry. (in Thai)
- Weiss, E. A. (2002). *Spice crops*. New York, United States: CABI publishing.

Research article

Product development of salted Nile tilapia chili pasteJukkarin Treeinthong^{1*} and Piyachat Wiriyampaiwong²^{1*}*Department of Fishery Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Mueang, Kalasin Province, 46000*²*Department of Biotechnology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Mueang, Kalasin Province, 46000*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 30 September 2023

Revised: 29 November 2023

Accepted: 4 December 2023

Online published: 14 December 2023

Keyword*Chili paste**Salted tilapia**Product development***ABSTRACT**

Salted Nile tilapia is a product derived from tilapia raised in floating cages that died suddenly (knocked out of the water) due to the changing climate conditions in the Lam Pao Dam area. Its selling price is, however, still quite low. This research aims to enhance the value of Nile tilapia by producing salted Nile tilapia chili paste (Nam Prik Pla Nile Khem). The prototype product recipe, formulation development, consumer testing, and assessment of the final product's quality were studied. The results revealed that the recipe for producing salted Nile tilapia chili paste comprises the following ingredients by weight: fried salted Nile tilapia meat (36.85 %), dried spur chili powder (3.68 %), dried bird's eye chili powder (3.68 %), fried shallots (12.29 %), fried garlic (12.29 %), tamarind paste (19.66 %), sugar (4.18 %), palm sugar (4.91 %), and seasoning powder (2.46 %). The average preference scores of all attributes varied from a slight to a moderate preference (6.98 to 7.71 points). A remarkable 97.50 % of consumers accepted the product, and 87.00 % of them decided to purchase it. The salted Nile tilapia chili paste developed in this study exhibited specific color attributes, with lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) values measuring 36.97, 9.99, and 10.33, respectively. Additionally, the water activity (a_w) was determined to be 0.59. The chili paste's composition includes 10.77 % moisture, 14.84 % proteins, 18.64 % total lipids, 6.18 % ash, 49.57 % carbs, and 425.40 Kcal/100g of energy. Total Plate Count (6.50 x 10² CFU/g) and yeast and mold content (< 10 CFU/g) remained well below the threshold specified in accordance with the community product standard for fried chili paste (TCPS. 321/2013) and dried chili paste (TCPS. 130/2013). The cost of raw materials was 87.60 baht per kilogram. The development of this product serves to enhance value and introduce innovative and distinctive products to the community.

^{*}Corresponding author

E-mail address: jukkarin.tr@ksu.ac.th (J. Treeinthong)

Online print: 14 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.39>



บทความวิจัย

การเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่เบตง กับไก่ประดู่หางดำ และไก่ค้อลอนภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย

ศรวิญ บัวศิริ* และ ปิยะนันท์ นวลหนูปลั่ง

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 25 สิงหาคม 2566

แก้ไข: 8 ธันวาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 8 ธันวาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 18 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย

ไก่เบตง

สมรรถภาพการผลิต

คุณภาพซาก

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อของไก่เบตง กับไก่ประดู่หางดำ และไก่ค้อลอน ภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำ ไก่ค้อลอน และไก่เบตง ที่อายุ 10 สัปดาห์ คณะเพศ จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ตัว จนกระทั่งอายุ 18 สัปดาห์ ใช้อัตราการเลี้ยง 2.5 ตารางเมตรต่อตัว โดยมีพื้นที่คอกดิน 5x7.5 ตารางเมตร ภายในมีเพิงขนาด 2x2.5 ตารางเมตร บริเวณที่เหลือเป็นพื้นหญ้าและพืชธรรมชาติ แต่ละคอกกั้นด้วยตาข่าย ผลการวิจัย พบว่า ไก่เบตงมีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการกินได้ต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ตลอดช่วงอายุ 10-18 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำ และไก่ค้อลอน ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับคุณภาพซากของไก่เบตงที่มีน้ำหนักตัวก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น และ % ซาก ไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำ และไก่ค้อลอน ($p > 0.05$) ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย แต่ไก่เบตงเพศเมียมี % ชิ้นส่วนสะโพกมากกว่าไก่ประดู่หางดำ แต่ไม่แตกต่างกับไก่ค้อลอน สำหรับค่าองค์ประกอบเคมีในเนื้อหน้าอก ได้แก่ % ความชื้น % โปรตีน และ % ไขมัน ของไก่เบตง ไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำ และไก่ค้อลอนทั้งในเพศผู้และเพศเมีย ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่เบตงภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่สนใจเลี้ยงไก่พื้นเมือง

บทนำ

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองพบในทั่วทุกภาคของประเทศ ในอดีตเป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก แต่ปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนเป็นการเลี้ยงเพื่อการจำหน่ายที่สร้างรายได้ให้กับครอบครัว สำหรับพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ไก่เบตงเป็นไก่พื้นเมืองสายพันธุ์หนึ่งที่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีศักยภาพการผลิตที่ดี และให้เนื้อคุณภาพดี รสชาติดี หอมหวาน เนื้อเหนียวนุ่ม ไม่เละ จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค (Chatree Wong & Waree, 2006) ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่นิยมเลี้ยงไก่เบตงรูปแบบกึ่งกึ่งปล่อย เนื่องจากไก่เบตงมักมีพฤติกรรมเดินเล่นออกก้าง คู้เขี่ยพืชอาหารตามธรรมชาติ อีกทั้งช่วยลดความเครียด และลดการจิกตีกันของไก่เบตง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการเลี้ยงไก่เบตง (Nuahnuplong, 2019) ดังนั้นการเลี้ยงไก่เบตงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่สนใจเลี้ยงไก่พื้นเมืองเชิงพาณิชย์ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสายพันธุ์อื่น ๆ ด้วยก็ตาม เช่น ไก่ประดู่หางดำ ไก่ค้อลอน เป็นต้น

ไก่เบตง ลักษณะประจำพันธุ์ที่เด่นชัด คือ หัวกว้าง ใบหน้ามีสีแดง ขนลำตัวมีสีเหลืองทองตลอดทั้งลำตัว ปีกสั้น ขนหางไม่ดก สั้น หลังกว้างเป็นแผ่น ๆ มีระดับขนานกับพื้นดิน ขามีขนาดใหญ่พอเหมาะ กับลำตัว แข็งกลม ลำสั้น เก็ดตัววาวเป็นระเบียบสีเหลือง-ส้มอ่อน

ไก่เบตงเพศผู้ และเพศเมีย อายุ 8-52 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบขังคอกย่อย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 600-2,350 และ 510-1,780.13 กรัม ตามลำดับ (Chanjula et al., 2004) และเมื่อโตเต็มที่ที่อายุ 24 สัปดาห์ ไก่เบตงเพศผู้และเพศเมียที่เลี้ยงแบบขังคอกที่มีทางเปิดออกลานดิน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 2,066.70 และ 1,650 กรัม ตามลำดับ (Chatree Wong & Waree, 2006) ขณะที่ Nuahnuplong (2019) รายงานว่า ไก่เบตงคณะอายุ 24 สัปดาห์ จากฟาร์มเกษตรกร อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 1,960 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับ Buakeeree et al. (2018) ที่รายงานว่า ไก่เบตงคณะอายุ 17 สัปดาห์ ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงของเกษตรกรที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 1,741.40 กรัม

ไก่ประดู่หางดำ (Pradu-Hangdum chicken) มีลักษณะรูปร่างสูงโปร่ง คล่องแคล่ว ว่องไว หงอนถั่ว สีหน้าแดงถึงแดงอมดำ ปากสีดำ ขนลำตัว และขนหางสีดำ ขนคอ และหลังสีแดงประจุดู ผิวหนังสีเหลืองอ่อน และแข้งสีเขียวอมดำถึงดำ เมื่อโตเต็มที่เพศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 3.49 กิโลกรัม และเพศเมียมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 2.30 กิโลกรัม (Intharachote et al., 2008) และไก่ค้อลอน หรือไก่คอเปลือย (Naked-Neck chicken) เป็นไก่พื้นเมืองไทยสายพันธุ์หนึ่งของภาคใต้ มีลักษณะเด่น คือ ไม่มีขนปกคลุมบริเวณคอจนถึง

*Corresponding author

E-mail address: kruan.bu@skru.ac.th (K. Buakeeree)

Online print: 18 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.40>

กระเพาะพัก เพศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 กิโลกรัม และเพศเมีย มีน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.50 กิโลกรัม (Od-Ton et al., 2004) ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์เป็นไก่ศรีวิชัยขาว โดยทำการคัดเลือก ผสมพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์จากไก่พื้นเมืองโคลอน ไก่พื้นเมือง (ไก่ซี) และไก่ไข่ลูกผสมทางการค้า โดยสถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์นครศรีธรรมราช ทั้งนี้ไก่โคลอนที่อายุ 20 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 2,200 กรัม

จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา มีเพียงการรายงาน สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์ (Intharachote et al., 2008; Od-Ton et al., 2004; Chatree Wong & Watee, 2006; Trimanee et al., 2013) แต่ยังไม่ปรากฏข้อมูลรายงาน ในการเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของไก่เบตง กับไก่ประดู่หางดำ และไก่โคลอน เมื่อเลี้ยงพร้อมกันภายใต้รูปแบบเดียวกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงจึงวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อของไก่เบตงกับไก่ประดู่หางดำ และไก่โคลอนภายใต้การเลี้ยงแบบกึ่งปล่อย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

การศึกษานี้ใช้ไก่พื้นเมืองคณะเพศ อายุ 10 สัปดาห์ 3 สายพันธุ์ ๆ ละ 45 ตัว ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำ ไก่โคลอน และไก่เบตง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำ ไก่โคลอน และไก่เบตง จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 15 ตัว ทดลองในสถานีวิจัยปฏิบัติการสัตว์บาล คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ใช้อัตราการเลี้ยง 2.5 ตารางเมตรต่อตัว โดยมีพื้นที่คอกดิน 5x7.5 ตารางเมตร ภายในมีเพิงขนาด 2x2.5 ตารางเมตร บริเวณที่เหลือเป็นพื้นหญ้าและพืชธรรมชาติ แต่ละคอกกั้นด้วยตาข่าย ไก่ได้รับเฉพาะแสงสว่างจากธรรมชาติประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน (Buakeeree & Nualhnuplong, 2016a) ไก่ทดลองได้รับอาหารที่มีโปรตีน 16 % พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม แคลเซียม 1.02 % ฟอสฟอรัส 0.85 % (Buakeeree & Nualhnuplong, 2016b) โดยใช้ใบคำนวณสูตรอาหารสัตว์ของ Kanto (2009) ดังแสดงใน Table 1 โดยให้อาหารและน้ำกินอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ใบอนุญาตใช้สัตว์ทดลองของนักวิจัย U1-05618-2559

การบันทึกข้อมูล

สมรรถนะการเจริญเติบโต

บันทึกข้อมูลน้ำหนักตัว และปริมาณอาหารที่กินทุก 2 สัปดาห์ ที่อายุ 10, 12, 14, 16 และ 18 สัปดาห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Body weight gain, BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (Average daily gain, ADG) ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake, ADFI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion ratio, FCR) และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Feed cost per gain) ทั้งนี้อาหารไก่ทดลอง กิโลกรัมละ 13.99 บาท และบันทึกค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed cell volume, PCV) หรือค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit) ตามวิธีการของ Navanukraw (1998) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดไก่ทดลองที่อายุ 14 สัปดาห์ ซ้ำละ 2 ตัว (เพศผู้ 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว) ใช้หลอดแก้ว

แคปิลลารีความยาว 75 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด 1 มิลลิเมตร ดูดตัวอย่างเลือดประมาณ 3/4 ของหลอด ปิดปลายข้างหนึ่งด้วยดินน้ำมัน จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง Hematocrit centrifuge ด้วยความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3-5 นาที

คุณภาพซากและองค์ประกอบทางเคมี

เมื่อไก่พื้นเมืองอายุ 18 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่เพื่อผ่าซากซ้ำละ 2 ตัว (เพศผู้ 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว) โดยอดอาหารแต่ให้ไก่ได้รับน้ำ 12 ชั่วโมงก่อนฆ่า บันทึกน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า จากนั้นทำการผ่าตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Chotesangasa & Gongrattananun (1999) โดยการเชือดคอและปล่อยให้เลือดไหลออก แล้วจุ่มซากลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 68 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที จากนั้นนำซากไก่ไปถอนขนด้วยเครื่องถอนขนไก่แบบอัตโนมัติชนิด Rotary drum picker นานประมาณ 30 วินาที จุ่มซากไก่ลงในน้ำเย็นแล้วนำมาถอนขนอ่อนด้วยมือ ล้างซากด้วยน้ำสะอาด จากนั้นจึงทำการเปิดซากเอาเครื่องในออก แล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วทำการตัดแยกซากออกเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ หน้าอก (Breast) สะโพก (Thigh) น่อง (Drumstick) ปีก (Wing) หัว (Head) คอ (Neck) โครงร่าง (Skeletal frame) เท้าและแข้ง (Foot and shank) บันทึกน้ำหนักของชิ้นส่วนซาก คำนวณ % ซาก (% of carcass) และ % ชิ้นส่วนตัดแต่ง (% of Retail cuts) สำหรับค่าองค์ประกอบทางเคมี เนื้อหน้าอก วิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้น โดยวิธี Oven method ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl's method ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet apparatus method และเถ้า ใช้วิธีนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ AOAC (1990) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ ได้แก่ สมรรถภาพการผลิต ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมี วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1998)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

สมรรถภาพการผลิตของไก่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยช่วงอายุ 10-18 สัปดาห์

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่เบตงเปรียบเทียบกับไก่ประดู่หางดำ และไก่โคลอน ในช่วงอายุ 10-18 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยในแปลงหญ้า ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลองที่อายุ 10 สัปดาห์ น้ำหนักไก่เฉลี่ยของทั้งสามสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไก่เบตงมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าไก่ประดู่หางดำ แต่มากกว่าไก่โคลอน ($p < 0.05$) เป็นไปได้ว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของสายพันธุ์ โดยตลอดช่วงอายุ 12-18 สัปดาห์ ไก่เบตงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำ และไก่โคลอน ($p > 0.05$) ถึงแม้ว่าที่อายุ 12 และ 14 สัปดาห์ ไก่เบตงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่าไก่โคลอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากไก่เบตงมีความสามารถในการเพิ่มน้ำหนักตัวได้ดีตั้งแต่อายุ 12 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Buakeeree & Nualhnuplong (2023) ที่ศึกษารายการเจริญเติบโตของไก่เบตงโดยมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นในช่วงดังกล่าวซึ่งให้ผลในการทำงานเดียวกัน อย่างไรก็ตาม น้ำหนักตัวของไก่เบตงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Nualhnuplong (2019) ที่รายงานไว้ว่า ไก่เบตงคละเทศ ที่อายุ 18 สัปดาห์ จากฟาร์มเกษตรกรในพื้นที่อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ที่เลี้ยงแบบกึ่งชั่งกึ่งปล่อย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 1,720 กรัม และการศึกษาของ Buakeeree et al. (2018) ที่รายงานไว้ว่า ไก่เบตงที่เลี้ยงภายใต้สภาพการเลี้ยงของเกษตรกรในโรงเรียน และมีพื้นที่ลาน ที่อายุ 17 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 1,741.4 กรัม และ Chotesangasa & Gongrattananun (1999) ที่รายงานไว้ว่า ไก่เบตงสายเคยูคละเทศ อายุ 16 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบชั่งคอกรวมปล่อยพื้น มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 1,753 กรัม สำหรับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการกินได้ต่อวัน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ตลอดช่วงอายุ 10-18 สัปดาห์ ของไก่เบตงมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่ประดู่หางดำ และไก่คอลอน ถึงแม้พบความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ที่อายุ 10-12 สัปดาห์ ก็ตาม โดยไก่เบตงมีสมรรถภาพการผลิตดีกว่าไก่ประดู่หางดำ และไก่คอลอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ทั้งนี้การเลี้ยงไก่แบบกึ่งปล่อย ไก่สามารถเดินออกกำลัง เดินคุ้ยเขี่ยหากินเองตามธรรมชาติ จิกกินหญ้าหรือพืชอาหารตามธรรมชาติในพื้นที่เลี้ยง และช่วยลดความเครียดได้ ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพไก่โดยรวม แต่ไก่ต้องสูญเสียพลังงานในการเดินออกกำลังมากกว่า จึงต้องการปริมาณอาหารมากกว่า อีกทั้งส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักต่อกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงแบบชั่งคอก (Fanatico et al., 2008; Castellini et al., 2002; Wang et al., 2009) นอกจากนี้การเลี้ยงแบบกึ่งปล่อยยังช่วยลดความเสียหายจากการจิกชนของไก่เหลืองหางขาวให้น้อยลงกว่าการเลี้ยงแบบชั่งคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Molee et al., 2012)

สำหรับค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์เบตงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสายพันธุ์ประดู่หางดำ และคอลอนที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยทั้งเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเลี้ยงแบบกึ่งปล่อยไม่มีผลต่อสุขภาพโดยรวมของไก่พื้นเมืองทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่เพศผู้มีค่าอยู่ในช่วง 31.45-37.70 % และเพศเมียมีค่าอยู่ในช่วง 29.87-33.66 % ดังแสดงใน Table 3 สอดคล้องกับ Simaraks et al. (2004) ที่รายงานไว้ว่า ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่พื้นเมืองไทย มีค่าอยู่ในช่วง 28-37 %

คุณภาพซากและองค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาผลของสายพันธุ์ต่อคุณภาพซากไก่พื้นเมืองเพศผู้และเพศเมียอายุ 18 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย พบว่า ไก่เบตงเพศผู้มีน้ำหนักตัวก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น % ซาก และ % ชิ้นส่วนที่สำคัญ ได้แก่ % ชิ้นส่วนเนื้อหน้าอก สันใน สะโพก น่อง ปีก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไก่ประดู่หางดำและไก่คอลอน ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับเพศเมีย ที่ไก่เบตงมีคุณภาพซากดังกล่าวไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำและไก่คอลอนยกเว้น % ชิ้นส่วนสะโพก โดยไก่เบตงมี % ชิ้นส่วนสะโพกมากกว่าไก่ประดู่หางดำแต่ไม่แตกต่าง

กับไก่คอลอน และเมื่อพิจารณาผลของสายพันธุ์ต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีเนื้อหน้าอก พบว่า เนื้อหน้าอกของไก่เบตงทั้งเพศผู้และเพศเมียมี % ความชื้น โปรตีน และไขมัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับไก่ประดู่หางดำและไก่คอลอน ($p > 0.05$) แต่มี % ไขมันมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 4 และ 5

คุณภาพซากและองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Trimanee et al. (2013) ที่รายงานไว้ว่า ไก่เบตงคละเทศ อายุ 20 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบชั่งคอก กึ่งชั่งกึ่งปล่อยคอกและแปลงหญ้าปล่อยลาน และปล่อยอิสระในฟาร์มเกษตรกร มี % ซากอยู่ในช่วง 73.12-76.92 % ส่วนค่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหน้าอก มีค่าความชื้น โปรตีน และไขมัน อยู่ในช่วง 72.09-73.49, 24.72-25.05 และ 0.21-0.80 % ตามลำดับ ขณะที่ Nualhnuplong (2019) รายงานไว้ว่า ไก่เบตงคละเทศอายุ 24 สัปดาห์ ที่เลี้ยงแบบกึ่งชั่งกึ่งปล่อย มีน้ำหนักตัวก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็น เท่ากับ 1,784.17 1,225.42 และ 1,197.08 กรัม ตามลำดับ และ % ซาก มีค่าเท่ากับ 67.02 % ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเลี้ยงแบบชั่งคอก ($p > 0.05$) ยกเว้น % สะโพกที่เลี้ยงแบบชั่งคอก มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่เลี้ยงแบบกึ่งชั่งกึ่งปล่อย ($p > 0.05$) ส่วนค่าองค์ประกอบทางเคมีเนื้อหน้าอก ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับ 74.23 1.33 23.84 และ 0.33 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม Chatree Wong & Watee (2006) รายงานไว้ว่า ไก่เบตงเพศผู้ และเพศเมียที่เลี้ยงในโรงเรียนและเปิดช่องปล่อยให้ไก่เดินออกไปลานดิน มีน้ำหนักตัวก่อนฆ่าที่อายุ 18 สัปดาห์ เท่ากับ 1,802.2 และ 1,352.0 กรัม ตามลำดับ และมี % ซาก เท่ากับ 64.64 และ 68.54 % ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

ไก่เบตงมีสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมี ไม่แตกต่างกับไก่ประดู่หางดำ และไก่คอลอน แต่อย่างไรก็ตามไก่เบตงมีความสามารถในการเพิ่มน้ำหนักตัวในช่วงอายุ 12-18 สัปดาห์ ในแง่สุขภาพเมื่อพิจารณาจากค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของไก่เบตงที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย ซึ่งให้เห็นว่าไม่มีผลเสียต่อสุขภาพของไก่ ดังนั้นการเลี้ยงไก่เบตงในรูปแบบกึ่งปล่อย จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการขยายการเลี้ยงไก่เบตง ตลอดจนปรับเปลี่ยนเป็นการผลิตไก่พื้นเมืองแบบอินทรีย์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัย และสถานีปฏิบัติการสัตวบาล คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

Table 1 Feed ingredients and compositions of experimental diets

Ingredients	kg
Corn	47.00
Rice bran	28.00
Soybean meal (44 %)	16.50
Fish meal (55 %)	3.00
Palm oil	1.75
Dicalcium phosphate	3.00
Salt	0.25
Premix ^{1/}	0.50
Total	100
Calculated chemical composition analysis	
Crude Protein (%)	16
ME (kcal/kg)	3,000
Fat (%)	5.60
Crude Fiber (%)	5.72
Ca (%)	1.02
P (%)	0.85
Price (baht/kg)	13.99

^{1/}Premix (/kilogram diet): vitamin A, 400 IU; vitamin D3, 250 IU; vitamin E, 30 mg; vitamin C, 30 mg; vitamin K3 13 mg; vitamin B1 10 mg; vitamin B2 16 mg; vitamin B6 12 mg; vitamin B12 0.1 mg; Ca pantothenic acid 60 mg; folic acid 0.2 mg; nicotinic acid 83 mg; choline 105 mg; Co 0.4 mg; Cu 3.7 mg; I 0.5 mg; Mn 86 mg; Mg 108 mg; Zn 62 mg; Fe 42 mg; Ca 11 mg; Na 390 mg; Cl 671 mg; K 78 mg; Met 45 mg.

Table 2 Production performance of Pradu-Hangdum, Naked-Neck and Betong chicken in semi free rang rearing (10-18 weeks)

Trait	Pradu-Hangdum	Naked-Neck	Betong	P-value
Body weight (kg/b)				
10	0.93±0.0346 ^a	0.65±0.0351 ^c	0.77±0.0404 ^b	0.0003
12	1.10±0.0115 ^a	0.87±0.0346 ^b	1.09±0.0057 ^a	0.0001
14	1.34±0.0173 ^a	1.15±0.0321 ^b	1.39±0.1553 ^a	0.0458
16	1.61±0.0351 ^a	1.40±0.0435 ^b	1.52±0.0986 ^{ab}	0.0229
18	1.74±0.0416	1.59±0.0916	1.66±0.0527	0.0937
Body weight gain (kg/b)				
10-12	0.17±0.0305 ^b	0.22±0.0472 ^b	0.32±0.0458 ^a	0.0132
12-14	0.24±0.0152	0.28±0.0378	0.29±0.1497	0.7236
14-16	0.27±0.0513	0.25±0.0115	0.14±0.1006	0.1021
16-18	0.13±0.0754	0.19±0.0556	0.13±0.0416	0.4310
10-18	0.81±0.0305	0.94±0.0709	0.88±0.0750	0.1073
Average daily feed intake (g/b/d)				
10-12	71.85±8.2931	80.28±3.4657	76.70±7.0651	0.3556
12-14	100.53±11.6398	93.57±7.2511	98.49±4.4055	0.6005
14-16	101.85±13.1542	99.00±4.4513	107.39±7.6631	0.5544
16-18	121.32±18.3256	106.57±4.2307	110.64±3.0357	0.3089
10-18	98.89±9.2014	94.86±3.3578	98.31±2.2345	0.6727
Average daily gain (g/b/d)				
10-12	12.38±2.1843 ^b	15.48±3.3761 ^b	22.86±3.2743 ^a	0.0132
12-14	16.90±1.0943	20.24±2.7051	20.95±10.7007	0.7235
14-16	19.05±3.6642	17.62±0.8256	9.76±7.1922	0.1021
16-18	9.29±5.3954	13.57±3.9737	9.52±2.9767	0.4309
10-18	14.41±0.5455	16.73±1.2668	15.77±1.3402	0.1076
Feed conversion ratio				
10-12	5.87±0.7746 ^a	5.32±0.9278 ^a	3.36±0.2847 ^b	0.0118
12-14	5.93±0.3380	4.67±0.7028	5.58±2.6297	0.6254
14-16	5.58±1.9073	5.61±0.0115	7.92±1.9798	0.2565
16-18	9.00±2.4183	8.34±2.5571	10.72±3.3728	0.6639
10-18	5.85±1.7262	5.98±0.6665	6.65±1.0740	0.7077
Feed cost per gain (baht)				
10-12	78.64±10.3763 ^a	71.18±12.4227 ^a	44.98±3.8145 ^b	0.0118
12-14	79.40±4.5250	62.48±9.4083	74.67±35.2141	0.6252
14-16	74.71±25.5359	75.16±0.1558	106.05±26.5094	0.3355
16-18	120.51±32.3784	111.67±34.2420	143.47±45.1620	0.4997
10-18	91.55±3.2668	80.12±8.9260	97.36±1.3488	0.0950

^{a,b,c} mean with different superscripts within the same row are different ($p < 0.05$).

Table 3 % of hematocrit of Pradu-Hangdum, Naked-Neck and Betong chicken in semi free rang rearing (14 weeks)

Item	hematocrit (%)	
	Male	Female
Pradu-Hangdum	33.92±1.0162	29.87±7.345
Naked-Neck	31.45±2.0518	31.98±2.546
Betong	37.70±5.5810	33.66±1.585
P-value	0.1672	0.6218

Table 4 The male carcasses yield and breast chemical composition of Pradu-Hangdum, Naked-Neck and Betong chicken in semi free rang rearing (18 weeks)

Items	Pradu-Hangdum	Naked-Neck	Betong	P-value
Carcasses yield				
Live weight (g)	1,793.33±11.55	1,846.67±61.10	1,800.00±200.00	0.8450
Warm carcass weight (g)	1,420.00±52.92	1,493.30±11.55	1,673.30±371.66	0.3963
Chilled carcass weight (g)	1,359.30±22.01	1,441.30±13.20	1,439.00±242.22	0.7308
Carcass (%)	75.81±1.67	78.09±1.89	79.61±4.59	0.3640
Breast (%)	13.00±0.66	13.57±0.72	11.23±1.35	0.0560
Fillet (%)	4.42±0.29	4.32±0.30	4.33±0.28	0.9111
Thigh (%)	15.49±1.03	16.15±0.70	16.04±0.67	0.5954
Drumstick (%)	13.96±0.90	14.92±0.76	14.73±0.03	0.2605
Wing (%)	11.25±0.23	11.73±0.20	11.13±0.59	0.2075
Foot and shank (%)	5.39±0.47	5.81±0.58	5.37±0.32	0.4854
Head (%)	4.24±0.15 ^b	4.91±0.44 ^{ab}	5.44±0.48 ^a	0.0259
Neck (%)	6.46±0.46	5.04±0.86	6.14±0.64	0.0901
Skeletal (%)	25.60±0.46 ^a	23.42±1.05 ^b	25.421.10 ^a	0.0485
Breast chemical composition				
Moisture (%)	73.79±0.3425	74.39±0.6848	74.55±0.675	0.0915
Ash (%)	1.13±0.05 ^b	1.31±0.19 ^b	2.19±1.09 ^a	0.0214
Protein (%)	23.66±0.49	23.02±0.8487	23.5±0.4851	0.2205
Fat (%)	0.17±0.08	0.23±0.06	0.27±0.06	0.0821

^{a, b} mean with different superscripts within the same row are different (p < 0.05).

Table 5 The female carcasses yield and breast chemical composition of Pradu-Hangdum, Naked-Neck and Betong chicken in semi free rang rearing (18 weeks)

Items	Pradu-Hangdum	Naked-Neck	Betong	P-value
Carcasses yield				
Live weight (g)	1,480.00±199.37	1,406.67±80.83	1,386.67±100.66	0.6221
Warm carcass weight (g)	1,180.00±52.92	1,080.00±20.00	1,066.67±61.10	0.0531
Chilled carcass weight (g)	1,077.67±98.57	1,036.33±34.30	1,031.67±62.69	0.6935
Carcass (%)	72.91±1.23	73.48±4.21	74.78±0.95	0.6793
Breast (%)	15.30±0.18	15.42±1.03	13.76±1.13	0.1092
Fillet (%)	5.14±0.17	5.17±0.22	4.85±0.23	0.1999
Thigh (%)	14.54±0.63 ^b	15.78±1.31 ^{ab}	17.06±0.67 ^a	0.0429
Drumstick (%)	13.40±0.42	13.65±1.00	14.57±0.92	0.2652
Wing (%)	11.65±0.47	11.27±0.40	11.44±0.60	0.9122
Foot and shank (%)	4.58±0.37	4.59±0.33	4.81±0.62	0.7921
Head (%)	3.88±0.22	4.36±0.17	4.32±0.37	0.1232
Neck (%)	6.22±0.08 ^a	5.07±0.07 ^b	5.24±0.21 ^b	0.0001
Skeletal (%)	25.42±1.63	24.27±1.35	24.16±1.67	0.5772
Breast chemical composition				
Moisture (%)	73.97±0.5463	73.88±0.6106	74.06±0.187	0.8188
Ash (%)	1.16±0.02 ^b	1.20±0.14 ^b	1.35±0.09 ^a	0.0119
Protein (%)	23.26±0.51	23.50±1.0369	23.99±0.5961	0.2639
Fat (%)	0.23±0.05	0.21±0.16	0.28±0.08	0.4808

^{a, b} mean with different superscripts within the same row are different (p < 0.05).

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official methods of analyses* (15th ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analysis Chemists.
- Buakeeree, K., & Nualhnuplong, P. (2016a). Effects of photoperiod on production performances and reproductive development of female Betong chicken (*Gallus domesticus*). *Proceeding of the 3rd IBCELC conference* (pp.45-51). Okinawa, Japan: Loisir Hotel Naha.
- Buakeeree, K., & Nualhnuplong, P. (2016b). Effect of dietary protein and energy levels on growth performances and reproductive system development in female Betong chicken (*Gallus domesticus*) during growing-pullet period. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 44(3), 469-478.
- Buakeeree, K., & Nualhnuplong, P. (2023). Estimation of growth curve of Betong chicken. *Proceeding of the 3rd National and the 1st International MJU-Phare conference: creative technology and innovation for sustainable development goals (SDGs)* (pp.676-682). Phare, Thailand: Maejo University Phare Campus. (in Thai)
- Buakeeree, K., Thepparat, M., & Thepparat, T. (2018). The development of Betong chicken production for commerce in Klong Hoi Kong district, Songkhla Province. *Prawarun Agricultural Journal*, 15(1), 130-137. (in Thai)
- Chanjula, P., Wanichapichart, W., Tongchumroom, T., & Laochareonsuk, S. (2004). Village Betong chicken production in three southernmost Thailand: a study of phenotypic characteristics, growth, carcass yield and egg performance of Betong chicken. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 20(3), 278-288. (in Thai)
- Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(3), 219–225. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00124-3
- Chatreewong, D., & Waree, W. (2006). Optimum market age and weight of Betong chicken. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 28(2), 311-319. (in Thai)
- Chotesangasa, R., & Gongrattananun, N. (1999). Growth and carcass quality of native chicken raised under the natural day length and the photoperiod of twenty-three hours a day. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 33(1), 60-74. (in Thai)
- Fanatico, A., Pillai, P. B., Hester, P. Y., Falcone, C., Mench, J. A., Owens, C. M., & Emmert, J. L. (2008). Performance, livability, and carcass yield of slow-and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poultry Science*, 87(6), 1012-1021. doi:10.3382/ps.2006-00424
- Intharachote, U., Leotaragul, A., Chormai, T., Jeendoung, T., & Prapasawasdi, C. (2008). *Establishment foundation stock of four breeds of Thai indigenous chickens*. Bangkok, Thailand: The Thailand Research Fund. (in Thai)
- Kanto, U. (2009). *Feed formulation*. Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Molee, W., Khempaka, S., & Hormta, C. (2012). *Effect of free range native chicken farming on growth performance, cholesterol content and fatty acid composition of meat*. Nakhon Ratchasima, Thailand: Suranaree University of Technology.
- Navanukraw, C. (1998). *Hematology of farm animals and laboratory methods*. Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University.
- Nualhnuplong, P. (2019). Betong chicken production system in three border (Pattani Yala and Narathiwat) Provinces. (Doctoral dissertation). Songkhla, Thailand. Prince of Songkla University. (in Thai)
- Od-Ton, V., Wattanachant, C., & Wattanasit, S. (2004). Phenotypic characteristics and carcass quality of Naked-Neck chicken reared under backyard production systems. *Thaksin University Journal*, 7(1), 58-67. (in Thai)
- SAS. (1998). *SAS User's guide*. Version 6.12. North Carolina, United States: SAS Institute Inc.
- Simaraks, S., Chinrasri, O., & Aengwanich, A. (2004). Hematological, electrolyte and serum biochemical values of Thai indigenous chicken (*Gallus domesticus*) in northeastern, Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(3), 425-430.
- Trimanee, S., Sukarat, P., Auksomrat, C., & Chomai, T. (2013). Growth performance, economic returns and carcass and meat quality of Betong chicken under different raising system. In *National livestock research and academic report 2013* (pp.757-763). Bangkok, Thailand: Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Wang, K. H., Shi, S. R., Dou, T. C., & Sun, H. J. (2009). Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. *Poultry Science*, 88(10), 2219–2223. doi: 10.3382/ps.2008-00423

Research article

The comparison of production performance carcass characteristic and meat chemical composition of Betong chicken with Pradu-Hangdum chicken and Naked-Neck chicken under the semi free range system

Kruan Buakeeree* and Piyanan Nualhnuplong

Animal Production Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, 90000, Thailand

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 25 August 2023

Revised: 8 December 2023

Accepted: 8 December 2023

Online published: 18 December 2023

Keyword

Semi free range system

Betong chicken

Production performance

Carcass characteristic

Meat chemical composition

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the production performance, carcass characteristics, and chemical composition of Betong, Phadu-Hangdum, and Naked-Neck chickens under the semi-free-range system. The study followed a completely randomized design with three treatments, each having three replications, and each replication consisting of 15 birds. Ten-week-old (mixed-sex) Betong, Phadu-Hangdum, and Naked-Neck chickens were raised in a semi-free-range system, occupying 2.5 m²/head in an area of 5x7.5 m² with a shed of 2x2.5 m², until 18 weeks of age. The remaining area was covered with grass and natural plants, and each pen was fenced with a net. Results showed that the body weight, body weight gain, average daily feed intake, average daily gain, feed conversion ratio, and feed cost per gain of Betong chickens during the 10–18 weeks period did not differ compared to Phadu-Hangdum and Naked-Neck chickens ($p > 0.05$). Similarly, the carcass characteristics of Betong chickens, including live weight, warm carcass weight, chilled carcass weight, and carcass percentage, were not different from Phadu-Hangdum and Naked-Neck chickens in both males and females ($p > 0.05$). However, female Betong chickens exhibited a higher thigh percentage than Phadu-Hangdum chickens, although no difference was observed compared to Naked-Neck chickens. Regarding the chemical composition of breast meat, the moisture percentage, protein percentage, and fat percentage of Betong chickens were not different from Phadu-Hangdum and Naked-Neck chickens in both males and females ($p > 0.05$). These findings suggest that rearing Betong chickens under the semi-free-range system is another viable option for farmers interested in raising native chickens.

*Corresponding author

E-mail address: kruan.bu@skru.ac.th (K. Buakeeree)

Online print: 18 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.40>



ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชมอลลัสซิเดสเพื่อการควบคุมหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ตรีัย วงษ์ศิริ¹ อภิญญา โชติญาโณ² และ รัชดาภรณ์ เบนจิวพัฒนานนท์^{3*}

¹ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

²กลุ่มงานพยาธิวิทยา โรงพยาบาลขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

³สาขาวิชาวิทยาศาสตร์บูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 18 พฤษภาคม 2566 แก้ไข: 8 กรกฎาคม 2566 ตอรับการตีพิมพ์: 24 กรกฎาคม 2566 ตีพิมพ์ออนไลน์: 19 ธันวาคม 2566	งานวิจัยนี้ได้มีการทดลองและศึกษาพืชมอลลัสซิเดสที่ใช้กำจัดหอยเชอรี่ จำนวน 6 ชนิด เพื่อทำการควบคุมหอยเชอรี่ เทคนิคของการศึกษานี้เกี่ยวข้องกับพืชวิทยาในน้ำ ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ในระหว่างกระบวนการ หอยเชอรี่ถูกทำให้มีเมมด้วยพืชมอลลัสซิเดส บันทึกและคำนวณอัตราการตายเพื่อหาค่ามรณะของความเป็นพิษ (LC ₅₀) พืชที่แสดงค่า LC ₅₀ ต่ำสุดถือว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดหอยเชอรี่ โดยใช้เวลาความเป็นพิษของสารสกัดน้ำหอยเชอรี่ของพืชมอลลัสซิเดส พบค่า LC ₅₀ (ppm) ดังนี้ <i>Thevetia peruviana</i> (334.39), <i>Calotropis gigantea</i> (148.0), <i>Lantana camara</i> (391.13), <i>Camellia oleifera</i> (6.21), <i>Hyptis suaveolens</i> (888.31) และ <i>Erythrophleum succirubrum</i> (399.69) กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้นิโคเลอไซด์เป็นสารกำจัดแมลงจำพวกหอย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นแล้ว ผลกระทบจากธรรมชาติ เช่น สารฆ่าหอยจากพืชน้ำจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการใช้สารกำจัดหอยจากพืชมอลลัสซิเดสหรือจากพืชธรรมชาติ ไม่เพียงแต่ปลอดภัยกว่าและถูกกว่าเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีชนิดอื่น นิโคเลอไซด์ถูกใช้เป็นตัวควบคุม โดยแสดงค่า LC ₅₀ ที่ 0.42 ppm ดังนั้น ผลการทดลอง จากพืชน้ำมันจากชา (<i>C. oleifera</i>) แสดงผลการฆ่าเชื้อในหอยเชอรี่สูงที่สุด โดยพิจารณาได้จากค่า LC ₅₀ ของประสิทธิภาพการฆ่าหอยรวมกันของ <i>C. oleifera</i> และนิโคเลอไซด์ ลดลง 50% หลังจาก 4.4 วันและ 4.2 วัน ตามลำดับ และสารประกอบทั้งสองถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ภายใน 15 วัน
คำสำคัญ	
พืชวิทยาทางน้ำ	
หอยเชอรี่	
สารกำจัดหอยในพืช	
นิโคเลอไซด์	
การย่อยสลายด้วยแสง	
การควบคุมหอยทาง	

Introduction

Pomacea canaliculata Lamarck (Gastropoda: Ampullariidae), commonly known as the golden apple snail (Figure 1) They are freshwater snail that belonged to the Ampullariidae family and was discovered in 1810. The golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) is a freshwater snail, it had been introduced to Thailand in the 1980s and spread throughout the entire country. Recently, they were reported as one of the most severe rice pests in Thailand. These snails thrive in humid tropical and subtropical environments, with their original habitat located in Africa and South America. They were introduced to Thailand in the 1980s, primarily as aquatic pets or for

aquaculture purposes. They have expanded throughout the entire country after they were released to the natural later on. Recently, golden apple snails were reported as one of the most severe rice pests in Thailand (Litsinger & Estano, 1993; Cowie et al., 2006). Other plants have their poison dissolved in the sap or latex, including *Calotropis gigantean*, *Nerium oleander*, *Plumeria rubra*, *Euphorbia tirucalli*, and *Thevetia perviana*. It could result in skin rashes, allergies, blindness, tingling or numbness in the mouth, diarrhea, unconsciousness, and even death when humans touched or drank it (Phumthum et al., 2019). Other plants with a strong scent that acts as an insecticide or repellent include

*Corresponding author

E-mail address: rachadaporn@kku.ac.th (R. Benchawattananon)

Online print: 19 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.41>

Hyptis suaveolens, *Catharanthus roseus*, and *Chromolaena odorata* (Urumarudappa et al., 2019). The Department of Agriculture of Thailand (DAT) recommended 4 methods to control the snails, first, the mechanical method, second, the biological control method, the third pesticide control method, and the last integrating method. On the contrary, the use of chemical molluscicide is the most preferred method for Thai farmers to control golden apple snails in the rice field. However, using chemicals will create many effects on human health, the natural environment, and the ecological system

(Maneepitak & Cochard, 2014). This method will leave some chemical residuals in soils and anthropogenic substances in the aquatic organism. Alternatively, if using the plant molluscicide method with a plant whose have the characteristic of a pesticide that can kill mollusk which is specifically for snail and slug. Good molluscicidal plants ought to have some properties: high toxicity, specific performance, easy to use or prepare, and leave no residual to the environment. If it is possible to find the capability of plant molluscicide, it might be the best alternative way to control golden apple snails.

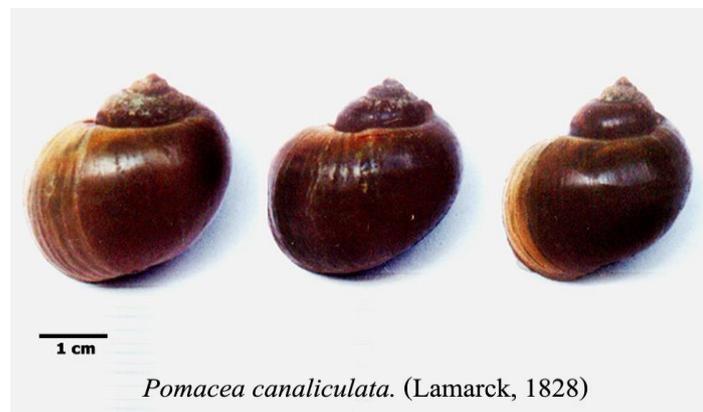


Figure 1 *Pomacea canaliculata*.
Source: Lamarck (1828)

There were 6 plants used as a representative to study the result of the molluscicidal property to control golden apple snails. Some plants of this group contained very high toxicity in humans and animals such as *Erythrophleum succirubrum* and *Lantana camara*. If a human eats these plants in a small amount they will become unconscious, have anoxia, and even die (Pengleig, 2002). Other plants such as *Calotropis gigantean* and *Thevetia peruviana* have their poison dissolved in sap or latex. When people touched or ingested, it could be caused by skin irritation, blindness, numbness or tingling in the mouth, allergy, and even death (Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 2010). Some other plants such as *Hyptis suaveolens* can produce

a strong smell that gives a repellent effect (Medthai, 2014). There are also some reports about the toxicology in snails such as *Camelia oleifera*. (Litsinger & Estano, 1993). Anthropogenic or chemical substances, as well as sediments, can degrade and erode aquatic ecosystems. However, there is some positive news as both chemical molluscicides and plant molluscicides can undergo processes such as evaporation, decomposition, or degradation through exposure to sunlight. These procedures include hydrolysis, oxidation, photolysis, and evaporation in the presence of sunlight in the environment. Many factors may be involved, the intensity of solar radiation, the water transparency, the water surface area, and the water's natural body. The photo-

transformation is limited and dependent on the radiation in sunlight for 14 and of sunlight exposes to the aquatic system (Federal Register, 2012). The following processes were permitted: photolysis, hydrolysis, oxidation, and evaporation of the environment utilising sunlight. The amount of solar radiation, the water's transparency, its surface area, and its natural body are just a few of the variables that could be at play. The amount of photo-transformation is constrained and is reliant on how much sunshine radiation is exposed to the aquatic system (Jia et al., 2019). The crude water extraction of *Schefflera actinophylla* (200 ppm) and niclosamide (1 ppm) solution can be degraded by sunlight. Their molluscicidal efficiencies were decreased by 50% when left in sunlight for 14 and 9 and completely disintegrated within 20 and 15 days respectively (Wongsiri, 2002). Compatible with Rambhare's findings, who examined the effects of chlorpyrifos on the snail *Lymnaea stagnalis*: increased mucus secretion, decreased respiration, and inhibition of rates of motility and external stimulation (Rambhare et al., 2020).

The Probit analysis is a statistical analysis program, it can be a method to determine the relative toxicity of substances and test organisms. The values of concentration and mortality rate are reported as a sigmoid curve. Then use the Probit analysis program to transform the sigmoid curve into a linear curve by using a regression equation. Finally, the dose and response testing will be reported as the sub-lethal, median, and lethal concentrations (Wangsomnuk, 1997; Wangsomnuk et al., 2000).

Material and methods

Experimental animal

Adult snails of *P. canaliculata* measuring up to 3 to 5 cm in size will be collected from the rice field habitats located at Amphoe Muang, Khon Kaen. Snails were transferred to the animal's house. Fifty snails were acclimatized to the laboratory condition and fed with soft vegetables such as Chinese cabbage, lettuce, morning glory, etc. After 6 weeks, they lay their eggs and hatch within 7 to 10 days. The juvenile snails were very tiny and their sizes are around 0.1 mm in diameter. After feeding them for 6 months or their shell measurement around 2.5 - 3 cm in diameter, they were transforming into the mature stage and ready for experiments. During intoxicated snails, there should be an observation of animals' behavior.

Plant molluscicide preparation

Plant molluscicide is a plant that has characteristics of a pesticide that can kill mollusk, especially snails and slugs. In this experiment, the representatives of 6 poisonous plants were studied for their molluscicidal properties to control Golden apple snails: *T. peruviana*, *C. gigantea*, *L. camara*, *C. oleifera*, *H. suaveolens*, and *E. succirubrum* (Figure 2). Mature leaves and soft stems of plants were collected from the natural condition at Amphoe Muang, Khon Kaen. Then they were dried in a hot air oven at 60°C and ground to a fine powder by an electric blender. Sieving plant powders by the standard net and keeping them in the desiccator. The testing leaf powders were weighed depending on their suspected concentration, then they were suspended in the water for each concentration for a few hours before use.

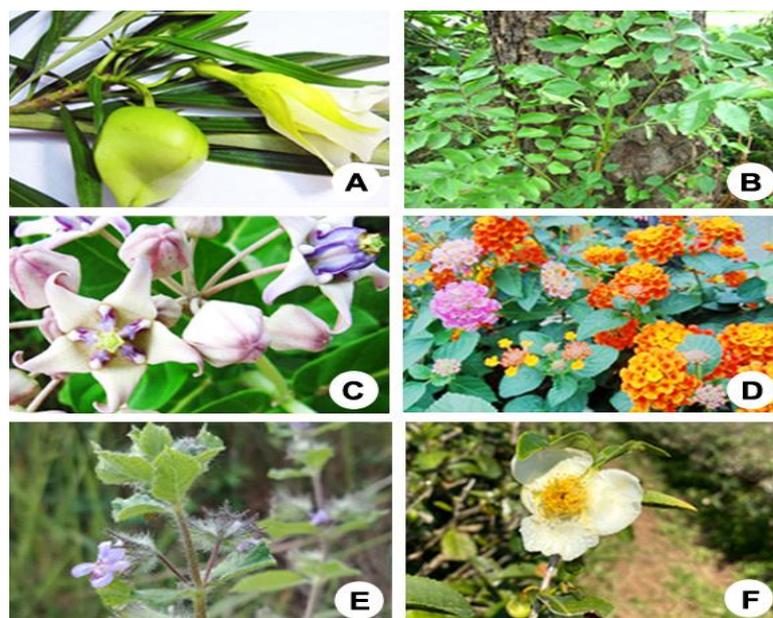


Figure 2 Six plant molluscicides; *Thevetia peruviana* (A), *Erythrophleum succirubrum* (B), *Calotropis gigantea* (C), *Lantana camara* (D), *Hyptis suaveolens* (E) and *Camellia oleifera* (F).

The toxicity test

This experiment was used the technique of static aquatic toxicology testing by using the acute toxicity test within 48 hours. The results will indicate the value of the sub-lethal concentration, the median lethal concentration, and the absolute lethal concentration. The snails were intoxicated with 5 liters in each dilution of plant extract at room temperature. Group of control and positive control were also tested in the same condition. After 48 hours, the treated snails were removed from the solutions, washed, and transferred to the new water for another 24 hours. Some snails might be recovered during this time. The number of dead and surviving snails was inspected and counted after (Jones & Lassiter, 2020). The snails were considered dead by their opened operculum and lost response when touching their foot (Balram, 2010). The preliminary screening: this test was used to widely find out the lethal and the absolute lethal concentration of plant molluscicides within 48 hours. The definitive screening: this test was for finding out the definitive lethal concentration of plant molluscicides. The number of concentrations between sub-lethal and absolute lethal concentrations was defining distribution. For each concentration, 10 snails were treated in 5 replications then, their accumulated lethal rate was recorded. The positive control: niclosamide

was used for the positive control group, and the snails were intoxicated as same as the method of plant molluscicides testing. The objective was to compare the molluscicidal efficiency of plant and chemical molluscicide. The control group: the snails were performed in pure water in the same condition as the experiment groups.

Photo-degrading test

The residual testing compared plant molluscicide and niclosamide when degraded by sunlight. The experiment was performed by preparing the lethal concentration solutions of *C. oleifera* (30 ppm) and Niclosamide (1 ppm) in 5 liters per 8 treatments. Each treatment will be tested in 3 replications. Both solutions were radiated by sunlight for 8 times intervals i.e. 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, and 30 days. The 10 snails were intoxicated in each test; recorded their mortality rate for each time interval. The total accumulation of their mortality rate will be analyzed by the Probit analysis program at 95% confidence (Matsumura, 1982).

Statistical analysis

The mortality rate of the snails in each intoxicated group will be analyzed by Probit regression in the SPSS program at 95% confidence interval. The LC_{50} and LC_{90} values of each plant molluscicide will be calculated. The LC_{50} of all plant molluscicides will be compared. The plant which

reveals the lowest LC_{50} value is considered to have the highest efficiency of molluscicidal effect. In addition, the correlation between lethal concentrations and mortality rates will be estimated from the slope function of a normal curve (Finny, 1952).

Results and Discussion

Experimental animal behavior

When snails were placed in the molluscicidal solution, they initially sank to the bottom of the chamber and then shut their operculum tightly to protect themselves from poisoning. After 15 minutes, however, they began to loosen up, crawling up to the surface of the water to extend their respiratory siphon and ingest air. They once more sank to the bottom, shut their operculum tightly, and secreted a huge amount of mucus. This is similar to Rambhare's earlier report on a study he conducted with the snail *Lymnaea stagnalis* in which chlorpyrifos stimulated mucus secretion, inhibited locomotion and external stimulation rates, and also decreased respiration (Jareankied et al, 2015). The snail died as a result of these copious and intense mucus secretions coming from almost every organ. Some of them had their operculum open at 48 hours and were dead, while the others had tightly closed operculum and might have survived if they had been moved to freshwater 24 hours earlier.

The toxicity

The mortality of each molluscicide was analyzed by the Probit analysis program at a 95% confidence interval. The results showed the value of sub-lethal concentration, median lethal concentration, and absolute lethal concentration (Table 1 and Figure 3 and 4).

The acute toxicity test within 48 hours of 6 crude water extracts of plant molluscicides with matured golden apple snail. All of the plants showed the molluscicidal effect. Considering the LC_{50} of each plant extract, *C. oleifera* revealed LC_{50} as 6.21 ppm. It was the lowest LC_{50} value among other plants in this experiment. Therefore *C. oleifera* was considered the highest-efficiency plant molluscicide in this group. Similarity to the report of Chunyapes revealed the absolute lethal concentration of *C. oleifera* to control *P. canaliculate* at 40 ppm (Litsinger & Estano, 1993). Comparison with, the LC_{50} of crude water extract of *C. oleifera* (6.21 ppm) showed higher efficiency than the LC_{50} of crude alcohol extract of *L. camara* (72.83 ppm) at 48 hours (Ranbhare, 2020). When compared with the study by Jareankied et al. (2015) reported that the hot water or alcohol extraction of *Nicotina tabacum*, *Azadirachta indica*, *Sapindus emarginatus*, and *Durio zibithinus* can kill golden apple snails at the 500-2,000 ppm at 72 hours (Jareankied et al., 2015). Consequently, the water extract of *C. oleifera* revealed the highest molluscicidal effect than other plant extracts and easier preparation than alcohol or oil plant extraction. The study of the Niclosamide effect on matured golden apple snails showed the LC_{50} and absolute lethal concentrations as 0.42 and 1 ppm respectively. Compatible with the report of Chunyapes that study about niclosamide on *P. canaliculata* in the rice field revealed the LC_{50} at 24 hours as 0.62 ppm. (Litsinger & Estano, 1993). When considering LC_{50} of both experiments there show a slightly different; it might be depended on conditioning and surrounding of the experimental method. The rice field is another factor to determine the snail mortality such as high temperature, sunlight, soil absorption, approached time, etc. (Finny, 1952)

Table 1 The Lethal concentration of 6 molluscicidal plants and niclosamide

Common name (Thai)	Scientific name	Sub-lethal concentration (ppm)	Median concentration (ppm)	Lethal concentration (ppm)
Punchard	<i>Erythrophleum succirubrum</i>	50	399.69	1000
Rumploi	<i>Thevetia peruviana</i>	200	334.39	600
Ruk	<i>Calotropis gigantea</i>	10	148	500
Pakakong	<i>Lantana camara</i>	100	391.13	800
Manglukka	<i>Hyptis suaveolens</i>	500	888.31	1500
Cha	<i>Camellia oleifera</i>	4	6.22	30
Niclosamide		0.1	0.423	1.0

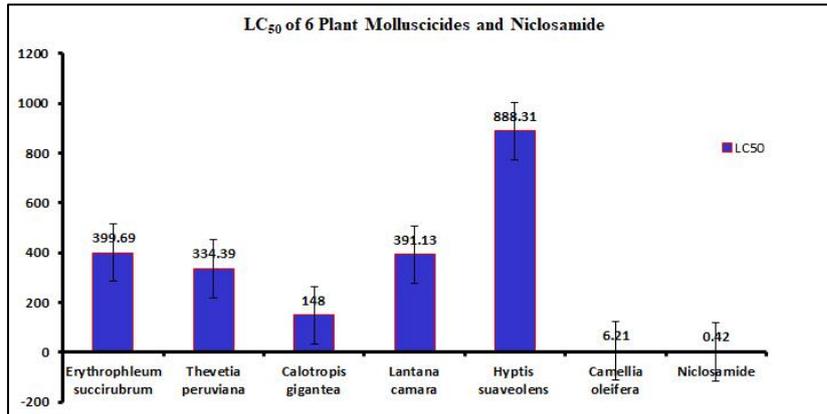


Figure 3 The Median concentration (LC₅₀) of 6 molluscicidal plants and niclosamide.

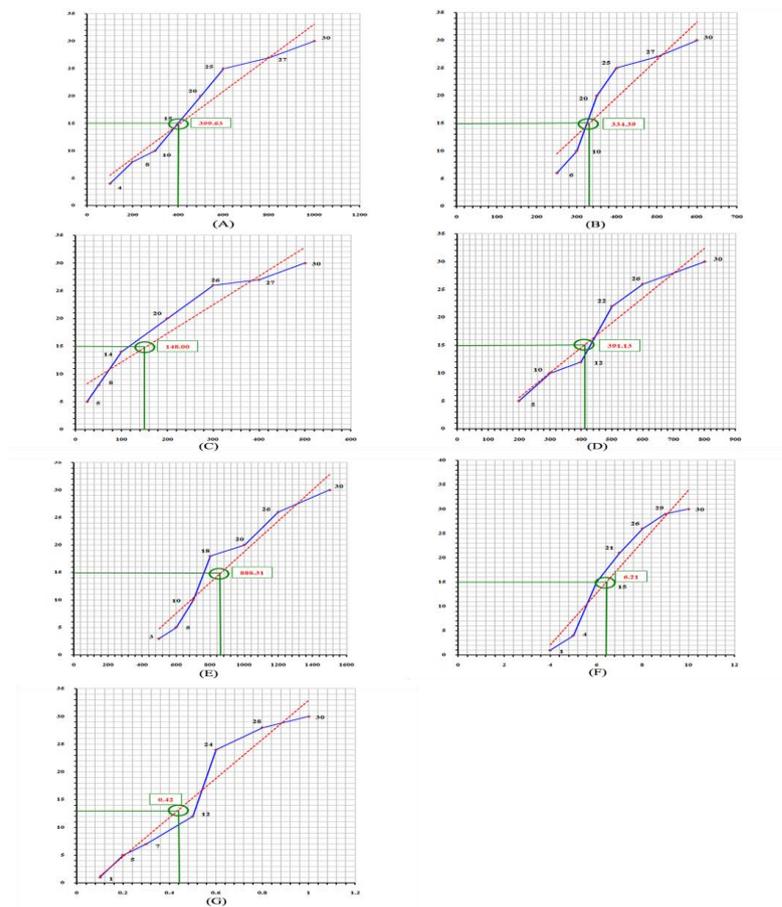


Figure 4 The Median concentration (LC₅₀) of *Erythrophleum succirubrum* (A), *Thevetia peruviana* (B), *Calotropis gigantea* (C), *Lantana camara* (D), *Hyptis suaveolens* (E), *Camellia oleifera* (F) and Niclosamide (G).

Photo-degradation

The photo-degradation by sunlight could be another method to be used as a representative for measuring the residual of molluscicidal substances. The mortality rate of snails was reduced directly proportional to the amount of time elapsing time (Wongsiri,

2002). *C. oleifera* at a concentration of 30 ppm and niclosamide at 1 ppm had a 50 % reduction in molluscicidal efficiency after 4.4 and 4.2 days, respectively, and completely degraded after 15 days (Figure 5). Compatible with the experiment of Chanyapes that used 3 molluscicidal plants

and niclosamide to control golden apple snail in the rice field. They found that the efficiencies of molluscicides were directly proportional to the time decrease and most molluscicides were completely degraded in 20 days (Chanyapes et al., 2017). The results are consistent with The Committee on plant and animal pests reports that describe the slow decomposition of DDT in water by sunlight. As for the plant extracts, 90% of organic matter is decomposed by sunlight and 10 % is degraded by soil microorganisms. The LC₅₀ and LC₉₀ values of various chemical substances could change if it affected by physical factors such as sunlight, ultraviolet rays, winds, and temperature (Finny, 1952). Plant extractions are commonly known to affect the environment and nature. Finding information and experiments about the efficiency of plant molluscicides, the water extract of *C. oleifera* showed the highest capability to control *Pomacea canaliculata*. The concentration that could completely eliminate snails was 10 ppm and the LC₅₀ is 6.21 ppm within 48 hours. This level of concentration has almost no effect impacted on farmers' health and almost no residual in the rice field's

environment. Therefore, if the researchers promote their research or knowledge, it will give the greatest benefit to farmers, communities, and the country.

Consequently, conducting a photo-degradation study is of utmost importance as it can provide valuable insights into the half-life of plant or chemical molluscicides, which directly impact aquatic organisms, the environment, and farmers. Based on this dissertation, we hope that plant molluscicides can be further developed into an instant form, allowing farmers to use them as organic pesticides for effective control of the golden apple snail in the near future

Statistical analysis

The Probit analysis program was used for statistical analysis to determine the relative toxicity of substances and test organisms to get the data. Then transforms the data into the sigmoid curve and linear curve by using the regression equation in the excel program. The final step was to use the dose and response testing reported as the lethal concentration at each suspect level.

The results of the Probit analysis study of *C. oleifera* and Niclosamide were presented in Table 2.

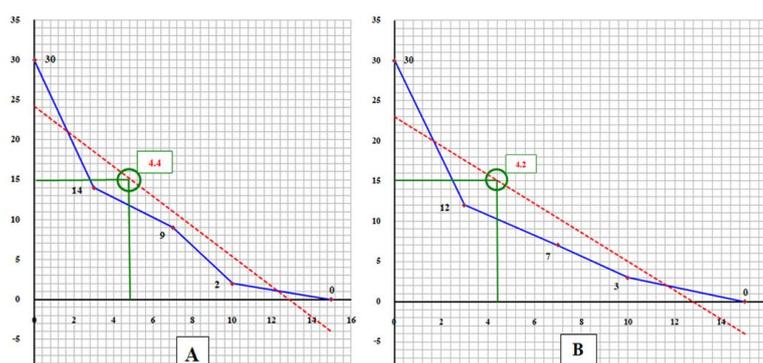


Figure 5 The photo-degrading testing of *Camellia oleifera* (A) and niclosamide (B).

Table 2 The lethal concentration in each expected value of *Camellia oleifera* and niclosamide

Molluscicide	Sub-lethal Concentration	LC ₁₀	LC ₅₀	LC ₉₀	Lethal Concentration
4.1 <i>Camellia oleifera</i>	4	4.75	6.21	8.11	10
4.2 Niclosamide	0.1	0.17	0.42	0.82	1.0

Conclusion

The study aimed to evaluate the effectiveness of crude water extracts from plant molluscicides in controlling the golden apple snail using static aquatic toxicology within a 48-hour period. The results indicated that all six plant extracts exhibited molluscicidal effects against *Pomacea canaliculata* using the aforementioned technique. Among them, the crude water extract of *C. oleifera* demonstrated the highest efficacy as a plant molluscicide. The sub-lethal concentration was determined to be 4 ppm, the median-lethal concentration was 6.21 ppm, and the absolute-lethal concentration was 10 ppm. Niclosamide was used as the chemical molluscicide for the positive control. The acute toxicity test at 48 hours revealed a sub-lethal concentration of 0.10 ppm, a median-lethal concentration of 0.42 ppm, and an absolute-lethal concentration of 1.0 ppm. When assessing the combination of *C. oleifera* plant extract and niclosamide, their molluscicidal efficiency decreased by 50% after a period of 4 days and completely degraded within 15 days.

Acknowledgment

The authors thank financial support to The Research Center for Environmental and Hazardous Substance Manage (EHSM), Khon Kaen University.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Samples Availability: Samples are available from authors.

References

Balram, P. (2010). Textbook of Toxicology. New Delhi: I. K. International Publishing House.

Chanyapes, C., Promkerd, P., & Krakang, S. (2017). Comparison and efficacy test on crude extract of *Sapindus emarginatus*, *Datura metel* and

Tamarindus indica against golden apple snail, *Pomacea* sp. (Research report). Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Cowie, R. H, Hayes, K. A., Thiengo, S. C. (2006). What are apple snails? Confused taxonomy and some preliminary resolution. Accessed May 10, 2023. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/286415619_What_are_apple_snails_Confused_taxonomy_and_some_preliminary_resolution

Faculty of Pharmacy, Mahidol University. (2010). *Land of Thai medical plants*. Accessed May 2, 2023. Retrieved from <https://pharmacy.mahidol.ac.th/siri/index.php?page=home>. (in Thai)

Federal Register. (2012). *Printed copies of the RED and fact sheet can be obtained from EPA's national service center for environmental publications (EPA/NSCEP)*. Accessed May 10, 2023. Retrieved from https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-097601_18-May-10.pdf

Finny, D. J. (1952). *Probit analysis : a statistical treatment of the sigmoid response curve* (2nd ed.). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Jareankied, S., Songkun, K., Khaengkhan, P., & Wanna, R. (2015). Effect of plant extracted to kill golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck). *Khon Kaen Agriculture Journal*, 43(Suppl. 1), 643-649. (in Thai)

Jia, T. W., Wang, W., & Sun, L. P. Shan, Lv., Yang, K., Zhang, N. M., Huang, X. B., Liu, J. B., Liu, H. C., Liu, R. H., Gawish, F. A., Habib, M. R., El-Emam, M. A., King, C. H., & Zhou. X. N. (2019). Molluscicidal effectiveness of Luo-Wei, a novel plant-derived molluscicide, against *Oncomelania hupensis*, *Biomphalaria alexandrina* and *Bulinus truncatus*. *Infectious Diseases of Poverty*, 8(1), 27. doi: 10.1186/s40249-019-0535-7

- Jones, S. J., & Lassiter, M. G. (2020). *Chapter 26 - Environmental toxicology: aquatic. In information resources in toxicology* (5th ed.). Accessed July 30, 2023. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128137246000268>
- Lamarck, J. B. (1828). *NAS - Nonindigenous aquatic species*. Accessed May 2 2023. Retrieved from <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=980>
- Litsinger, J. A., & Estano, D. B. (1993). Management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. *Crop Protection*, 12(5), 363-370. doi: 10.1016/0261-2194(93)90079-X
- Maneevitak, S., & Cochard, R. (2014). Uses, toxicity levels, and environmental impacts of synthetic and natural pesticides in rice fields – a survey in central Thailand. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10(2), 144-156. doi: 10.1080/21513732.2014.905493
- Matsumura, F. (1982). *Biodegradation of pesticides*. Accessed May 15, 2023. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/environment/revision-introduction-to-the-oecd-guidelines-for-testing-of-chemicals-section-3_9789264030213-en
- Medthai. (2014). *Thai herb*. Accessed May 12, 2023. Retrieved from <https://medthai.com/herb/.NC State Extension> (in Thai)
- Pengcleig, C. (2002). *Poisonous plants in Thailand*. Accessed May 10, 2023. Retrieved from http://webdb.dmasc.moph.go.th/ifc_toxic/ez.mm_main.asp (in Thai)
- Phumthum, M., Balslev, H., & Barfod, A. (2019). Important medicinal plant families in Thailand. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 11-25. doi: 10.3389/fphar.2019.01125
- Ranbhare, V. S., Kolekar, K. V., & Kazi, H. D. (2020). Toxic effect of chlorpyrifos and cypermethrin on behavior of freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 8(6), 2625-2632.
- Urumarudappa, S. K. J., Tungphatthong, C., & Sukrong, S. (2019). Mitigating the impact of admixtures in Thai herbal products. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1125. doi: 10.3389/fphar.2019.01205
- Wangsomnuk, P. (1997). *Structural changes in digestive, reproductive, respiratory, and nervous system of Indoplanorbis exustus. (Mollusca: Gastropoda) induced by molluscicides* (Doctoral dissertation). Bangkok: Mahidol University. (in Thai)
- Wangsomnuk, P., Upatham, E. S., Kruatrachue, M., & Reutrakul, V. (2000). Screening of some plant extracts for molluscicidal activity. *Journal of Medical and Applied Malacology*, 10, 29-35.
- Wongsiri, T. (2002). *Histological changes in some organs of Pomacea canaliculata Lamarck (Mollusca Mesogastropoda) induced by crude water extract of Schefflera actinophylla (Endl.) Harms.* (Master's Thesis). Khon Kaen: Khon Kaen University. (in Thai)

Research article

The efficiency of molluscicidal plant extracts for controlling of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*)

Trai Wongsiri¹ Apinya Chotiyano² and Rachadaporn Benchawattananon^{3*}

¹Department of Pathology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen City, Khon Kaen Province, 40002

²Department of Pathology, Khon Kaen Hospital, Khon Kaen City, Khon Kaen Province, 40002

^{3*}Department of Integrated Science, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen City, Khon Kaen Province, 40002

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 18 May 2023

Revised: 8 July 2023

Accepted: 24 July 2023

Online published: 19 December 2023

Keyword

Aquatic Toxicology

Golden apple snail

Plant molluscicide

Niclosamide

Photo-degradation

Pomacea canaliculata

Snail control

ABSTRACT

Six representative molluscicidal plants have undergone experimentation and study as potential means of controlling golden apple snail populations. The technique employed in this study involved static aquatic toxicology conducted over a 48-hour period. Throughout the process, the snails were exposed to molluscicidal plants, and their mortality rates were recorded and calculated to determine the median concentration (LC50). The plant exhibiting the lowest LC50 value was regarded as the most efficient in terms of molluscicidal effect. The LC50 values (measured in parts per million, ppm) for the crude water extracts of molluscicidal plants are as follows: *Thevetia peruviana* (334.39), *Calotropis gigantea* (148.0), *Lantana camara* (391.13), *Camellia oleifera* (6.21), *Hyptis suaveolens* (888.31), and *Erythrophleum succirubrum* (399.69). The Department of Agriculture of Thailand (DAT) has traditionally recommended the use of niclosamide as a chemical molluscicide. However, when considering the potential benefits, a natural product like plant-based molluscicide emerges as a superior option. Using a natural plant molluscicide is not only safer and more cost-effective but also carries a lower environmental impact compared to chemical alternatives. niclosamide was employed as the positive control in our study, demonstrating an LC50 value of 0.42 ppm. Consequently, the Tea oil plant (*C. oleifera*) exhibited the highest molluscicidal effect, as evidenced by its LC50 value. In practical application scenarios, it is noteworthy that the combined molluscicidal efficiency of *C. oleifera* and niclosamide decreased by 50% after 4.4 days and 4.2 days, respectively. Furthermore, both compounds underwent complete decomposition within a mere 15-day period. This underscores the potential of *C. oleifera* as a viable and environmentally friendly alternative for golden apple snail control.

*Corresponding author

E-mail address: rachadaporn@kku.ac.th (R. Benchawattananon)

Online print: 19 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.41>



การตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์มจากฟันสุนัขด้วยวิธี Congo red tube method และ tissue culture plate method

นพดล สมผล และ ฐานิดา ศรีหาวงค์*

สาขาเทคนิคการสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 21 มีนาคม 2566

แก้ไข: 6 พฤศจิกายน 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 27 พฤศจิกายน 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 20 ธันวาคม 2566

คำสำคัญ

เชื้อไบโอฟิล์ม

Congo red Agar (CRA)

Tube method (TM)

Tissue Culture Plate (TCP)

ฟันสุนัข

บทคัดย่อ

เชื้อไบโอฟิล์มเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เกาะติดกับฟันสุนัขซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอักเสบของเหงือกและโรคเหงือกอักเสบในสุนัข การสัมผัสสุนัขลายสุนัขอาจทำให้เกิดการติดต่อเชื้อไบโอฟิล์มทั้งระหว่างสุนัขและเจ้าของหรือติดต่อระหว่างสุนัขด้วยกันเอง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์มและประเมินความเหมาะสมของวิธีที่ใช้ตรวจวิเคราะห์จากทั้งสามวิธีได้แก่ วิธี Congo red agar (CRA) Tube method (TM) และ Tissue culture plate (TCP) โดยการศึกษาวิธี TCP ถูกใช้เป็นวิธีมาตรฐาน (gold method) ในการเปรียบเทียบผลของตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์ม จากผลการศึกษาพบว่า วิธี TCP ตรวจพบเชื้อไบโอฟิล์ม จำนวน 46 ตัวอย่าง คิดเป็น 38.98 % การตรวจด้วยวิธี CRA พบเชื้อไบโอฟิล์ม จำนวน 19 ตัวอย่าง คิดเป็น 16.10 % และไม่พบเชื้อไบโอฟิล์ม จำนวน 99 ตัวอย่าง คิดเป็น 83.90 % เมื่อเทียบกับวิธี TCP วิธี CRA มีความไวและความจำเพาะเจาะจง เท่ากับ 41% และ 100% ตามลำดับ ส่วนวิธี TM ตรวจพบเชื้อไบโอฟิล์ม จำนวน 32 ตัวอย่าง คิดเป็น 27.12 % และไม่พบเชื้อไบโอฟิล์ม จำนวน 86 ตัวอย่าง คิดเป็น 72.88 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี TCP วิธี TM มีความไวและความจำเพาะเจาะจง เท่ากับ 69 % และ 100 % ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธี TM และ CRA พบว่า วิธี TM มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี CRA ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธี TCP มีประสิทธิภาพ มีความจำเพาะ และความไวมากที่สุด นอกจากนี้ยังนำเชื้อไปเลี้ยงและง่ายในการตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์มจากฟันสุนัขซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์เชื้อไบโอฟิล์มเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการทางสุขภาพสัตว์ต่อไป

Introduction

A biofilm is a group of bacteria that adheres to the canine tooth surface, known as plaque, and can lead to canine gingivitis and periodontal disease. The biofilm produces extracellular polymeric substances (EPS), creating a sticky mucus and highly complex structures that protect against antibiotic diffusion within the bacterial group (Papenfert & Bassler, 2016). The bacteria within the biofilm communicate with each other through a quorum-sensing system (Watson et al., 2002). The biofilm structure exhibits strong antibiotic resistance, which hinders the penetration of antibiotics into the biofilm layer. Biofilms can lead to recurrent infections and chronic contagious diseases, making treatment challenging. Bacterial

biofilms have had detrimental effects on both the animal and economic industries, causing issues such as clinical mastitis in cows, canine dermatitis, canine gingivitis, and periodontal disease.

In particular, contact with pets, involving touching and nasal ingestion, can lead to diseases (Goldstein et al., 1978; Meyers et al., 2008). The canine's oral cavity often accumulates plaque on the teeth and gums, forming a community of various bacterial strains that play a crucial role in infectious diseases between animals and humans (Offenbacher et al., 1996). Bacterial biofilm has been isolated in canines, including *P. aeruginosa* (Charlotte et al., 2013), *S. intermedius*, *S. epidermis*, *S. canis* (Elizabeth et al., 2014),

*Corresponding author

E-mail address: thanidasrihawong@gmail.com (T. Srihawong)

Online print: 20 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.42>

S. mutans (Bai et al., 2016), and *S. pseudointermedius* (Osland et al., 2012; Han et al., 2015). A specific method for isolating biofilm from dog teeth allows for the rapid identification of infections and disease prevention in pet owners.

There are several basic biofilm identification methods, including bacterial culture on Congo Red Agar (CRA), in vitro culture in the test tube (Tube Method TM) (Mohamed et al., 2016), the 96 well tissue culture plate (TCP) (Triveda and Gomathi, 2016). TCP has been used as the gold standard for biofilm detection (Dhanalakshmi et al., 2018). However, the majority of biofilm identification methods have been developed and studied in humans, with limited application in canine. Therefore, this study aims to detect biofilm-producing bacteria in canine teeth and to evaluate three methods CRA, TM, and TCP for their suitability in a screening test for biofilm isolation in veterinary diagnostic laboratories.

Materials and methods

Bacterial preparation

In this study, bacteria samples were collected from canine teeth of dogs without limitation on age, gender, and species by cotton swab method at talat sub-district, mueng district, and Maha Sarakham province, Thailand. On blood agar (BA) (Himedia, India), the swabs are incubated and maintained at 37°C for 18-24 hours. The single colonies were cultured on trypticase soy agar (TSA) (Difco, USA) and then incubated at 37 °C for 18-24 hours. One hundred eighteen isolates were separated from this study. *S. intermedius* (TISTR 668) was used as positive control. The isolates were stored in 20 % glycerol at -20 °C, pending further CRA, TM, and TCP screening of biofilm-producing bacteria.

Biofilm production analysis

Biofilm production by isolated canine teeth was detected using three phenotypic methods, including TCP, TM, and CRA.

Biofilm production was categorized into four grades: strong, moderate, weak, and non-biofilm. Strong and moderate results were interpreted as indicative of biofilm production, while weak and non-biofilm production were categorized as non-biofilm.

Congo Red Agar (CRA) method

The preparation of the CRA medium was adjusted according to Freeman et al. (1989) who included 37 g/L of brain heart infusion (BHI) agar (Himedia, India), 30 g/L of Sucrose (Ajax, Australia), 12.5 g per liter of agar no.1 (Himedia, India), and 8 grams per liter of congo red indicator (Sigma, India). The Congo red indicator solution was prepared separately and sterilized at 121°C for 15 minutes, then added to the BHI and sucrose solution at 55°C. A total of 118 purified colonies were streaked on the CRA-specific biofilm media and maintained at 37°C for 24-48 hours. The colonies appearing black on the CRA medium were indicative of biofilm-producing bacteria, sometimes accompanied by the presence of sticky mucus. Non-biofilm bacteria were characterized by red colonies (Freeman et al., 1989). The CRA culture was conducted three times in triplicate.

Tube Method (TM)

The biofilm screening technique in this assay was adapted from Christensen et al. (1985). An entire loop of each of the 118 isolates was transferred to 10 mL of trypticase soy broth (TSB) (Himedia, India) mixed with 1 % glucose (Univar, Australia), and then incubated at 37°C for 24-48 hours. The incubated tubes were poured, and the suspension was gently washed with phosphate-buffered saline (pH 7.2) three times. The tested tubes were stained with 0.10 % crystal violet for 30 minutes and rinsed to remove excess color with deionized water, followed by air-drying. The intensity characteristics of the crystal violet coating on the test tube's rim were recorded. The scoring was as follows: a score of 0 indicated no crystal violet coloration, defining non-biofilm-

producing bacteria (none). A score of 1 indicated light attachment, signifying low biofilm-producing bacteria (weak). A score of 2 indicated medium-dark coloration, defining moderate biofilm-producing bacteria, and a score of 3 indicated dark-colored crystal violet, signifying potent biofilm-producing bacteria (Mohamed et al., 2016). The procedure was repeated three times in triplicate.

Tissue Culture Plate Method (TCP)

The biofilm screening technique in the TCP method was adapted from Christensen et al. (1985). All 118 isolates were cultured in trypticase soy broth (TSB) (Himedia, India) mixed with 1 % glucose (Univar, Australia). The bacterial concentration was adjusted to match that of McFarland standard no. 2. Two hundred microliters of isolated bacteria were transferred into each well of a 96-well tissue culture plate. In the negative control group, the wells were left unfilled. The plates were incubated at 37°C for two days. After incubation, the bacterial suspension

was rinsed and washed thrice in phosphate-buffered saline (PBS) with a pH of 7.2. The plate was then stained with 0.10 % crystal violet, rinsed to remove excess dye, and washed with deionized water before being left to air dry. Next, 200 microliters of 1 % citric acid were added to each well and gently mixed. The 96-well plates were used to measure the absorbance with a microplate reader (UVM340, microplate reader, ASYS, Biocompare, USA) at a wavelength of 620 nm. Biofilm formation was classified into four categories following Stepanovic et al. (2000): non-biofilm (OD < ODc), weak biofilm (ODc < OD < 2x ODc), moderate biofilm (2x ODc < OD < 4x ODc), and strong biofilm (OD > 4x ODc). The value ODc was calculated and analyzed using ODc = average OD of the negative control + 3 standard deviations of the negative control (Mohamed et al., 2016). The procedure was carried out three times in triplicate. Grading of biofilm formation by tissue culture plate method was shown in Table 1.

Table 1 Grading of biofilm formation by tissue culture plate method

Optical densities values	Adherences	Biofilm formation
< 0.120	Non	Non/weak
0.120-0.240	Moderate	Moderate
> 0.240	Strong	Strong

Statistical analysis

In the present study, TCP was considered the gold standard method for biofilm detection and was compared with data from TM and CRA. Accordingly, the data from TCP were compared with that from TM and CRA. The data were presented as numbers and %. Parameters such as sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) were calculated for each test using a conventional two-by-two (2X2) table (Parikh et al., 2008). True positives were identified as biofilm production detected by the TCP, TM, and CRA methods. False positives were instances of biofilm production detected by the TM and CRA methods but not

by the TCP method. False negatives were isolates that did not produce biofilm according to the TM and CRA methods but did when assessed with the TCP method. True negatives were cases where no biofilm was produced according to all three methods. Apparent and true prevalence were analyzed according to Habibzadeh et al. (2022).

Results and Discussion

Gingivitis disease, periodontal diseases, and dental caries are oral conditions caused by microorganisms that can affect every dog at some point during its lifetime. The primary approach for treating and preventing these diseases is the mechanical removal of bacteria.

Antimicrobial treatment alone may not be effective for many other bacterially influenced disorders due to two main reasons: First, oral bacterial diseases involve multiple types of bacteria (no single microorganism is the sole cause), and second, reinfection is inevitable because the pathogens are part of the natural oral microflora (Lamont et al., 2019; Lasserre et al., 2018).

This study involved the detection of the biofilm-forming abilities of bacterial isolates from the canine teeth of 39 dogs, resulting in the purification and identification of 118 bacterial strains. Furthermore, we compared the efficiency of the TCP-based biofilm screening method with other methods such as CRA and TM. Congo Red Agar (CRA) medium was used to culture 118 isolates, which were then incubated for 24-48 hours at 37°C. The phenotypic colony characteristics of biofilm on CRA were presented as Figure 1A-D. Among the biofilm-producing bacteria, 19 out of the 118 isolates (16.10 %) were categorized as strong, 62 out of 118 isolates (52.54 %) as weak, and 37 out of 118 isolates (31.35 %) as non-biofilm producers (Table 2). Out of the 118 isolates tested with CRA culture media, 19 isolates (16.10 %) were classified as biofilm-production, while 99 isolates (83.90 %) were identified as non-biofilm-producing bacteria (Table 3). Using the TM method, it was determined that 2 out of 118 isolates (1.69 %) exhibited high-level biofilm production. Medium-level biofilm production characteristics were observed in 30 isolates, accounting for 25.42 %, and were categorized as moderate biofilm producers. A total of 50 isolates (42.37 %) displayed faint color, indicating weak biofilm formation, while 36 isolates (30.50 %) showed no biofilm formation, and they were

classified as non-biofilm producers (Table 2). Out of the 118 isolates tested with TM, 32 isolates (27.12 %) were classified as biofilm-production, while 86 isolates (72.88 %) were identified as non-biofilm-producing bacteria (Table 3). The coloring phenotypic of biofilm on TM method are illustrated in Figure 2. The bacterial culture was introduced into a 96-well tissue culture plate (TCP), and positive biofilm formation was observed around the well. Adherent bacteria were stained with crystal violet and examined using a microplate reader at 620 nm. The results indicated the impact of strong, moderate, weak, and non-biofilm formation, with 21 out of 118 isolates (17.79 %), 25 out of 118 isolates (21.19 %), 30 out of 118 isolates (25.42 %), and 42 out of 118 isolates (35.59 %), respectively (Table 2). Out of the 118 isolates tested with TCP, 46 isolates (38.98 %) were classified as biofilm-production, while 72 isolates (61.02 %) were identified as non-biofilm-producing bacteria (Table 3). The color grading phenotypic of biofilm on the TCP method is depicted in Figure 3.

When compared with TCP, CRA truly detected 19 biofilm producers and 72 non-biofilm producers, while TM truly identified 32 biofilm producers and 72 non-biofilm producers (Table 3). In this study, TCP was used as the gold standard for biofilm detection (Dhanalakshmi et al., 2018). The performance characteristics of CRA and TM when compared with TCP are presented in Table 4 and 5. CRA exhibited a sensitivity of 41 %, specificity of 100 %, PPV of 100 %, NPV of 72 %, AP of 0.16 and TP of 0.39, while TM showed a sensitivity of 69 %, specificity of 100 %, PPV of 100 %, NPV of 83 %, AP of 0.12 and TP of 0.39 (Table 6).

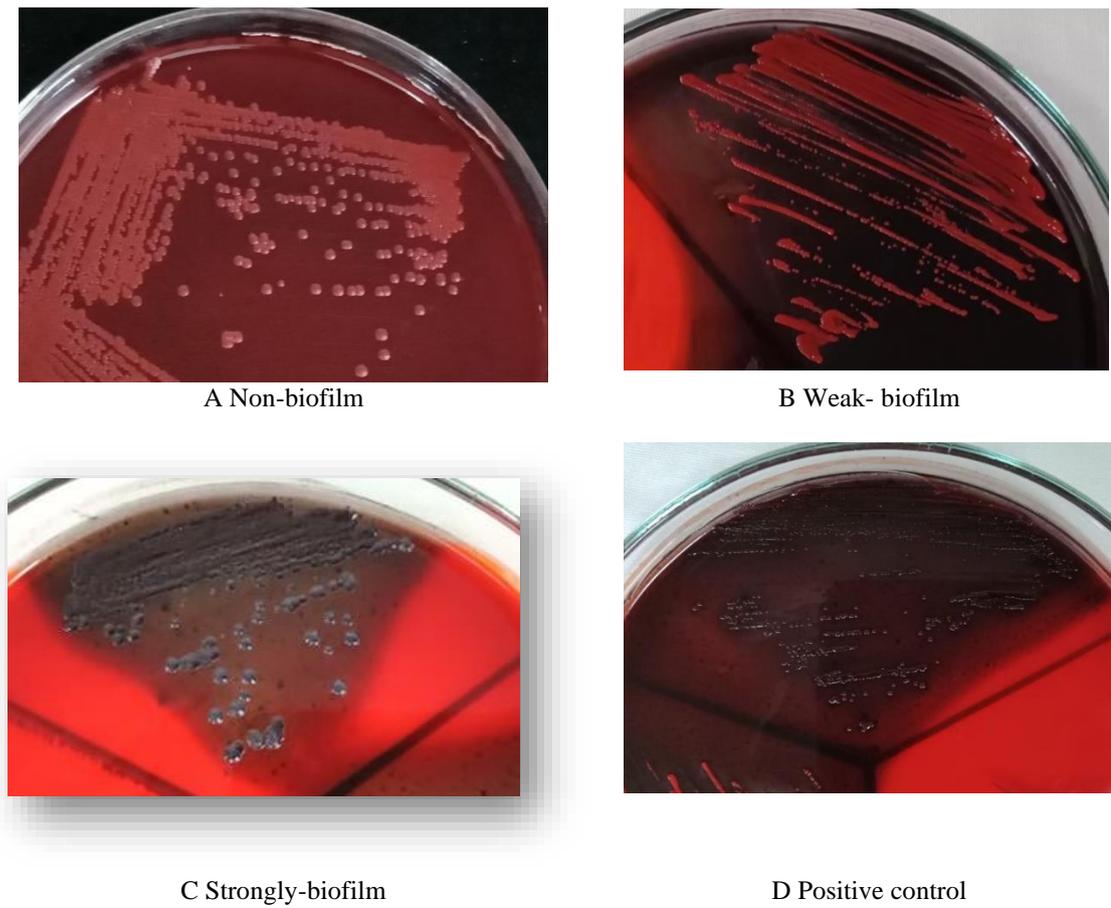


Figure 1 Colony Characteristics of biofilm on CRA.

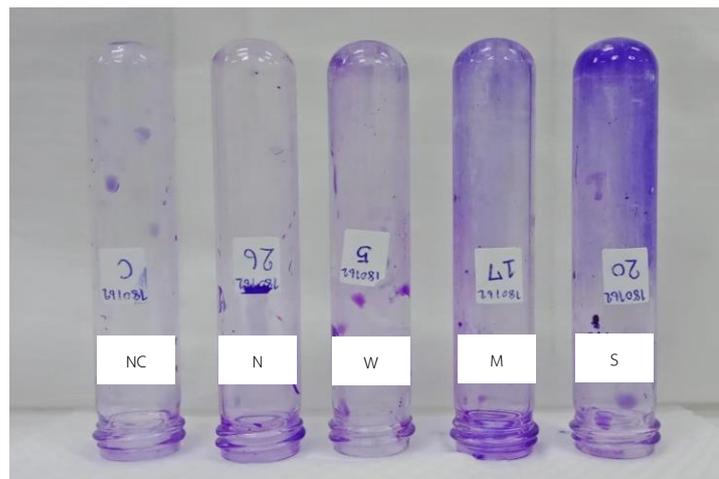


Figure 2 Coloring phenotypic of Biofilm on Tube method.
NC=Negative control, N=Non biofilm, W=Weak biofilm, M=Moderate biofilm, S=Strong biofilm.

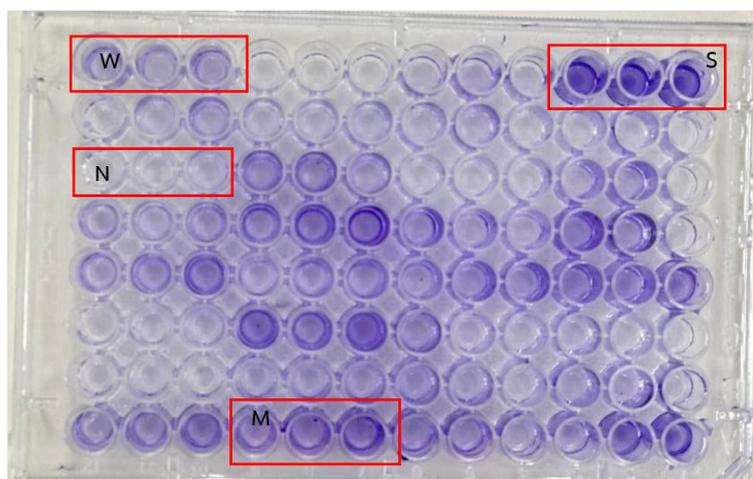


Figure 3 Color grading phenotypic of Biofilm on TCP method.
N=Non biofilm, W=Weak biofilm, M=Moderate biofilm, S=Strong biofilm.

Table 2 Grading of biofilm formation by different methods

Biofilm formation	TCP	TM	CRA
Strong	21 (17.79 %)	2 (1.69 %)	19 (16.10 %)
Moderate	25 (21.19 %)	30 (25.42 %)	-
Weak	30 (25.42 %)	50 (42.37 %)	62 (52.54 %)
Non-biofilm	42 (35.59 %)	36 (30.50 %)	37 (31.35 %)
Total	118	118	118

Table 3 Detection of biofilm, production among canine teeth by different method

Method	Total isolates	Biofilm production	Non biofilm production
TCP	118	46 (38.98 %)	72 (61.02 %)
TM	118	32 (27.12 %)	86 (72.88 %)
CRA	118	19 (16.10 %)	99 (83.90 %)

TCP= Tissue culture plate, TM=Tube method, CRA=Congo red agar

Table 4 Comparison of CRA with TCP for biofilm detection

CRA	TCP		Total
	Positive	Negative	
Positive	19 (TP)	0 (FP)	19
Negative	27 (FN)	72 (TN)	99
Total	46	72	118

TP - True positive. FP - False positive. FN - False negative. TN - True negative. N = TP + FP + FN + TN = 118. TPR = TP/N = 0.16. FPR = FP/N = 0. FNR = FN/N = 0.23. Apparent prevalence = TPR + FPR = 0.16 + 0 = 0.16. True prevalence = TPR + FNR = 0.16 + 0.23 = 0.39

Table 5 Comparison of TM with TCP for biofilm detection

TM	TCP		Total
	Positive	Negative	
Positive	32 (TP)	0 (FP)	32
Negative	14 (FN)	72 (TN)	86
Total	46	72	118

TP - True positive. FP - False positive. FN - False negative. TN - True negative. N = TP + FP + FN + TN = 118. TPR = TP/N = 0.27. FPR = FP/N = 0. FNR = FN/N = 0.12. Apparent prevalence = TPR + FPR = 0.27 + 0 = 0.27. True prevalence = TPR + FNR = 0.27 + 0.12 = 0.39

Table 6 Performance characteristics of TM and CRA for biofilm detection when compared with TCP

Method	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value (PPV)	Negative predictive value (NPV)	Apparent prevalence (AP)	True prevalence (TP)
CRA	41 %	100 %	100 %	72 %	0.16	0.39
TM	69 %	100 %	100 %	83 %	0.27	0.39

Bacteria collected from dog teeth underwent comparison using three biofilm screening techniques. The results revealed that the TCP method surpassed the TM and CRA methods, consistent with the findings of Mohamed et al. (2016). TCP is recognized as a standardized test for detecting biofilm formation, aiding in classification, as noted by Trivedi & Gomathi (2016). In the present study, 118 isolates were assessed for biofilm production using CRA, TM, and TCP. These phenotypic methods were easily and swiftly performed in most laboratory settings. CRA detected biofilm production in 19 isolates (16.10 %), TM in 32 isolates (27.12 %), while TCP demonstrated the highest biofilm production detection in 46 isolates (38.98 %). CRA and TM exhibited 100 % specificity, with TM (69 %) demonstrating higher sensitivity than CRA (41 %) compared to the TCP method. The TCP method is renowned for its effectiveness in detecting the most biofilms, making it the preferred choice due to its reliable sensitivity and specificity when contrasted with TM and CRA. The lower performance of the TM method compared to the TCP method may be attributed to observer variability in result interpretation or the use of plastic test tubes instead of glass, favoring the TCP method, as suggested by Saha et al. (2004). In contrast, the CRA method is known for its speed and ease of use. However, Rania et al. (2018) reported very low sensitivity (0.90 %) but a specificity of 97.40 % for biofilm detection, contradicting the findings of Oliveira and Oliveira & Cunha (2010) who reported over 89 % sensitivity and 100 % specificity.

The types of canine oral bacterial isolates have been reported, including both gram-positive bacteria such as *Staphylococcus*

aureus, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes* group A, *Corynebacterium* spp., and *Lactobacillus* spp., as well as gram-negative bacteria such as *Shigella sonnei*, *Proteus penneri*, *Serratia liquefaciens*, *Klebsiella pneumonia*, *Achromobacter* spp., *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, and *Pseudomonas* spp. The study results also revealed a higher % of infection in dogs with symptoms of gingivitis compared to dogs with a normal oral cavity (Phuket et al., 2016). *Actinobacillus actinomycetemcomitans* is identified as a significant factor in causing periodontitis, with diagnoses of aggressive periodontitis and chronic periodontitis supported by previous research (Dogan et al., 2003; Imbronito et al., 2008). However, in this study, the 118 isolates underwent detection of bacterial biofilm production using three different methods. While these methods are effective for detecting biofilm, the classification of bacterial biofilm requires confirmation through characterization methods, including biochemical tests and polymerase chain reaction (PCR) tests, in future studies.

This study summarized that the CRA test offers the advantages of being easier and faster to perform than other phenotypic tests for biofilm detection, with the added benefit of yielding viable colonies suitable for further studies. In contrast to the CRA, it can likely classify only strong biofilm formation (Sharvari & Chitra, 2012). It has also been reported that congo red directly interacts with the presented polysaccharide, forming colored complexes (Hassan et al., 2011). However, it exhibits a slight imprecision in identifying positive isolates when compared to TM analysis, showing lower sensitivity results than TM. In contrast, TCP continues to be the gold standard phenotypic method for

detecting biofilm production, proving to be the most specific in this study. Upon comparing CRA and TM, it becomes evident that TCP provides a more accurate and quantitative approach to bacterial biofilm production. Therefore, TCP remains a viable screening technique for identifying biofilms in veterinary laboratories.

Conclusion

Bacterial biofilm production is a significant etiological factor in canine dental issues. Biofilm infections can result in chronic gingivitis and periodontal diseases with potentially severe outcomes. Therefore, detecting biofilm formation is crucial, as it allows for more informed antimicrobial choices by treating veterinarians. In this study, TM outperformed CRA in biofilm analysis, demonstrating superior sensitivity results. Among the three investigated phenotypic biofilm detection methods, the TCP method yielded the most effective results in isolating biofilms from canine teeth samples. These findings suggest that TCP can be employed to isolate biofilm-producing bacteria from canine teeth for laboratory purposes and may be adopted as a standard technique in animal health laboratories for separating microorganisms that produce biofilms. TCP proves to be a specific, sensitive and reproducible method for biofilm screening, potentially paving the way for the development of preventative and therapeutic products for biofilm-related diseases. In resource-constrained conditions, the CRA method and TM can be considered for biofilm detection, taking into account both rapidity and cost-effectiveness.

Acknowledgment

Thank you very much to Rajabhat Maha Sarakham University's Research and Development Institute (RDI) for funding grants.

References

- Bai, L., Takag, I. S., Ando, T., Yoneyama, H., Ito, K., Mizugai, H., & Isogai, E. (2016). Antimicrobial activity of tea catechin against canine oral bacteria and the functional mechanisms. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 78(9), 1439 – 1445. doi: 10.1292/jvms.16-0198.
- Charlotte, C. P., Anthony, A. Y., & Weese, J. S. (2013). Evaluation of biofilm production by *Pseudomonas aeruginosa* from canine ears and the impact of biofilm on antimicrobial susceptibility in vitro *Veterinary Dermatology*, 24(4), 446 – 449. doi: 10.1111/vde.12040.
- Christensen, G. D., Simpson, W. A., Yonger, J. J., Baddor, L. M., Barrett, F. F., Melton, D. M., & Beachey, E. H. (1985). Adherence of coagulase-negative Staphylococci to plastic tissue culture plates: a quantitative model for the adherence of Staphylococci to medical devices. *Journal of Clinical Microbiology*, 22, 996 – 1006. doi: 10.1128/jcm.22.6.996-1006.1985.
- Dhanalakshmi, T. A., Venkatesha, D., Nusrath, A., & Asharani, N. (2018). Evaluation of phenotypic methods for detection of biofilm formation in uropathogens. *National Journal of Laboratory Medicine*, 7(4), MO06 – MO11. doi: 10.7860/NJLM/2018/35952:2321.
- Dogan, B., Antinheimo, J., Cetiner, D., Bodur, A., Emingil, G., Buduneli, E., Uygur, C., Firatli, E., Lakio, L., & Asikainen, S. (2003). Subgingival microflora in Turkish patients with periodontitis. *Journal of Periodontology*, 74, 803 – 814. doi: 10.1902/jop.2003.74.6.803.
- Elizabeth, A. S., Lynetta, J. F., Mohamed, N. S., & Paul, W. S. (2014). Biofilm-infected wounds in a dog. *Journal of The American Veterinary Medical Association*, 244(6), 699 – 707. doi:10.2460/javma.244.6.699.

- Freeman D. J., Falkiner F. R., & Keane C. T. (1989). New method for detecting slime production by coagulase negative staphylococci. *Journal of Clinical Pathology*, 42(8), 872 – 874. doi: 10.1136/jcp.42.8.872.
- Goldstein, E. J., Citron, D. M., Wield, B., Blachman, U., Sutter, V. L., Miller, T. A., & Finegold, S. M. (1978). Bacteriology of human and animal bite wounds. *Journal of Clinical Microbiology*, 8(6): 667 – 672. doi: 10.1128/jcm.8.6.667-672.1978.
- Han, J. I., Yang, C. H., & Park, H. M., (2015). Emergence of biofilm-producing *Staphylococcus pseudintermedius* isolated from healthy dogs in South Korea. *Veterinary Quarterly*, 35(4), 207 – 210.
- Hassan A., Usman J., Kaleem F., Omair M., Khalid A., & Iqbal M. (2011). Detection and antibiotic susceptibility pattern of biofilm producing Gram positive and Gram negative bacteria isolated from a tertiary care hospital of Pakistan. *Malaysian Journal of Microbiology*, 7(1), 57-60. doi:10.21161/mjm.25410.
- Habibzadeh F., Parham, H. & Mahboobeh, Y. (2022). The apparent prevalence, the true prevalence. *Biochem Medica*, 32(2), 020101. doi: 10.11613/BM.2022.020101.
- Imbronito, A.V., Okuda, O.S., Maria de Freitas, N., Moreira Lotufo, R.F., & Nunes, F.D. (2008). Detection of herpesviruses and periodontal pathogens in subgingival plaque of patients with chronic periodontitis, generalized aggressive periodontitis, or gingivitis. *Journal of Periodontology*, 79(12), 2313-21. doi: 10.1902/jop.2008.070388.
- Lamont, R. J., Hajishengallis, G. N., Koo, H. M., & Jenkinson, F. (2019). Oral microbiology and immunology. (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Lasserre J. F., Brex M. C., & Toma S. (2018). Oral microbes, biofilms and their role in periodontal and peri-implant diseases. *Materials*, 11(10), 1802. doi: 10.3390/ma11101802.
- Meyers, B., Schoeman, J. P., Goddard, A., & Picard, J. (2008). The bacteriology and antimicrobial of infected and non-infected dog bite wounds: fifty cases. *Veterinary Microbiology*, 127 (3 – 4): 360 – 368. doi: 10.1016/j.vetmic.2007.09.004.
- Mohamed A., Rajaa A. M., Khalid Z., Fouad M., & Naima R. (2016). Comparison of Three Methods for the Detection of Biofilm Formation by Clinical Isolated of *Staphylococcus aureus* Isolated in Casablanca. *International Journal of Science and Research*, 5(10), 1156 – 1159. doi: 10.21275/ART20162319.
- Offenbacher, S. (1996). Periodontal diseases: pathogenesis. *Ann Periodontol*, 1, 821 – 887. Dental Research Center, University of North Carolina, Chapel Hill, USA.
- Oliveira, A., & Cunha, M. (2010). Comparison of methods for the detection of biofilm production in coagulase-negative staphylococci. *BMC Research Notes*, 3, 260. doi: 10.1186/1756-0500-3-260.
- Osland, A. M., Vestby, L. K., Fanuelson, H., Sletteveas, J. S., & Sunde, M. (2012). Clonal diversity and biofilm-forming ability of methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius*. *Journal Antimicrobial Chemotherapy*, 67(4), 841 – 848. doi: 10.1093/jac/dkr576.
- Papenfert, K., & Bassler, B. (2016). Quorum-Sensing Signal-Response Systems in Gram-Negative Bacteria. *Nature Reviews Microbiology*, 14, 576 – 588. doi.org/10.1038/nrmicro.2016.89.
- Parikh, R., Mathai, A., Parikh, S., Sekhar, G.C., & Thomas, R. (2008). Understanding and using sensitivity, specificity and predictive values. *Indian Journal of Ophthalmology*. 56(1), 45 – 50. doi: 10.4103/0301-4738.37595
- Phuket, D. Charbang, P. Sthitmatee N., & Prachasilchai, W. (2016). Study of bacterial species and antimicrobial

- sensitivity in canine oral cavity at Small Animal Teaching Hospital, Chiang Mai University. *Chiang Mai Veterinary Journal*, 14(3), 108 – 117.
- Rania, M. A. H., Kassem, N. N., & Mahmoud, B. S. (2018). Detection of biofilm producing Staphylococci among different clinical isolates and its relation to methicillin susceptibility. *Journal of Medical Sciences*, 6(8), 1335–1341. doi: 10.3889/oamjms.2018.246
- Saha, R., Arora, S., & Das, S., (2004). Detection of biofilm formation in urinary isolates: need of the hour. *Journal of Research in Biology*, 4(1), 1174–1181.
- Sharvari, S. A., & Chitra, P. G. (2012). Evaluation of different detection methods of biofilm formation in clinical isolates of staphylococci. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 3(4), 724-733.
- Trivedi, L., & Gomathi, S. (2016). Detection of biofilm formation among the clinical is of Enterococci: An evaluation of three different screening methods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(3), 643 – 650. doi: 10.20546/ijcmas.2016.503.075.
- Watson, W. T., Minogue, T. D., Val, D. L., Bodman, S. B., & Churchill, M. E. (2002). Structural basis and specificity of acyl-homoserine lactone signal production in bacterial quorum sensing. *Molecular Cell*, 9(3): 685 – 694. doi: 10.1016/s1097-2765(02)00480-x.

Research article

Congo red, tube method and tissue culture plate method for detection of biofilm formation from canine teeth

Noppadon Somphol and Thanida Srihawong*

Program in Veterinary Technology and Veterinary Nursing, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham Province, 44000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 21 March 2023

Revised: 6 November 2023

Accepted: 27 November 2023

Online published: 20 December 2023

Keyword

Bacterial biofilm

Congo red Agar (CRA)

Tube method (TM)

Tissue Culture Plate (TCP)

Canine teeth

ABSTRACT

A biofilm is a bacterial group that adheres to the canine tooth surface, known as plaque, which can cause canine gingivitis and periodontal disease. Contact with dogs or their saliva can transmit the biofilm to the dog's owner and other animals. This study aims to detect biofilm-producing bacteria and evaluate the suitability of three methods: Congo red agar (CRA), Tube method (TM), and Tissue culture plate (TCP) in a screening test for isolating biofilms from canine teeth. A total of 46 (38.98 %) isolated canine teeth showed positive biofilm production by TCP, which was considered the gold standard for biofilm detection. When compared to TCP, CRA detected 19 biofilm producers (16.10 %) and 99 non-biofilm producers (83.90 %), with sensitivity and specificity of 41 % and 100 %, respectively. TM correctly identified 32 biofilm producers (27.12 %) and 86 non-biofilm producers (72.88 %), with sensitivity and specificity of 69 % and 100 %, respectively. Compared to the TM and CRA approaches, the TM was superior to CRA in biofilm detection and demonstrated better sensitivity results. Among the three investigated phenotypic biofilm detection methods, TCP was the most focused, trustworthy, and simple method for identifying biofilms. It may be employed routinely as a standard screening technique for discovering bacteria that produce biofilms in an animal diagnostic laboratory.

*Corresponding author

E-mail address: thanidasrihawong@gmail.com (T. Srihawong)

Online print: 20 December 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.42>



PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

VOL. 20 NO. 2 July – December 2023